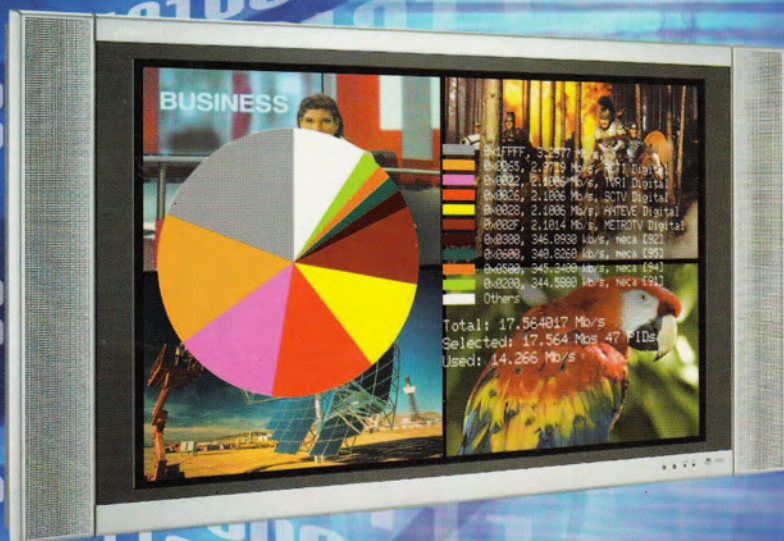


Sistem TV Digital

dan Prospeknya di Indonesia



Hary Budiarto • Bambang Heru Tjahjono • Arief Rufiyanto
A.A.N. Ananda Kusuma • Gamantyo Hendrantoro • Satriyo Dharmanto

**Sistem
TV DIGITAL
dan Prospeknya di Indonesia**

Sistem TV DIGITAL

dan Prospeknya di Indonesia

Penulis

Hary Budiarto, Bambang Heru Tjahjono, Arief Rufiyanto,
A.A.N. Ananda Kusuma, Gamantyo Hendranto,
Satriyo Dharmanto

Sistem TV DIGITAL dan Prospeknya di Indonesia

Penulis

Hary Budiarto, Bambang Heru Tjahjono,
Arief Rufiyanto, A.A.N. Ananda Kusuma,
Gamantyo Hendrantoro,
Satriyo Dharmanto

Editor

Bambang Putranto, Willy Pramudya, Agnes
Irwanti

Desain sampul dan tata letak:

M. Mukharrom

Manajer Produksi:

Agnes Irwanti

Penerbit: PT. Multikom

ISBN:

Prakata

Puji syukur kepada Kehadirat Allah Yang Maha Esa atas segala rahmat yang diberikan-Nya, sehingga dapat diselesaikan buku ini dengan judul **“Sistem TV Digital dan Prospeknya di Indonesia”**

Dalam buku ini dibahas mengenai Teknologi TV Digital Terrestrial baik yang berbasis pada sistem Eropa (DVB-T), Amerika (ATSC) maupun Jepang (ISDB-T) serta variannya seperti DMB-T dari China dan T-DMB dari Korea. Dibahas juga perkembangan fitur teknologi terbaru dari TV Digital yaitu “Interactive TV” yang memungkinkan penerima TV dirumah bisa berinteraksi secara 2 arah dengan penyedia jasa layanan program TV seperti untuk aplikasi pendidikan, pemerintahan dan hiburan. Disamping informasi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan teknologi yang menjadi dasar pengembangan TV digital, Interoperability antara Penyiaran, Telekomunikasi dan IT dan perkembangan implementasi TV digital di beberapa Negara di dunia, pada akhir bab dari buku ini dibahas tentang strategi penerapannya di Indonesia yang telah menetapkan standar sistem penyiaran TV digitalnya pada bulan Maret 2007 melalui Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika nomor 07/P/M.KOMINFO/3/2007, khususnya mengenai kerangka kebijakan, kerangka penyelenggaraan serta bagaimana implementasi untuk daerah-daerah terpencil dan daerah perbatasan

Dengan selesainya buku ini diharapkan agar masyarakat di Indonesia khususnya para akademisi dan praktisi yang bergerak dibidang penyiaran TV dan radio dapat mengetahui manfaat

teknologi TV-Digital ini secara lebih mendalam dan ikut mendukung pelaksanaan transisi dari sistem TV-Analog ke sistem TV-Digital beserta mekanisme perpindahannya.

Perlu juga disadari bahwa buku ini masih belum sempurna dan masih terdapat kekurangan-kekurangan, baik dalam isi maupun cara penyajian materi. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat di harapkan guna perbaikan di masa datang.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu tersusunnya buku ini :

1. Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) yang telah menyediakan dana melalui program insentif Riset 2006 dengan tema insentif: “Peningkatan kapasitas IPTEK sistem Produksi Set-Top Box untuk kemandirian produk nasional pada sistem penyiaran TV Digital di Indonesia”.
2. Pimpinan dan staf BPPT atas dukungan program penyusunan road map risetnya dalam bidang Pengembangan TV Digital di Indonesia.
3. Departemen Komunikasi dan Informatika melalui Tim Nasional Migrasi Sistem Penyiaran Analog ke Digital atas masukan data dan informasinya.
4. Para akademisi Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang turut membantu dalam penyediaan metode dan data hasil pengukurannya khususnya staf peneliti yaitu Bpk. Endroyono, Bpk. Suwadi, dan Bpk. Dr. Achmad Affandi, sebagai anggota tim riset TV digital dengan dana insentif KNRT.
5. Para mahasiswa ITS yang telah membantu kegiatan pengukuran TV digital di Jakarta, yaitu Arief Gunawan, Arnaz Kuncoro, dan Suhartanto Raharjo.

6. PT. Alphatron Asia PTE LTD melalui PT. Apsara Integra Reksatama Jakarta atas bantuan peminjaman perangkat monitor Pixelmetrix dan tambahan informasi mengenai implementasi TV digital yang sangat membantu dalam pengukuran Uji Coba Siaran TV Digital.
7. Bp. Drs. Edy Setiadi dan Ibu Ir. Erina Tobing, MSc. Dari TVRI Pusat, atas dukungan pemikiran, data dan informasi mengenai TV digital dan implementasinya.
8. Sekretariat Masyarakat Telematika (MASTEL) dan AEBI (Asosiasi Engineer Broadcast Indonesia) yang telah memberikan dukungannya selama pelaksanaan pengukuran TV digital.
9. Pihak-pihak lain yang mendukung dan membantu tersusunnya buku ini.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca terutama pihak-pihak yang akan terlibat langsung dalam proses penyelenggaraan sistem TV Digital.

Mei 2007

Jakarta, medio

Tim Penyusun

Daftar Isi

Bab 1

Perkembangan Penyiaran TV :

Sebuah Pendahuluan.....	1
1.1. Industri Penyiaran TV	2
1.2. Teknologi Penyiaran TV Digital.....	9

Bab 2

Sistem Digital pada Penyiaran TV.....	19
2.1 Mengapa Digital ?.....	19
2.2 Digitalisasi Sistem Penyiaran TV Analog.....	21
2.3 Sistem Kompresi Video dan Audio Digital	22
2.3.1 Teknik-teknik Kompresi untuk semua jenis data.....	23
2.3.2 Teknik-teknik Kompresi Intraframe.....	25
2.3.3 Teknik-teknik Kompresi Interframe.....	27
2.3.4 Standar Industri.....	32
2.3.5 Standar Kompresi MPEG.....	35
2.4 Modulasi Digital	39
2.4.1 IQ Modulator	39
2.4.2 IQ Demodulator.....	40
2.4.3 Teknik Modulasi QPSK, QAM, dan OFDM.....	41

Bab 3

Sistem Penyiaran TV Digital

ATSC dan DVB-T.....	51
3.1 Sistem ATSC	51
3.1.1 Overview Sistem.....	53
3.1.2 Subsistem Pengodean Sumber dan Kompresi.....	54
3.1.3 Sistem Multiplex Layanan dan Transpor.....	58
3.1.4 Sistem transmisi.....	61
3.2 Sistem Penyiaran TV Digital Standard DVB.....	68
3.2.1 Overview Sistem	70
3.2.2 DVB-T Single Frequency Network (SFN).....	74
3.2.3 Pengembangan Standar DVB-T.....	76

Bab 4

Sistem Penyiaran TV Digital

ISDB-T, DMB-T, dan T-DMB.....	81
4.1. Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial (ISDB-T).....	81
4.2. Sistem DMB-T.....	85
4.3 Sistem T-DMB.....	90
4.3.1 Spesifikasi Sistem	93
4.3.2 Sistem Pengkodean Sumber dan Kompresi	95
4.3.3 Sistem Multipleks Layanan dan Transport.....	96

Bab 5

Teknik Pengukuran Transmisi Penyiaran Digital.....	99
5.1. Manfaat pengukuran.....	99
5.2. Pengukuran Propagasi Untuk Perencanaan	100

5.2.1. Overview Mekanisme	
Propagasi dan Alat Ukur.....	100
a. Mekanisme	
propagasi radio.....	101
b. Model redaman lintasan.....	103
c. Alat ukur dan perangkat	
penunjang pengukuran.....	107
5.2.2. Pengukuran Daya dan Cakupan.....	108
5.2.3. Pengukuran Efek Multipath.....	111
5.2.4. Pengukuran Efek Doppler.....	112
5.2.5. Studi Kasus Pengukuran Propagasi..	114
5.3. Pengukuran Parameter Kinerja Jaringan	
Penyiaran TV Digital.....	126
5.3.1. Overview Parameter	
Kinerja dan Alat Ukur.....	126
5.3.2. Spektrum.....	127
5.3.3. Kualitas Sinyal.....	128
5.3.4. Studi Kasus: Pengukuran	
Kinerja Sistem DVB-T.....	130

Bab 6

Peran TV Digital Pada Konvergensi

Teknologi Informasi dan Komunikasi.....	141
6.1. Menuju Konvergensi.....	141
6.2 Layanan Interaktif melalui	
Media TV Digital.....	143
6.2.1 Model Komunikasi untuk	
<i>Return Channel</i>	145
6.3 Middleware pada Set-Top Box.....	152
6.3.1 Multimedia Home Platform (MHP).....	155
6.3.2 Aplikasi berbasis MHP.....	160
6.4 Model Konvergensi	
Teknologi Informasi dan Komunikasi.....	161
6.4.1 Problem Regulasi	166

Bab 7	
Perkembangan TV Digital di Dunia.....	169
7.1. Perkembangan TV Digital di negara-negara maju.....	170
7.1.1. Perkembangan TV Digital di UK.....	170
7.1.2. Perkembangan TV Digital di Jerman.....	176
7.1.3. Perkembangan TV Digital di Belanda.....	180
7.1.4. Perkembangan TV Digital di Perancis.....	186
7.1.5. Perkembangan TV Digital di Denmark.....	192
7.1.6. Perkembangan TV Digital di Australia.....	193
7.2. TV Digital di negara-negara berkembang.....	194
7.2.1. Perkembangan TV Digital di India.....	194
7.2.2. Perkembangan TV Digital di Singapura..	195
7.2.3. Perkembangan TV Digital di Malaysia.....	196
7.2.4. Perkembangan TV Digital di Hongkong...	197
7.3. Negara-negara yang mengembangkan Teknologi TV digital.....	197
7.3.1. Perkembangan TV Digital di Amerika.....	198
7.3.2. Perkembangan TV Digital di Jepang.....	198
7.3.3. Perkembangan TV Digital di China.....	202
7.3.4. Perkembangan TV Digital di Korea.....	203
7.4.5. Perkembangan TV Digital di Brasil.....	204
Bab 8	
Penerapan Sistem Penyiaran	
TV Digital Di Indonesia.....	207
8.1 Media akses Informasi TV	207
8.2 Kesenjangan Informasi Di Indonesia.....	210
8.3 Sistem Penyiaran TV Nasional.....	212
8.3.1 Indikator Sistem Penyiaran TV Nasional.....	215
8.3.2 Kondisi Kanal Eksisting TV di Indonesia.....	216
8.4 Model Struktur Bisnis Penyiaran TV-Digital Kedepan.....	221
8.4.1 Kerangka Kebijakan.....	225
8.4.2 Kerangka Lisensi.....	227

8.4.3 Pendekatan Lisensi-Perijinan.....	228
8.5. Strategi Implementasi Penyiaran TV Digital di Indonesia.....	230
8.5.1. Proses Migrasi sebagai Momentum Nasional.....	232
8.5.2. Langkah-Langkah Pelaksanaan.....	236
8.5 Penutup.....	241

Editorial

Media penyiaran TV merupakan sarana penyampaian informasi yang efisien dan banyak digunakan di Indonesia maupun negara lainnya di dunia. Pada saat ini jumlah penyelenggara siaran TV nasional di Indonesia ada 11 stasiun yang terdiri dari 1 lembaga penyiaran TV publik yaitu TVRI dan 10 lembaga penyiaran TV swasta yaitu ANTV (Anteve), Global TV (TVG), Indosiar, Lativi, Metro TV, RCTI, SCTV, TPI, Trans TV dan TV7. Disamping penyelenggara siaran TV nasional di Indonesia juga terdapat kurang lebih 70 an lebih penyelenggara siaran TV lokal atau daerah. Dengan komposisi lembaga penyiaran TV seperti yang dijelaskan diatas, diperkirakan di Indonesia mempunyai jumlah pemirsa TV sebesar 40 juta orang, hal tersebut merupakan pangsa pasar yang cukup besar dan menarik bagi para operator TV untuk melakukan peningkatan investasi di dunia penyiaran TV. Para operator dalam melakukan peningkatan investasi di bidang penyiaran TV tentunya perlu untuk mengetahui parameter-parameter yang strategis misalnya pada pemilihan teknologi penyiaran TV agar investasi yang dilakukan bisa meningkatkan nilai tambah bagi pemirsa maupun operator itu sendiri.

Perkembangan teknologi penyiaran TV terestrial (dari darat ke darat) baik yang digunakan untuk pemirsa diam (*fixed*) dan pemirsa bergerak (*mobile*) mengalami perkembangan yang cukup pesat seiring dengan berkembangnya teknologi digital. Saat ini berbagai negara telah memutuskan untuk migrasi dari teknologi penyiaran TV analog ke teknologi penyiaran TV digital. Mengapa hal tersebut dilakukan, dikarenakan penyiaran TV *terrestrial* dengan

menggunakan teknologi digital mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan penyiaran TV dengan teknologi analog. Saat ini, terdapat beberapa standard teknologi penyiaran TV digital yang telah digunakan antara lain *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T) dari Eropa, *Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial* (ISDB-T) dari Jepang, *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) dari Amerika Serikat, *Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting* (T-DMB) dari Korea Selatan, *Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial* (DMB-T) dari China. Meskipun pemerintah Indonesia telah menentukan akan menggunakan teknologi penyiaran TV Digital DVB-T, maka dengan mengetahui perbandingan masing-masing keunggulan teknologinya dan pengalaman masing-masing negara dalam mengimplementasikannya, akan banyak membantu dalam membuat perencanaan yang lebih matang dan menyeluruh untuk implementasi penyiaran TV digital di Indonesia. Hal itu akan mendatangkan nilai tambah yang sangat bermanfaat bagi operator, konsumen dan regulator.

Munculnya paradigma konvergensi dengan meleburnya teknologi telekomunikasi dan teknologi informasi mengakibatkan penyiaran suara dan gambar bergerak dapat dinikmati oleh pemirsa dengan berbagai perangkat dari yang berukuran kecil sampai yang berukuran besar, demikian juga dari perangkat yang diam sampai yang bergerak. Hal tersebut mengakibatkan model bisnis penyiaran TV akan mengalami perubahan juga, mulai dari infrastruktur jaringan, konten penyiaran, perangkat penyiaran, serta regulasi pun juga harus disesuaikan baik untuk pengaturan frekuensi dan operasionalnya serta standardisasi perangkat. Agar tidak menimbulkan berbagai permasalahan pada saat melakukan implementasi penyiaran TV digital, diperlukan pengetahuan yang memadai untuk menyusun langkah-langkah yang cukup strategi yang bertujuan untuk mendorong kemajuan industri lokal di Indonesia.

Untuk uraian tentang tiga hal diatas seperti apa saja parameter strategis dalam peningkatan investasi dalam penyiaran TV, bagaimana perencanaan yang komprehensif untuk sistem dan teknologi penyiaran TV digital dan bagaimana cara penyusunan langkah strategis pada saat dilakukan migrasi ke penyiaran TV

digital. Kesemuanya tersebut telah dijelaskan dalam buku ini secara rapi dan teratur, oleh karena itu dengan membaca buku ini, para pembaca akan mendapatkan berbagai informasi yang menyeluruh tentang penyiaran TV digital terrestrial.

Maka agar memudahkan pembaca dalam melakukan eksplorasi, buku ini diorganisasikan sebagai berikut : BAB I berisi tentang uraian tentang sejarah penyiaran TV di dunia dan di Indonesia, serta keunggulan teknologi penyiaran TV digital, hal ini dimaksudkan agar para pembaca buku ini dapat memperoleh gambaran singkat tentang karakteristik penyiaran TV analog dan penyiaran TV digital di Indonesia. Untuk mengetahui secara menyeluruh tentang beberapa teori teknologi digital pada penyiaran TV maka BAB II dalam buku ini telah memberikan penjelasan yang cukup detil, hal tersebut dimaksudkan untuk memberikan pembekalan pada pembaca agar dapat dengan mudah mengerti penjelasan tentang teknologi penyiaran TV digital beserta perbandingannya. Penjelasan tentang karakteristik teknologi penyiaran TV digital terrestrial yang saat ini sedang berkembang telah diuraikan pada BAB III dan BAB IV

BAB V akan berisi penjelasan tentang teknik pengukuran dan parameter pengukuran serta perangkat pengukuran yang dibutuhkan saat implementasi penyiaran TV digital, selain itu ditunjukkan juga beberapa hasil pengukuran di Amerika, dan Brasil, serta hasil pengukuran di Indonesia saat ujicoba penyiaran TV digital di Jakarta. Hal ini dimaksudkan agar pembaca dapat mengetahui konsep perencanaan jaringan penyiaran TV digital. BAB VI, BAB VII dan BAB VIII akan menitik beratkan tentang perubahan model bisnis yang terjadi saat migrasi ke penyiaran TV digital yang dimulai dengan penjelasan tentang konvergensi, dilanjutkan dengan informasi migrasi penyiaran TV digital pada berbagai negara dan ditutup dengan uraian peluang dan tantangannya di Indonesia.

Sebagai penutup editorial ini, saat ini banyak keinginan dan harapan dari berbagai komponen masyarakat seperti operator TV, regulator dan konsumen untuk migrasi ke penyiaran TV digital, adanya buku ini diharapkan tiga komponen tersebut mempunyai persepsi yang sama dan pengetahuan yang seimbang tentang

teknologi penyiaran TV digital beserta prospek dan peluangnya, sehingga migrasi ke penyiaran TV digital di Indonesia menjadi mulus dengan kendala seminimal mungkin sesuai dengan harapan yang diinginkan.

Jakarta, Mei 2007



BAB 1

Perkembangan Penyiaran TV : Sebuah Pendahuluan

Televisi (TV) merupakan media penerima suara dan gambar bergerak yang paling banyak digunakan di seluruh pelosok dunia. Semua peristiwa besar yang terjadi di berbagai sudut dunia, dengan cepat dapat diketahui masyarakat melalui pesawat TV di berbagai belahan dunia berkat sistem penyiaran TV (*television broadcasting*).

Saat ini di Indonesia populasi pesawat TV telah mencapai lebih dari 30 juta unit, dengan jumlah pemirsa lebih dari 200 juta orang yang tersebar di semua perkotaan hingga pelosok pedesaan terpencil. Proses perkembangan penyiaran TV memang telah berlangsung dalam rentang waktu yang cukup panjang. Produk teknologi modern ini pun telah tampil sebagai sarana penyebaran informasi yang cukup efektif dan relatif murah pada masyarakat luas, sehingga akan semakin berperan dalam memengaruhi pembangunan karakter bangsa. Dengan demikian penguasaan teknologi dan sistem penyiaran TV menjadi sangat strategis bagi bangsa Indonesia.

Dengan pesatnya perkembangan teknologi digital, yang memberikan kontribusi dominan terhadap konvergensi di bidang penyiaran, telekomunikasi dan teknologi informasi, memungkinkan siaran TV berkualitas gambar yang tinggi dapat dinikmati pemirsa dengan berbagai perangkat seperti telepon gengam (*handphone*),

PDA (*personal digital assistant*), komputer, maupun media TV yang tak bergerak (*fixed*) dan bergerak (*mobile*). Berdasarkan pengalaman negara lain yang telah mengganti sistem penyiaran TV-nya ke teknologi digital, perubahan tersebut telah menyebabkan terjadinya perubahan model usaha dan meningkatnya layanan konten serta optimasi penggunaan kanal frekuensi, sehingga migrasi sistem penyiaran TV analog ke sistem penyiaran TV digital, akan sangat bermanfaat bagi pemerintah, masyarakat maupun industri.

1.1. Industri Penyiaran TV

Penemuan prinsip dasar industri penyiaran TV dimulai sejak penemuan efek foto listrik (*photoelectric effect*) oleh Joseph May di Irlandia pada tahun 1873, berupa *selenium bars* yang disoroti sinar matahari yang dapat menunjukkan variasi perubahan tahanan listrik (*electric resistance*) akibat perubahan intensitas cahaya (*light intensity*). Penemuan tersebut telah memberikan inspirasi bahwa variasi perubahan intensitas cahaya dapat ditransformasikan menjadi sinyal listrik dan memberi keyakinan bahwa suatu obyek berupa gambar dapat ditransmisikan dari satu tempat ke tempat lain.

Penemuan tersebut dilanjutkan para peneliti lain dengan fokus penelitian efek *photoelectric*. Para peneliti itu antara lain George Carey dari Boston, Amerika Serikat (1875), dan Constantin Senlecq dari Perancis (1881). Mereka menemukan sistem yang menggabungkan sejumlah sel *photoelectric* ke dalam satu atau beberapa panel yang dilengkapi lampu-lampu cahaya sedemikian rupa sehingga menghasilkan rangkaian elemen gambar (*picture elements*) yang diyakini menjadi dasar bagi perkembangan teknologi penyiaran TV modern saat ini.

Industri penyiaran TV untuk kali pertama diperkenalkan pada awal 1936, saat pelaksanaan Olimpiade Berlin, kemudian diikuti Perancis pada tahun yang sama. Pada tahun ini pula perusahaan dari Inggris, EMI Company, untuk kali pertama memproduksi sistem televisi elektronik penuh dengan resolusi *405-line definition*, *25 frames/second* dan dilengkapi dengan *interlace*, yang didukung oleh Marcony Company untuk pengembangan perangkat

transmitter, serta didukung oleh pemerintah Inggris dengan mengesahkan standar *scanning* bagi sistem penyiaran TV.

Pada 1939, sistem penyiaran TV publik untuk kali pertama dikenalkan di Amerika Serikat (AS) dengan sistem operasi *340-line* pada *30 frames/second*. Dua tahun kemudian diadopsi standar *525-line 60 frames/second* dan sejak itulah mulai dibangun pemancar stasiun TV di kota-kota besar dunia seperti London, Paris, Berlin, Roma dan New York. Perkembangan teknologi penyiaran memang sempat terhambat akibat Perang Dunia II, namun pada tahun 1952 dilanjutkan kembali dengan penggunaan standar *625 lines, 50 frames/second* khususnya untuk kawasan Eropa. Sejak saat itulah paling tidak ada tiga standar *scanning* TV yang digunakan di dunia, yaitu *819 lines* yang digunakan di Perancis, standar *625 lines* yang digunakan secara luas di Eropa dan *525 lines* digunakan di AS.

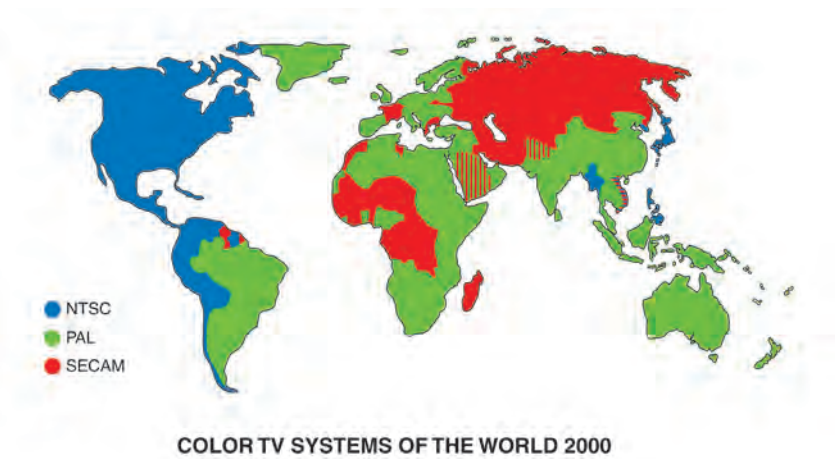
Penelitian awal tentang sistem penyiaran TV warna dimulai pada tahun 1928 oleh John Logie Baird di Inggris dan HE Ives di Amerika Serikat. Namun pelaksanaannya secara reguler di Amerika Serikat baru dimulai pada tahun 1953. Kemudian pada tahun 1960 Jepang melanjutkan dengan menggunakan standar NTSC (*National Television Systems Committee*). Sedangkan sebagian besar negara Eropa baru mulai menggunakan sistem penyiaran TV warna secara reguler pada tahun 1970. Standar penyiaran TV warna, SECAM (*SEquentiel A Memoire — memory sequential*) kemudian diadopsi di Perancis dan sebagian Eropa Timur. Sementara itu, sebagian besar negara di Eropa, Asia dan Australia menggunakan standar PAL (*Phase Alternation Line*).

Tiga puluh tahun kemudian, tepatnya menjelang tahun 2000 teknologi penyiaran TV digital telah diujicobakan di berbagai negara dengan media penyiaran yang semakin beragam, antara lain sistem penyiaran TV digital *terrestrial*, TV digital kabel dan TV digital satelit.

Di Indonesia industri penyiaran TV baru dimulai sejak 1961, yang ditandai dengan pengiriman teleks dari Presiden Soekarno yang sedang berada di Wina pada 23 Oktober 1961, kepada Menteri Penerangan RI saat itu, Maladi, yang berisi perintah agar segera



Gambar 1.1: Sebaran pengguna standar TV berdasarkan jumlah baris per frame



Gambar 1.2: Sebaran penggunaan Standar NTSC, PAL dan SECAM

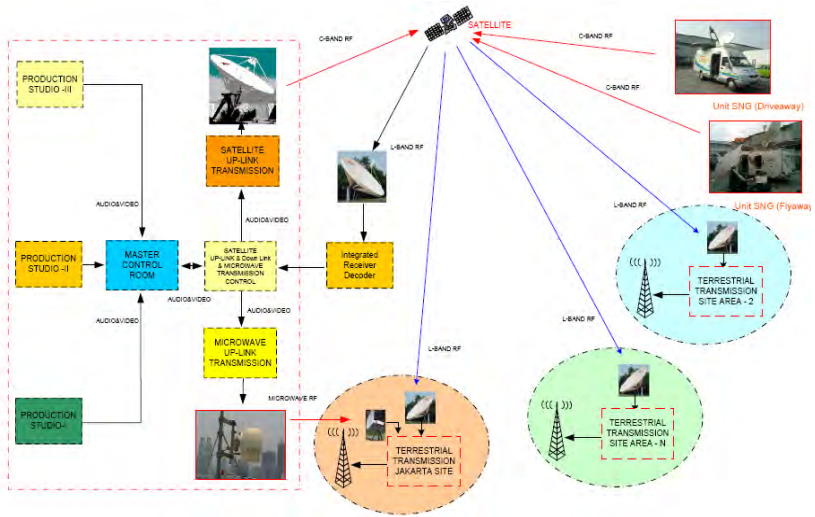
disiapkan proyek penyiaran TV nasional. Pemerintah tersebut segera dilanjutkan dengan kerja persiapan siaran percobaan Televisi Republik Indonesia (TVRI) yang dilakukan pada 17 Agustus 1962, dalam acara HUT Proklamasi Kemerdekaan Republik Indonesia XVII dari halaman Istana Merdeka Jakarta, dengan pemancar cadangan berkekuatan 100 watt.

Pada 24 Agustus 1962, TVRI mengudara untuk kali pertama dengan acara siaran langsung upacara pembukaan Asian Games IV dari Stadion Utama Gelora Bung Karno. Pada tahun 1963 mulailah dirintis pembangunan stasiun daerah, yang pertama adalah Stasiun Yogyakarta yang memulai siarannya pada akhir tahun 1964; kemudian berturut-turut dilanjutkan pembangunan Stasiun TVRI Medan, Surabaya, Makassar, Manado, Denpasar dll, yang berfungsi sebagai stasiun penyiaran. Selanjutnya sejak 1977, secara bertahap dibentuklah banyak stasiun produksi keliling (SPK), yang berfungsi sebagai perwakilan di daerah dan bertugas memproduksi dan merekam paket acara di beberapa ibukota provinsi untuk dikirim dan disiarkan melalui TVRI Stasiun Pusat Jakarta.

Setelah cukup lama masyarakat hanya mendapat sajian siaran TVRI, sejak awal dekade 1990-an mulai dibangun beberapa stasiun TV swasta berjangkauan (TV Swasta Nasional) antara lain, RCTI, SCTV, Indosiar, Antv dan TPI yang dalam perkembangannya diikuti oleh Trans TV, Metro TV, Global TV, La-TiVi dan Trans7 (d.h. TV 7). Saat ini juga sudah berdiri sejumlah stasiun TV di berbagai daerah, sehingga mengakibatkan alokasi frekuensi untuk penyiaran TV analog menjadi padat.

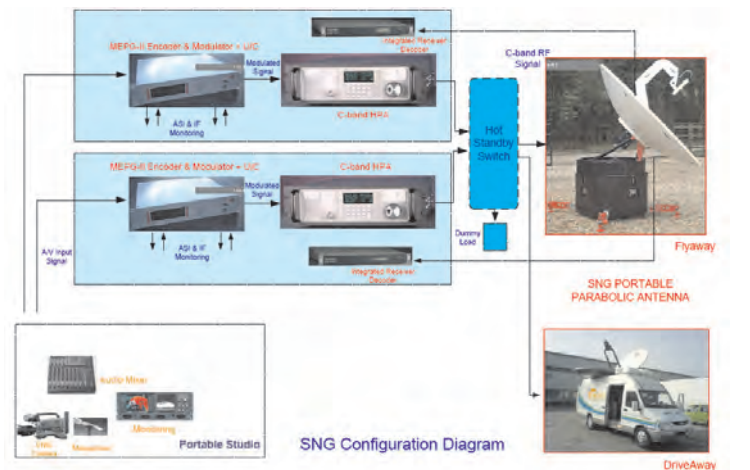
Dalam pemakaian standar dan alokasi frekuensi, Indonesia mengacu kepada standar *625 lines, 25 frames/s (CCIR/Europe, systems B and G)* kecuali TVRI yang juga bersiaran di kanal VHF (*Very High Frequency*) band III dengan lebar pita 7MHz, dan dalam siarannya digunakan kanal UHF (*Ultra High Frequency*) band IV dan V dengan lebar pita (*bandwidth*) untuk satu program siaran sebesar 8 MHz. Di kota-kota besar saat ini alokasi kanal frekuensi untuk sistem penyiaran TV sudah relatif penuh dan upaya penambahan siaran televisi baru sulit dilakukan.

Sebagian besar stasiun TV siaran nasional sudah sejak lama menggunakan teknologi penyiaran digital melalui satelit (*DVB-S-Digital Video Broadcasting-Satellite*) untuk kebutuhan siaran nasionalnya. (*Gambar 1.3*)



Gambar 1.3: Diagram TV Siaran Nasional

Mereka juga menggunakan perangkat SNG (*Satellite News Gathering*) yang menggunakan teknologi DVB-S untuk kebutuhan pengiriman audio dan video siaran langsung dari satu tempat untuk dipancarkan secara nasional melalui stasiun pusat yang berada di Jakarta. (*Gambar 1.4*)



Gambar 1.4 : Diagram SNG untuk siaran langsung melalui satelit

Di samping TV *terrestrial* yang ada, sejak Agustus 1988 PT MNC Skyvision yang dikenal dengan nama Indovision mulai memberikan layanan TV satelit *C-band* DBS (*Direct Broadcast Satellite*) langsung kepada pelanggannya menggunakan jasa satelit Palapa C-2. Namun sejak 1997 layanan kepada pelanggan dialihkan melalui satelit Cakrawarta-1. Satelit yang menggunakan frekuensi *S-band* dan sinyalnya dapat diterima langsung di rumah pelanggan menggunakan antena parabola berdiameter 80cm ini di-*manage* dan dioperasikan oleh PT Media Citra Indostar (MCI). Akhir 1997 semua siaran TV yang disalurkan melalui Indovision ini telah dialihkan menjadi layanan digital DBS yang memungkinkan diperolehnya sinyal audio dan video dengan kualitas sangat prima.

Sejak 1994 Kabelvision memelopori pelayanan komunikasi *broadband* di Indonesia, menggunakan kabel *coaxial* berkapasitas tinggi dan dukungan jaringan kabel serat optik sebagai tulang punggung (*backbone*) untuk menyatukan sistem jaringan *coaxial* yang ada. Kabelvision mampu menyediakan 88 saluran analog program televisi, dan dengan teknologi digital kapasitasnya mampu dikembangkan menjadi 100 gelombang digital. Sejak September 1999 perusahaan ini mulai menggunakan jaringan kecepatan tinggi dan memberikan layanan transmisi internet dengan nama Kabelnet. Layanan ini tersedia melalui PT Linknet yang merupakan penyedia jasa internet, seperti Indosat, CBN, Uninet, Indonet, dan Centrin.

Telkomvision sebagai salah satu perusahaan jasa multimedia interaktif melalui TV kabel, TV satelit dan internet yang dikelola oleh PT Indonusa Telemedia, sejak 2001 juga telah melayani pelanggan di Jakarta, Surabaya, Bandung dan Denpasar. Jasa multimedia tersebut disalurkan melalui transmisi HFC (*Hybrid Fiber Optic Coaxial*) untuk TV kabel, serta dukungan Satelit Telkom-1 untuk layanan DTH (*Direct to Home*) langsung ke TV dan atau komputer pelanggan. Saat ini Telkomvision mampu menyediakan layanan TV dengan total sekitar 40 kanal.

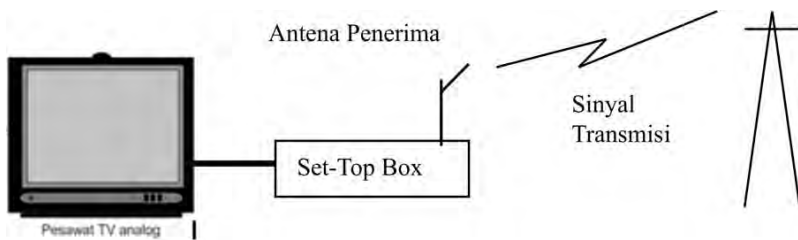
Televisi berlangganan Astro mulai beroperasi di Indonesia pada 28 Februari 2006 dengan menyediakan 48 saluran yang disiarkan ke pelanggan melalui teknologi satelit digital pada frekuensi *Ku-band*. PT Direct Vision sebagai operator televisi ini terus

meningkatkan layanan kepada pelanggannya dengan menyediakan sinyal berkualitas tinggi menggunakan teknologi DVB-S.

Selain itu, ada PT Mentari Multimedia (M2V) penyedia TV berbayar dengan teknologi terkini, yang mulai beroperasi pada bulan Juli 2006. M2V menyediakan layanan lebih dari 20 *channel*/TV nasional dan TV international, yang dipancarkan secara teresterial dengan menggabungkan teknologi DVB dan MMDS yang beroperasi pada frekuensi L-Band atau 1.5 GHz. Siaran M2V dapat dinikmati di dalam rumah (dalam keadaan tidak bergerak), maupun secara bergerak di dalam mobil dengan menggunakan *receiver* khusus bernama M-Box sehingga siarannya dapat ditangkap secara jernih meskipun mobil bergerak di atas 100 km/jam. [M2V]

I.2. Teknologi Penyiaran TV Digital

Implementasi teknologi penyiaran TV digital bukanlah rekayasa dan upaya yang mengharuskan pemirsa menggunakan pesawat TV baru yang digital. Upaya ini lebih terfokus pada sinyal digital yang ditransmisikan dari pemancar, sehingga pesawat TV yang ada pada pemirsa cukup ditambahi perangkat *set-top box* agar dapat menerima sinyal TV digital.



Gambar 1.5: Penerimaan Penyiaran TV Digital

Dibandingkan dengan analog, kelebihan sinyal digital terletak pada ketahanannya terhadap derau dan kemudahannya untuk diperbaiki (*recovery*) pada bagian penerimanya dengan suatu kode koreksi kesalahan (*error correction code*). Keuntungan lainnya adalah pada konsumsi *bandwidth* yang lebih efisien serta efek interferensi yang lebih rendah dan penggunaan sistem OFDM (*Orthogonal*

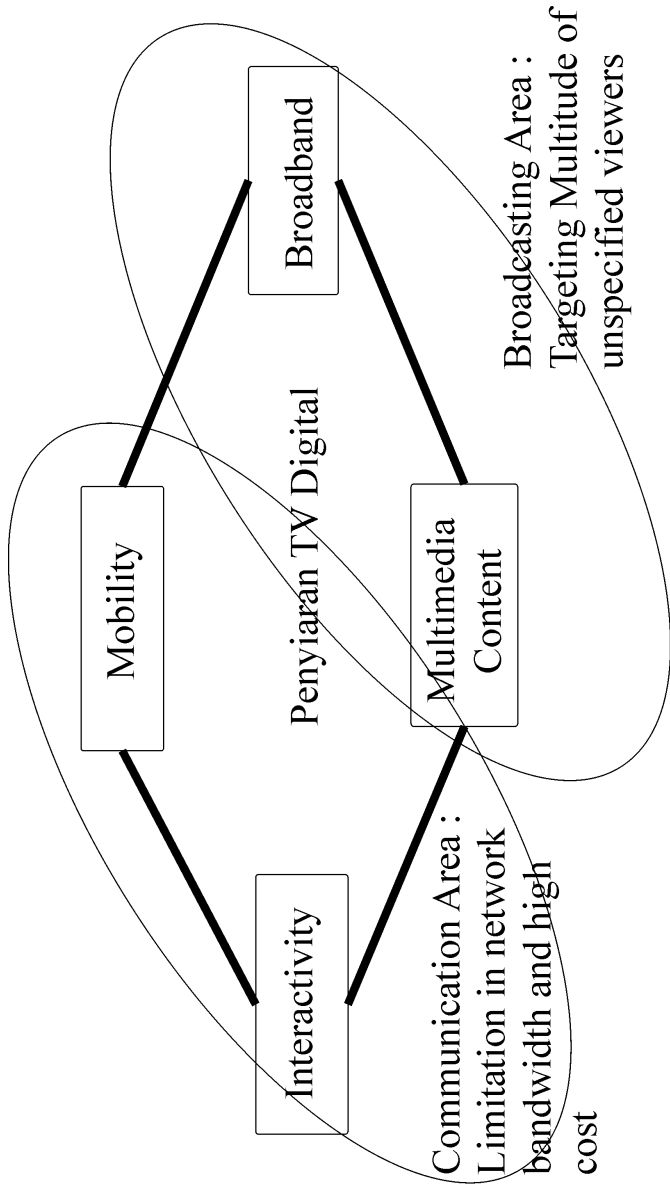
Frequency Division Multiplexing) yang tangguh dalam mengatasi efek lintas jamak.

Pada sistem penyiaran TV analog, efek lintasan jamak ini akan menimbulkan *echo* yang mengakibatkan munculnya gambar ganda yang sangat mengganggu kenikmatan menonton. Penyiaran TV digital bisa dioperasikan dengan daya yang rendah serta menghasilkan kualitas gambar dan warna yang jauh lebih bagus daripada penyiaran TV analog.

Dari segi layanan, sistem penyiaran TV digital mampu meningkatkan kualitas siaran, di samping memberikan lebih banyak pilihan program kepada pemirsa, serta memungkinkan konvergensi dengan berbagai media seperti media internet, media telepon seluler, dan PDA. (Lihat gambar 1.6) Pada sisi aplikasi, siaran TV digital memberikan fleksibilitas aplikasi interaktif sehingga akan sangat mendukung kebutuhan interaksi antara penyedia jasa program dengan dengan penggunanya baik yang bersifat komersial, seperti *interactive advertisement*, *tele-news*, *tele-banking*, *tele-shopping*, maupun nonkomersial seperti *tele-education*, *tele-working* dan *tele-traffic*.

Penyiaran TV digital secara umum didefinisikan sebagai pengambilan atau penyimpanan gambar dan suara secara digital, yang pemrosesannya (*encoding-multiplexing*) termasuk proses transmisi, dilakukan secara digital dan kemudian setelah melalui proses pengiriman melalui udara, proses penerimaan (*receiving*) pada pesawat penerima, baik penerimaan tetap di rumah (*fixed reception*) maupun yang bergerak (*mobile reception*) dilakukan secara digital pula.

Pada teknologi penyiaran TV digital terdapat dua bagian standarisasi. Bagian I ialah standar untuk kompresi dan *multiplexing*, dan bagian II untuk kode koreksi kesalahan dan sistem transmisi. Sebagian besar standar untuk bagian I menggunakan MPEG-2 (*Moving Pictures Experts Group-2*) untuk kompresi. Pada bagian II terdapat sejumlah standar penyiaran TV digital yang saat ini berkembang, yaitu DVB-T (*Digital Video Broadcasting Terrestrial*) dari Eropa, ISDB-T (*Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial*) dari Jepang, ATSC (*Advanced*



Gambar 1.6: Konvergensi layanan bidang penyiaran dan komunikasi

Television Systems Committee) dari Amerika Serikat, T-DMB (*Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting*) dari Korea Selatan, DMB-T (*Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial*) dari China. Masing-masing standar dan beberapa variannya telah diadopsi oleh sejumlah negara. DVB diadopsi oleh semua negara Eropa, sejumlah negara di Asia dan Australia, sedangkan ATSC oleh Amerika Utara, sejumlah negara di Amerika Selatan dan Asia.

Standard ATSC yang diluncurkan kali pertama pada 1 November 1998 mengirimkan sinyal TV digital dengan teknik modulasi amplitudo digital yang dipadu dengan pemfilteran VSB untuk membatasi *bandwidth*. ATSC dipandang lebih sesuai untuk penerima TV yang tidak bergerak dan sejak semula memang dirancang untuk mampu mengantarkan sinyal HDTV (*High Definition TV*).

DVB-T diluncurkan pada September 1998 dan ISDB-T pada 1 Desember 2003. Keduanya berbasis teknik OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) yang dikombinasikan dengan *interleaving* dan memiliki kelebihan dalam menjangkau TV yang bergerak, bahkan yang berada di mobil yang berjalan dengan kecepatan tinggi.

Teknik OFDM membagi aliran informasi TV digital yang berlaju tinggi ke dalam sejumlah sub-aliran dengan laju rendah yang masing-masing akan memodulasi gelombang pembawa yang saling orthogonal. Teknik ini mampu memberikan imunitas terhadap efek lintasan jamak. Sedangkan *interleaving* – pengubahan urutan simbol-simbol yang ditransmisikan untuk ditata kembali pada penerima – akan memberikan kekebalan terhadap gangguan kanal yang berupa *fading* maupun derau impuls. Dipadu dengan dua lapis teknik pengodean untuk koreksi sinyal, maka sistem DVB-T memiliki ketahanan tinggi terhadap berbagai gangguan akibat kondisi kanal yang buruk dengan adanya derau, lintasan jamak, dan variasi daya terima karena *fading*.

DVB-T juga dapat diimplementasikan dalam *mode* SFN (*Single Frequency Network*) di mana suatu operator dapat memasang beberapa pemancar dengan frekuensi yang sama tersebar pada

suatu area dengan tujuan memperluas dan memperbaiki kualitas cakupan tanpa perlu menambah frekuensi.

Sedangkan sistem ISDB-T menggunakan BST-OFDM (*Band Segmented Transmission - OFDM*) sebagai sistem transmisi. Satu kanal TV selebar 6 MHz dibagi ke dalam 13 segmen yang masing-masing dimodulasi secara OFDM yang dilengkapi dengan *time interleave* yang membuat sistem ini lebih tahan menghadapi gangguan *multipath*, *impulse noise* dan *fading* sehingga sangat cocok sebagai aplikasi *mobile reception*.

Sistem T-DMB yang dikembangkan di Korea Selatan merupakan modifikasi aplikasi sistem radio DAB (*Digital Audio Broadcasting*) pada *band* VHF (6 MHz). DAB dipilih karena telah teruji keandalannya, di samping karena efisien dalam penggunaan frekuensi dan besaran *bit-rate* yang cukup untuk siaran TV digital. Satu kanal VHF (6MHz - di Korea Selatan) dibagi dalam tiga blok (A, B dan C). Masing-masing blok dapat digunakan untuk satu program siaran TV *mobile* DMB. Semula pada DAB di Eropa, satu kanal VHF (7MHz) dibagi dalam empat blok (A, B, C dan D). Sekarang sarana itu juga akan digunakan masing-masing untuk satu program TV *mobile* DMB.

Standar yang dirilis paling akhir adalah DMB-T yang dikembangkan oleh Tsinghua University China yang merupakan modifikasi DVB-T. Keunggulan DMB-T terletak pada sistem OFDM yang dilengkapi sinkronisasi pada *domain* waktu (TDS-OFDM). Sinyal sinkronisasi tersebut dikirimkan secara terpisah dari sinyal TV dengan menggunakan teknologi *spread spectrum* sehingga memberikan ketahanan lebih tinggi bagi sinyal sinkronisasi terhadap derau dan interferensi sehingga proses deteksi OFDM yang membawa sinyal TV menjadi lebih baik pula.

1.3. Migrasi dari Analog ke Digital

Di Eropa, Amerika, dan Jepang, migrasi ke sistem penyiaran TV digital sudah dimulai sejak beberapa tahun yang lalu. Di Jerman, proyek ini telah dimulai sejak 2003 di kota Berlin dan 2005 di Munich. Pada akhir 2005 di Inggris telah dilakukan percobaan untuk mematikan beberapa penyiaran TV analog. Pada 2010, Perancis

Tabel 1.1:Perbandingan Standard untuk Siaran TV Digital

No	Standard	Codec	Band with	Modulasi	Pilihan Modulasi
1.	ATSC-T	MPEG-2 (V) Dolby AC-3 (A)	6/7/8 MHz	8-VSB	8-VSB
2.	DVB-T	MPEG-2 (V) MPEG-2 BC (A)	6/7/8 MHz	C-OFDM	QPSK/16 QAM/64Q AM
3.	ISDB-T	MPEG-2 (V) MPEG-2 ACC (A)	6/7/8 MHz	BST-OFDM	DQPSK/Q PSK/16Q AM/64QAM
4.	T-DMB	MPEG-4	1.536 MHz	OFDM	DQPSK
5.	DMB-T	MPEG-2	6/7/8 MHz	TDS-OFDM	

juga akan menerapkan hal yang sama. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa penghentian total sistem analog bisa dilakukan pada tahun 2012.

Di Amerika Serikat, Kongres bahkan telah memberikan mandat penghentian penyiaran TV analog secara total (*switched off*) pada tahun 2009. Jepang melakukan hal serupa (2011), sementara negara-negara lain di kawasan Asia juga akan mengikuti migrasi total dari sistem analog ke sistem digital. Di Singapura, TV digital telah diluncurkan sejak Agustus 2004 dan saat ini kurang lebih 250.000 rumah yang telah menikmatinya. Di Malaysia pembangunan penyiaran TV digital juga sudah dirintis sejak tahun 1998 dan saat ini diharapkan 1,8 juta rumah bisa menikmati siaran tersebut.

Bagaimana dengan Indonesia yang berpenduduk banyak dengan beragam kebudayaan yang tentunya sangat membutuhkan variasi program-program siaran TV? Migrasi atau peralihan dari sistem penyiaran TV analog ke TV digital merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Langkah pembuka menuju penyiaran TV digital

sebenarnya sudah dimulai sejak 1997 dalam format TV digital satelit. Hingga saat buku ini disusun jumlah pelanggannya telah mencapai lebih dari 200.000. Namun, langkah selanjutnya untuk menuju tingkat yang lebih masif memang sedang dalam tahap persiapan.

Sejak tahun 2004 di bawah koordinasi Tim Nasional Migrasi Televisi dan Radio dari Analog ke Digital, telah dilakukan sejumlah kajian terhadap implementasi penyiaran TV digital. Serangkaian diskusi, seminar, *workshop* dan lokakarya yang melibatkan tenaga ahli di bidang penyiaran TV digital dari beberapa penjurur dunia telah dilakukan. Bahkan uji coba siaran TV digital telah dilakukan sejak pertengahan tahun 2006 dengan menggunakan *channel* 34 UHF untuk standar DVB-T dan ch 27 UHF untuk standar T-DMB.

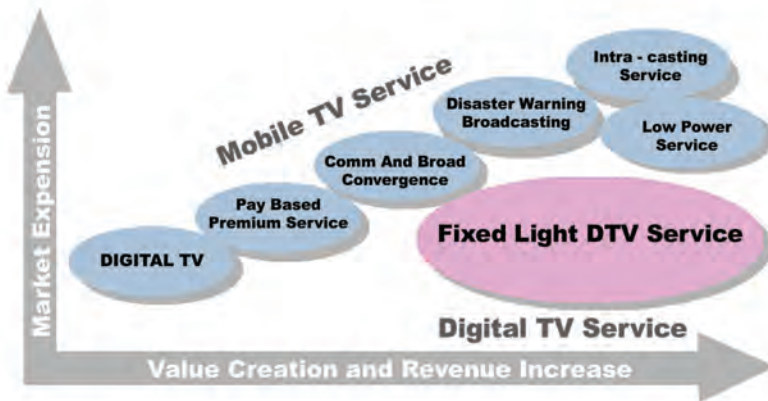
Dari hasil uji coba tersebut dapat dibuktikan bahwa teknologi DVB-T mampu *multiplex*-kan beberapa program sekaligus. Enam program siaran dapat “dimasukkan” secara serentak ke dalam satu kanal TV berlebar pita 8MHz, dengan kualitas cukup baik. Di samping itu penambahan varian DVB-H (*handheld*) mampu menyediakan tambahan hingga enam program siaran lagi, khususnya untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan sangat memungkinkan bagi penambahan siaran-siaran TV baru.

Akhirnya, setelah melalui serangkaian telaah ilmiah, konsultasi publik dan uji coba tersebut di atas, Pemerintah mengambil keputusan untuk menggunakan standar penyiaran digital seperti yang digunakan di kawasan Eropa. Dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 07/P/M.KOMINFO/3/2007, yang ditandatangani Menkominfo Sofyan Djalil, pada 21 Maret 2007, tentang Standar Penyiaran Digital Terrestrial untuk Televisi Tidak Bergerak di Indonesia, disebutkan bahwa Pemerintah menetapkan DVB - T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*) sebagai standar penyiaran TV digital untuk pengguna tidak bergerak di Indonesia. Sedangkan standar penyiaran TV digital untuk pengguna bergerak (*mobile*) sampai buku ini ditulis belum ada regulasinya.

Peraturan menteri tersebut jelas merupakan keputusan yang amat penting. Peraturan ini menjadi pemandu bagi arah perkembangan penyiaran televisi digital di masa mendatang.

Memang, masih banyak hal yang perlu diatur lebih lanjut oleh Pemerintah dalam proses migrasi ini, seperti standarisasi perangkat, dan jadwal implementasi migrasi. Namun peraturan menteri tersebut sudah bisa menjadi titik awal bagi semua komponen masyarakat yang terlibat dalam dunia penyiaran televisi untuk mengambil ancang-ancang dalam mempersiapkan diri menyongsong era baru tersebut.

Era baru itu membuka peluang sekaligus tantangan baik yang bersifat teknologis, ekonomis, maupun psikologis. Pada sisi ekonomi, era menuju penyiaran digital ini membenteng potensi ekonomi yang luar biasa besar yang bakal membuka peluang bisnis lebih banyak bagi masyarakat. Peluang usaha di bidang rumah produksi, pembuatan aplikasi-aplikasi audio, video dan multimedia, industri senetron, film, hiburan, komedi dan sejenisnya menjadi potensi baru untuk menghidupkan ekonomi masyarakat.



Gambar 1.7 : Contoh Model pengembangan layanan pada penyiaran TV digital

Salah satu peluang itu, misalnya, adalah penyediaan perangkat *set-top box* yang dibutuhkan TV analog untuk menerima siaran digital. Alat ini diperlukan untuk mempercepat proses migrasi ke sistem TV digital. Bila diasumsikan 50 persen saja dari jumlah pemilik TV akan membutuhkan *set-top box*, maka diperlukan pasokan 15 juta perangkat itu. Sementara untuk setiap pembeli

TV baru juga diasumsikan 50 persennya membutuhkan perangkat *set-top box*, maka harus tersedia 1,32 juta *set-top box* per tahun.

Dari satu kebutuhan atas alat itu saja sudah terbayang betapa besar potensi ekonomi dari migrasi tersebut, belum lagi sekian banyak kebutuhan lainnya. Karena itulah kalangan industri pertelevisian lokal, baik penyedia perangkat keras maupun perangkat lunak, perlu lebih tajam mengendus peluang-peluang tersebut agar tidak diserobot oleh industri asing.

Di sisi lain, Pemerintah tentu diharapkan memberikan perlindungan, kesempatan dan kemudahan-kemudahan bagi industri dalam negeri untuk lebih dahulu berperan dalam pengembangan industri penyiaran radio dan televisi digital ini sebelum memberikan kesempatan kepada pihak asing untuk masuk dan ikut berpartisipasi.

Perubahan ke sistem digital memang tak terelakkan. Dan sudah wajar bahwa dalam setiap upaya menuju perubahan selalu terjadi keraguan, selain optimisme. Keraguan, atau kekhawatiran terjadi, salah satunya, karena kekurangtahuan atas bentuk dan arah dari perubahan itu sendiri. Demikian pula dalam kasus perubahan menuju era penyiaran digital ini. Karena itulah pada bab-bab selanjutnya dalam buku ini memaparkan berbagai sisi dari perubahan tersebut agar migrasi dari sistem penyiaran analog ke digital dapat dipahami dan kelak dijalani dengan mulus.

Sistem Digital pada Penyiaran TV

2.1. Mengapa Digital ?

Ada beberapa alasan mengapa sistem digital n a n t i n y a menjadi sistem yang diperlukan terutama berkaitan dengan penyiaran TV digital. Berikut ini beberapa alasan yang mendasari perlunya migrasi ke sistem TV digital:

Efisiensi spektrum frekuensi

Dengan mengimplementasikan TV digital maka dengan satu kanal frekuensi bisa digunakan sekaligus untuk beberapa program siaran. Dari segi efisiensi penggunaan kanal, jelas sistem TV digital jauh lebih efisien dibandingkan siaran TV analog yang mensyaratkan satu kanal hanya bisa untuk satu program siaran. Untuk memperlihatkan seberapa efisien pemakaian spektrum frekuensi pada siaran TV digital dapat dilihat pada gambar 2.1.

Kualitas, keandalan

Kualitas siaran dari TV digital jauh lebih baik bila dibandingkan dengan siaran TV analog. Berdasarkan penelitian, siaran TV digital bebas dari derau, sehingga kualitas gambar dan keandalan siaran TV digital jauh lebih baik.

Kompatibilitas

Dengan TV digital maka beberapa standar siaran TV analog seperti NTSC, PAL maupun SECAM dapat disiarkan dengan satu format, MPEG-2, yang merupakan salah satu format standar untuk siaran TV digital di dunia.



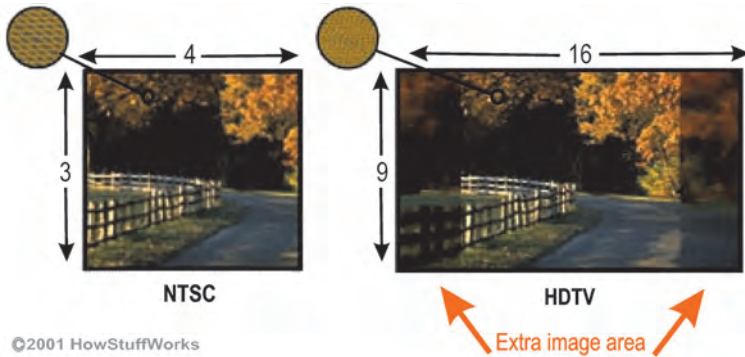
Gambar 2.1: Efisiensi penggunaan kanal pada siaran TV digital berdasarkan hasil pengukuran dengan Pixelmetrix

Skalabilitas

Dengan siaran dalam bentuk digital dimungkinkan meningkatkan lebar layar televisi, dari bentuk layar standar yaitu SDTV (*Standard Definition TV*) ke EDTV (*Enhanced Definition TV*) atau bahkan layar yang lebih lebar lagi (format 16:9) seperti HDTV (*High Definition TV*). (Gambar 2.2)

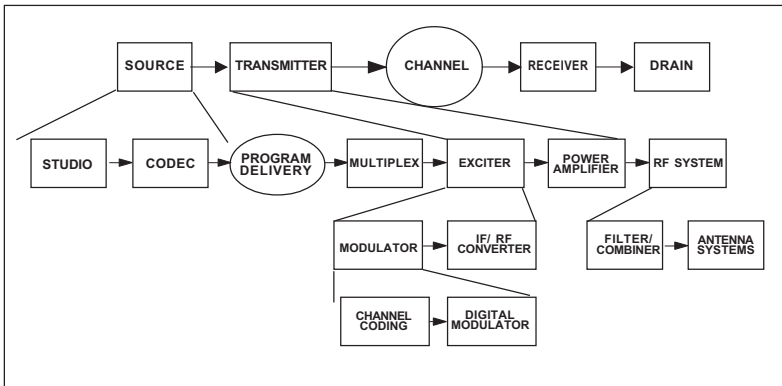
2.2. Digitalisasi Sistem Penyiaran TV Analog

Gambar 2.3 memperlihatkan contoh blok diagram fungsi pada pemancar TV digital. Perbedaannya dengan pemancar TV analog adalah pada proses pengodean sumber dan *multiplexing* atau pada pengodean kanal, sedangkan transmisinya tergantung standar sistem siaran TV digital yang digunakan. Komponen yang akan tetap ada pada siaran TV digital adalah RF-nya.



©2001 HowStuffWorks

Gambar 2.2: Skalabilitas layar yang ditawarkan siaran TV digital.[sumber: Howstuffworks]



Gambar 2.3: Contoh blok diagram fungsi pada pemancar siaran TV digital [Sudhana, 2006]

Pada sistem siaran TV digital, sumber (audio dan video sebagai hasil dari proses yang dilakukan di studio) dikodekan menjadi data digital sesuai standar yang digunakan untuk dijadikan program TV yang akan disiarkan. Selanjutnya apabila ada beberapa program maka program-program tersebut di-*multiplex* untuk bisa disiarkan melalui pemancar menggunakan kanal yang tersedia. Dengan menggunakan *multiplex* 1 kanal bisa digunakan bersamaan sesuai dengan jumlah program yang akan disiarkan, dan data yang keluar dari blok *multiplex* ini merupakan data digital. Selanjutnya di bagian modulator data tersebut dimodulasi secara digital sehingga sinyal

yang keluar dari pemancar merupakan sinyal yang termodulasi secara digital. Pada siaran TV analog, sinyal video komposit dipancarkan sebagai sinyal AM dan sinyal audionya dipancarkan sebagai sinyal FM yang keduanya merupakan sinyal termodulasi analog.

Saat ini ada kemungkinan beberapa stasiun TV analog sudah menggunakan perangkat digital dalam proses produksi di studio (sumber), misal: video kamera dan juga pemrosesannya. Karena sistem siaran masih dalam bentuk analog maka hasil pemrosesan digital di bagian studio tersebut harus diubah kembali ke dalam bentuk analog dengan menggunakan DAC (*Digital-to-Analog Converter*) untuk bisa disiarkan. Dengan kondisi seperti ini, stasiun siaran yang dalam proses di studionya sudah melakukan digitalisasi akan lebih mudah untuk bermigrasi, dengan menambahkan perangkat yang belum tersedia untuk dapat melakukan siaran secara digital.

2.3. Sistem Kompresi Video dan Audio Digital

Kompresi adalah suatu konversi kebalikan dari suatu data ke suatu format yang membutuhkan bit yang lebih sedikit. Kompresi dilakukan supaya data dapat disimpan atau ditransmisikan secara lebih efisien. Ukuran data dalam bentuk telah terkompres (*Compress, C*) relatif terhadap ukuran aslinya (*Original, O*) dikenal dengan rasio kompresi ($R=C/O$). Jika kebalikan proses, yaitu dekompresi, menghasilkan bentuk replika dari data aslinya maka kompresinya merupakan *lossless*. *Lossy compression*, biasanya diaplikasikan pada data gambar yang tidak dimungkinkan menghasilkan suatu replika dari gambar aslinya, tetapi mempunyai rasio kompresi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, *lossy compression* hanya dimungkinkan dengan suatu pendekatan dari pembangkitan gambar aslinya. Untuk kompresi gambar, keakuratan dari pendekatan ini umumnya menurun dengan meningkatnya rasio kompresi.

Teknik-teknik kompresi yang digunakan untuk sistem digital dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama yaitu [Collin,4]:

O Teknik kompresi yang dapat diaplikasikan untuk semua jenis

data.

- Teknik kompresi *intraframe* yang digunakan pada gambar.
- Teknik kompresi *interframe* yang digunakan pada deretan gambar.

2.3.1. Teknik-teknik Kompresi untuk semua jenis data

Ada beberapa teknik kompresi jenis ini yaitu:

Pengodean run length

Run length encoding merupakan suatu teknik kompresi yang menggantikan kejadian yang berurutan dari suatu simbol dengan simbol yang diikuti dengan sejumlah waktu yang diulang. Sebagai contoh deretan angka 111110000003355 dapat direpresentasikan dengan 15063252. Teknik kompresi ini berguna apabila ada suatu simbol yang panjang. Teknik kompresi ini berguna untuk gambar-gambar yang memiliki area yang semua pikselnya memiliki nilai sama.

Pengodean relatif

Pengodean relatif merupakan suatu teknik transmisi yang berusaha untuk memperbaiki efisiensi dengan mengirimkan perbedaan antara setiap nilai dan nilai pendahulunya (*predecessor*) di tempat nilai itu sendiri. Oleh karena itu nilai 15106433003 akan dikirimkan sebagai 1+441+621+03+0+3. Pemancar akan memprediksi setiap nilai sama dengan nilai pendahulunya, dan data yang dikirimkan merupakan perbedaan antara nilai yang diprediksi dengan nilai sebenarnya. *Differential Pulse Code Modulation* (DPCM) merupakan salah satu contoh dari pengodean relatif. Sinyal modulasi ini hanya dapat memiliki satu dari 7 kemungkinan nilai (-3 to +3) sehingga memerlukan 3 bit per sampel. Setiap sampel hanya dapat digambarkan dengan perbedaan dari sampel sebelumnya. Setiap sampel yang memiliki setidaknya satu pola kesamaan, kemudian dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Hanya dua bit yang dibutuhkan untuk mengekspresikan hubungan antara sampel-sampel tersebut. Pengodean sinyal dengan cara ini akan memberikan pengurangan sepertiga jumlah bit.

Pengodean Huffman

Pengodean Huffman merupakan salah satu teknik kompresi yang terkenal. Teknik ini menetapkan kode-kode dengan panjang variabel (*Variable Length Codes* -VLC) ke simbol-simbol, sehingga simbol yang paling sering muncul memiliki kode-kode yang paling pendek. Pada dekompresi simbol-simbol tersebut dikembalikan ke panjang kode tetap aslinya. Ketika digunakan untuk mengkompres teks, misalnya, kode-kode panjang variabel digunakan menggantikan kode-kode ASCII dan karakter-karakter yang paling umum, seperti spasi, sed, dan t ditetapkan sebagai kode-kode yang terpendek. Dengan cara ini maka keseluruhan jumlah bit yang diperlukan untuk mengirim data dapat berkurang dibandingkan dengan jumlah bit yang dibutuhkan jika representasi panjang kode sebenarnya digunakan. Pengodean Huffman terutama efektif untuk data yang didominasi oleh simbol-simbol dalam jumlah kecil.

Pengodean aritmatik

Pengodean Huffman sangat efektif, tetapi hanya optimal jika probabilitas dari tiap simbol merupakan *negative power of two*. Pengodean aritmatik tidak memiliki keterbatasan dan pada umumnya lebih efisien dibandingkan teknik Huffman yang lebih terkenal. Kekurangannya, teknik ini lebih kompleks bila dibandingkan dengan pengodean Huffman.

Pengodean Lempel-Ziv

Kompresor Lempel-Ziv menggunakan suatu kumpulan deretan simbol. Pada saat kejadian deretan yang diulang dan diganti dengan suatu referensi ke posisinya pada kumpulan deretan simbol tersebut. Ada beberapa variasi dari teknik pengodean ini dan perbedaan mereka terutama dalam bentuk pengelolaan suatu kamus atau data dari kumpulan simbol. Yang paling terkenal dari teknik ini adalah variasi Lempel-Ziv-Welch.

2.3.2. Teknik-teknik Kompresi Intraframe

Kompresi *intraframe* merupakan kompresi yang diaplikasikan pada

gambar-gambar yang sifatnya tetap, seperti foto dan diagram, dan mengeksploitasi redundansi pada gambar yang dikenal dengan redundansi spasial. Teknik kompresi *Intraframe* dapat diaplikasikan pada *frame* individu dari suatu deretan video. Ada beberapa teknik jenis kompresi ini yaitu:

Subsampling

Subsampling merupakan teknik kompresi gambar yang paling mendasar. Teknik ini mengurangi jumlah data dengan membuang sebagian dari data. *Sub-sampling* mengurangi jumlah bit yang dibutuhkan untuk menggambarkan suatu gambar, yang mengakibatkan kualitas gambar yang dihasilkan lebih rendah dari gambar aslinya. Pada umumnya *sub-sampling* gambar dilakukan dengan salah satu dari dua cara. Cara pertama, gambar asli digandakan tetapi hanya sebagian dari piksel aslinya yang digunakan. Cara lainnya, *sub-sampling* dapat diimplementasikan dengan menghitung nilai rata-rata piksel untuk setiap grup dari beberapa piksel, kemudian menggantikan dari rata-rata ini ke lokasi yang sesuai pada gambar yang diperkirakan. Teknik terakhir ini lebih kompleks dibandingkan dengan teknik yang pertama, tetapi kualitas hasilnya lebih bagus.

Sub-sampling umumnya *lossy*, dan tergantung pada kemampuan persepsi manusia untuk mengisi *gap* yang ada. Penerima sendiri dapat juga berusaha untuk mengisi *gap* yang ada dan mencoba untuk memperbaiki piksel-piksel yang telah dibuang selama proses *sub-sampling*. Dengan membandingkan piksel-piksel terdekat dengan gambar yang telah dilakukan *sub-sampling*, nilai dari piksel-piksel yang hilang di antara *gap* dapat diperkirakan. Proses ini disebut dengan interpolasi. Interpolasi dapat digunakan untuk membuat suatu gambar yang telah dilakukan proses *subsampling* menjadi gambar yang memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan aslinya.

Kuantisasi kasar

Kuantisasi kasar (*Coarse quantization*) sama dengan *subsampling* dimana informasi dibuang, tapi kompresi dikaitkan dengan pengurangan jumlah bit yang digunakan untuk menggambarkan

suatu piksel. Setiap piksel ditetapkan suatu nilai alternatif yang jumlah nilai alternatifnya lebih kecil daripada gambar aslinya. Sebagai contoh, pada gambar monokrom jumlah bayangan abu-abunya dikurangi. Kuantisasi yang rentang jumlahnya kecil disebut kuantisasi kasar.

Kuantisasi vektor

Kuantisasi vektor merupakan salah satu bentuk kuantisasi yang lebih kompleks dimana pertama-tama aliran data input dibagi ke dalam blok-blok. Suatu tabel didefinisikan yang berisi sejumlah pola untuk blok dan setiap blok dikodekan menggunakan pola dari tabel yang paling mirip. Jika jumlah level kuantisasi sangat kecil maka kompresinya akan menjadi *lossy*. Karena gambar terkadang berisi beberapa sektor kuantisasi vektor yang diulang, maka teknik ini akan sangat berhasil untuk kompresi gambar. Pada contoh ini kuantisasi vektor suatu deretan simbol dibagi ke dalam blok-blok empat simbol dan selanjutnya blok-blok ini dibandingkan dengan apa yang ada pada tabel. Setiap blok ditetapkan simbol pada entri tabel yang paling bisa dilakukan penyusunan ulang. Simbol-simbol ini membentuk deretan yang dikompres. Pada proses dekompresi dibangkitkan suatu pendekatan deretan aslinya.

Pengodean transformasi

Pengodean transformasi merupakan suatu proses konversi gambar yang mentransformasikan suatu gambar dari *domain* spasial ke *domain* frekuensi. Transformasi yang paling umum digunakan pada pengodean gambar adalah DCT (*Discrete Cosine Transform*). Transformasi dari gambar-gambar yang besar dapat dihindari menjadi kompleks dengan menyusun suatu gambar yang besar ke blok-blok yang lebih kecil dan setiap blok dikodekan secara terpisah. Blok-blok terkode DCT yang paling berguna adalah koefisien-koefisien yang dapat dikuantisasi secara *coarse* tanpa memengaruhi kualitas gambar yang dihasilkan dari *inverse-DCT* dari koefisien-koefisien yang dikuantisasi.

2.3.3 .Teknik-teknik Kompresi Interframe

Kompresi *Interframe* merupakan kompresi yang diaplikasikan ke sederetan *frame* video. Secara umum, relatif sedikit perubahan yang terjadi dari satu *frame* video ke *frame* berikutnya. Kompresi *interframe* mengeksploitasi persamaan antara *frame* yang berurutan yang dikenal dengan redundansi sesaat, untuk mengurangi ukuran data yang diperlukan untuk menggambarkan deretan. Ada beberapa teknik kompresi *interframe* dengan kompleksitas yang bervariasi, yang kebanyakan berusaha untuk lebih efisien menggambarkan deretan dengan menggunakan kembali *frame* penerima untuk membentuk *frame* baru.

Ada beberapa teknik kompresi jenis ini:

Subsampling

Subsampling dapat juga diaplikasikan ke video sebagai suatu teknik kompresi *interframe*, dengan hanya mengirim beberapa *frame*. Video digital yang telah di-*subsampling* mungkin hanya berisi beberapa detik *frame*. Maka dekoder perlu untuk menginterpolasikan *frame* yang hilang di sisi penerima.

Pengodean perbedaan

Pengodean perbedaan merupakan proses kompresi *interframe* yang sangat sederhana. Setiap bagian *frame* dari deretan dibandingkan dengan *frame* sebelumnya dan hanya piksel-piksel yang telah berubah diperbarui. Dengan cara ini hanya sebagian dari jumlah nilai piksel yang dikirimkan. Ada *overhead* yang berhubungan dengan indikasi dimana piksel-piksel tersebut harus diperbarui dan jika jumlah piksel yang diperbarui harus besar, maka *overhead* ini akan memengaruhi kompresi. Ada dua modifikasi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini, walaupun ada potensi kerugian. Pertama, intensitas dari beberapa piksel hanya akan berubah sedikit dan pada saat dimungkinkan pengodean maka akan menjadi *lossy*, dan hanya piksel yang berubah secara

nyata perlu diperbarui. Oleh karena itu, tidak semua piksel yang diubah akan diperbarui. Kedua, pengodean perbedaan tidak hanya perlu beroperasi pada level piksel tapi juga pada level blok.

Pengodean perbedaan berdasarkan blok

Jika *frame-frame* dibagi ke dalam blok-blok *non--overlapping* dan setiap blok dibandingkan dengan lawannya pada *frame* sebelumnya, kemudian hanya blok-blok yang berubah secara nyata perlu diperbarui. Perbaruan seluruh blok piksel pada pengurangan *overhead* diperlukan untuk menentukan perbaruan yang terjadi. Misal pada piksel 160 x 120 pada *frame* dipecah menjadi 300 blok piksel 8x8. Jumlah bit yang lebih sedikit diperlukan untuk mengatasi satu blok dari 300 blok dibandingkan satu dari 19200 piksel individu. Piksel-piksel diperbarui pada blok beberapa piksel, terutama jika blok yang digunakan lebih besar. Demikian halnya sebagian dari gambar dimana bagian atas blok yang diperbarui belum diperbarui. Ketidakkontinyuan mungkin muncul dan masalah ini akan menjadi buruk pada saat menggunakan blok yang lebih besar. Jadi pilihan ukuran blok harus diinformasikan terlebih dahulu sehingga diperoleh keseimbangan yang terbaik antara kualitas gambar dan kompresi.

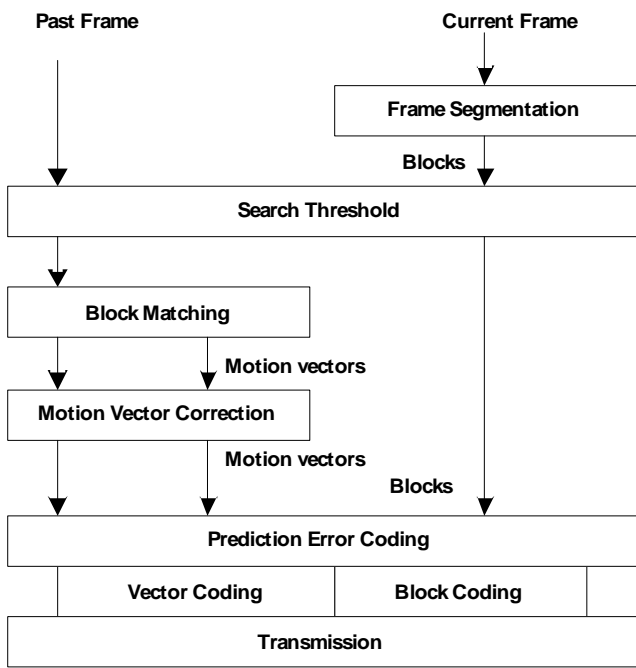
Pengodean perbedaan berdasarkan blok dapat diperbaiki lebih lanjut dengan mengompensasi pergerakan antara *frame-frame*. Pengodean perbedaan, hampir tidak berguna bila ada banyak pergerakan. Hanya obyek-obyek yang tetap dalam gambar yang dapat dikodekan secara efektif. Jika banyak pergerakan pada saat kamera bergerak, maka akan sangat sedikit piksel tetap yang tidak berubah. Untuk mengatasi masalah ini perlu untuk mengompensasi sedemikian rupa obyek-obyek yang bergerak.

Kompensasi gerakan berdasarkan blok

Kompensasi gerakan berdasarkan blok berbeda dengan teknik-teknik kompresi *interframe* lainnya. Teknik ini menghasilkan pendekatan dari suatu *frame* dengan menggunakan ulang data yang ada pada *frame* yang mendahuluinya. Ada tiga tahapan pada jenis kompresi ini. Pertama, *frame* yang akan diperkirakan dibagi ke dalam blok-blok *non--overlapping*. Selanjutnya setiap blok pada *frame* tersebut dibandingkan ke area dengan ukuran sama dari

frame yang mendahului atau sebelumnya (*past frame*) agar diperoleh area yang sama. Sebuah blok dari *frame* sekarang yang sama areanya disebut target blok. Lokasi blok yang sama atau sesuai pada *past frame* mungkin berbeda dengan lokasi target blok pada *frame* sekarang (*current frame*). Perbedaan relatif dari lokasi ini disebut dengan vektor gerakan (*motion vector*). Jika target blok dan blok yang sesuai ditemukan pada lokasi yang sama pada *frame-frame* yang dilihat maka vektor gerakan yang menggambarkan perbedaan keduanya disebut vektor nol (*zero vector*). Gambar 2.4 menunjukkan alur informasi dari proses kompensasi gerakan.

Terakhir, pada saat pengodean setiap blok *frame* yang diprediksi, vektor gerakan membuat posisi detail dari target blok yang sesuai dikodekan diganti dengan target blok itu sendiri. Karena diperlukan lebih sedikit bit untuk mengodekan suatu vektor gerakan dibanding untuk mengodekan blok-blok, maka akan diperoleh kompresi.



Gambar 2.4: Alur informasi dari proses kompensasi gerakan

Selama proses dekompresi, dekoder menggunakan vektor gerakan untuk menyamakan blok-blok dari *frame* lama (*frame* yang diterima) ke posisi yang sesuai pada pendekatan *current frame* sehingga merekonstruksi gambar. Sebagai contoh, suatu replika dari gambar yang dapat direkonstruksi setelah dekompresi. Secara umum hal ini tidak mungkin dengan kompensasi gerakan berdasarkan blok dan karenanya teknik ini *lossy*. Efektivitas teknik kompresi yang menggunakan kompensasi gerakan berdasarkan blok tergantung pada sejauh mana asumsi-asumsi berikut dapat diikuti.

- Obyek-obyek bergerak pada bidang yang paralel dengan bidang kamera, sehingga efek pembesaran (*zoom*) dan pemutaran obyek tidak dipertimbangkan, meskipun ada pelacakan pada bidang paralel terhadap gerakan obyek.
- Iluminasi merupakan bentuk yang sifatnya spasial dan sementara. Yaitu tingkat pencahayaan konstan (tetap) untuk semua gambar dan tidak berubah selamanya.
- Kemacetan dari satu obyek dengan obyek lainnya, dan yang tidak menutupi latar belakang tidak dipertimbangkan.

Kompensasi gerakan dua arah (*bidirectional motion compensation*) menggunakan blok-blok yang sesuai dari kedua *frame* baik *frame* lama maupun *frame* selanjutnya untuk mengodekan *frame* sekarang. *Frame* ke depan adalah suatu *frame* yang ditampilkan setelah *frame* sekarang.

Kompresi dua arah (*bidirectional compression*) lebih berhasil dibandingkan dengan kompresi yang hanya menggunakan *past frame* tunggal, karena informasi yang tidak ditemukan pada *past frame* mungkin ditentukan pada *frame* ke depan. Hal ini memungkinkan lebih banyak blok digantikan dengan vektor-vektor gerakan. Kompensasi gerakan dua arah memerlukan *frame* yang diencodekan dan dikirimkan pada urutan yang berbeda dari *frame* yang akan ditampilkan.

Teknik-teknik kompresi tersebut di atas merupakan teknik kompresi yang banyak digunakan untuk gambar, teks, atau gambar bergerak. Berikut ini secara sekilas dijelaskan mengenai kompresi yang dilakukan pada bagian audio.

Metode kompresi yang digunakan untuk kompresi audio digital penyiaran (DAB) adalah *MASCAM* yang dikembangkan oleh Institute für Rundfunktechnik (IRT) Munich pada tahun 1988 [Fischer, 2004]. Kemudian pada tahun 1989, metode kompresi audio ini dikembangkan lagi menjadi *MUSICAM* (*Masking pattern Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing*), hasil kerja sama CCETT, Philips dan Matsushita. Kedua metode kompresi audio ini berdasarkan *subband coding*. Pada jenis kompresi audio ini sinyal audio dipecah ke dalam sejumlah *sub-band* dengan menyesuaikan tingkat pengurangan dari sinyal yang tidak sesuai. Jenis kompresi audio lainnya adalah *ASPEC* yang dikembangkan Fraunhofer Gesellschaft dengan Thomson. Metode kompresi ini berdasarkan pada pengodean transformasi. Pada metode kompresi ini sinyal audio akan diubah dari *domain* waktu ke *domain* frekuensi dengan menggunakan DCT (*Discrete Cosine Transform*) dengan membuang komponen sinyal yang tidak sesuai.

Kedua jenis metode kompresi ini dimasukkan ke dalam metode kompresi MPEG-1 pada tahun 1990-an yaitu ISO/IEC 11172-3. MPEG-1 audio ini terdiri dari 3 lapis yaitu:

- Lapis I dan II biasanya menggunakan pengodean MUSICAM
- Lapis III secara prinsip menggunakan pengodean ASPEC.

Selanjutnya pada standar audio MPEG-2, ketiga lapis yang ada pada MPEG-1 audio diambil alih, dan lapis II ditingkatkan membentuk lapis II MC (*multichannel*) dan distandarisasi dengan standar audio MPEG-2 ISO/IEC 13818-3 pada tahun 1994.

2.3.4. Standar Industri

Seiring dengan kecenderungan teknologi siaran TV yang akan mengarah ke siaran TV digital dengan berbagai keunggulannya, kalangan industri perlu membuat suatu standar kompresi yang dapat dijadikan acuan untuk membuat format siaran digital dengan kualitas andal. Selain itu, standar yang dibuat tersebut harus dapat saling beroperasi satu sama lain.

Terdapat banyak pilihan standar industri, dan masing-masing memiliki ciri khusus yang kekhususan tersebut tidak akan sama

antara satu standar dengan standar yang lain, misalnya dalam hal aplikasi yang didukung dan laju bit yang bisa dilayani.

Berikut ini dijelaskan beberapa standar industri untuk kompresi audio dan video digital.

MPEG

Moving Picture Experts Group (MPEG) merupakan salah satu kelompok kerja ISO/IEC, yang dibentuk pada tahun 1988 untuk mengembangkan standar format audio dan video digital. Terdapat beberapa standar MPEG yang ada dan yang sedang dikembangkan [<http://www.gigawave.co.uk/digitalcomp.html>]. Setiap standar kompresi dirancang untuk aplikasi laju bit tertentu.

JPEG

JPEG singkatan dari *Joint Photographic Experts Group* dan standar ISO/IEC 10918. JPEG juga merupakan bagian kelompok kerja ISO/IEC yang menekankan pada pembentukan standar untuk pengodean gambar *tone* kontinyu. JPEG merupakan teknik kompresi yang bersifat *lossy* yang digunakan untuk gambar-gambar *full color* atau *gray scale*, dengan mengeksploitasi kenyataan bahwa penglihatan manusia tidak akan mampu melihat perubahan warna yang kecil. Contoh dari standar ini adalah JPEG 2000, yang menyediakan sistem pengodean gambar dengan memakai teknik kompresi berdasarkan pada pemakaian teknologi *wavelet* dan *MotionJPEG*.

DV

Digital Video merupakan format digital resolusi tinggi yang digunakan pada kamera video dan *camcorder*. Standar ini menggunakan DCT untuk mengkompres data piksel dan merupakan bentuk kompresi *lossy*. *Stream video* yang dihasilkan dikirim dari perangkat perekam melalui *FireWire* (IEEE 1394). *FireWire* ini merupakan suatu *serial bus* dengan kecepatan tinggi untuk bisa mentransfer data hingga 50 Mbps.

H.261

H.261 merupakan standar International Telecommunication Union (ITU) yang dirancang untuk komunikasi dua arah seperti *video conferencing* pada saluran ISDN (*Integrated Services Digital Networks*) dan mendukung laju data yang merupakan kelipatan dari 64 Kbps. Algoritma ini berdasarkan pada DCT, dan dapat diimplementasikan baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak serta menggunakan teknik kompresi *intraframe* dan *interframe*. H.261 mendukung resolusi CIF (*Common Intermediate Format*) dan QCIF.

H.263

H.263 merupakan standar kompresi berdasarkan pada standar H.261 dengan beberapa peningkatan kinerja yang akan memperbaiki kualitas video melalui modem. Standar ini mendukung resolusi yang dipakai pada video konferensi yaitu CIF.

H.264

Standar ini pertama kali dipublikasikan pada tahun 2003 [ITU-T, 2002], [Richardson, 2007]. Standar ini merupakan rekomendasi H.264 yang dikeluarkan oleh ITU-T dan ISO/IEC yaitu mengenai *Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services*. Standar ini dibentuk berdasarkan konsep standar-standar sebelumnya seperti MPEG-2 dan MPEG-4 Visual, yang menawarkan potensi efisiensi kompresi lebih baik serta fleksibilitas dalam proses kompresi, pengiriman dan penyimpanan video. H.264 dapat menyampaikan kualitas yang sama seperti MPEG-2 tapi dengan lebar pita yang lebih sedikit.

Kompresi DivX

DivX merupakan suatu perangkat lunak yang menggunakan standar MPEG-4 untuk mengkompres video digital, sehingga dapat di-*download* melalui koneksi modem DSL/kabel dalam waktu yang singkat tanpa mengurangi kualitas gambar visual. Versi terakhir kompresi ini sedang dikembangkan melalui kerja sama antara DivXNetworks dan komunitas *open source*. Standar kompresi ini

dapat bekerja pada beberapa platform sistem operasi seperti Windows 98, ME, 2000, CE, Mac dan Linux.

Tabel 2.1: Standar kompresi digital

Standar	Laju bit (MB/detik)	Delay
ETSI 140	140	0
ETSI 34	34	Diabaikan
ETSI 17	17	
ETSi 8	8	
Digibeta	(kira-kira) 120	Diabaikan
Digital S	50	
MPEG 1	1.5	
MPEG 2	1.50-80	2 – 24 <i>frame</i>
Beta SX	18	
EBU	24	
News	8	
MPEG 4	Tidak tersedia	
Motion JPEG	30 – 100	3 <i>frame</i>
JPEG 2000	Tidak tersedia	
DVC Pro 25/50/100	25/50/100	3 <i>frame</i>
DVCam	25	3 <i>frame</i>
DV	25	3 <i>frame</i>
Wavelet	18 – 100	< 1 mili detik
Firewire (IEEE 1394)	100/200/400	

Selain standar-standar kompresi yang telah dibahas sebelumnya ada beberapa standar kompresi lainnya yang tidak dibahas pada sub-bab ini. Tabel 2.1. menunjukkan beberapa standar kompresi dengan informasi laju bit dan *delay* yang mungkin.

2.3.5. Standar Kompresi MPEG

Perkembangan teknologi siaran TV yang mengarah ke siaran TV digital telah menetapkan suatu standar kompresi untuk audio dan video digital yaitu MPEG-2. ISO/IEC dan *Motion Picture Experts Group* (MPEG) sebagai badan standar video digital yang mempunyai peranan sangat besar dalam memulai dan mengembangkan komunikasi multimedia terutama interoperabilitas antarjenis aplikasi yang menggunakan standar ini. Perkembangan standar MPEG dapat dijelaskan sebagai berikut:

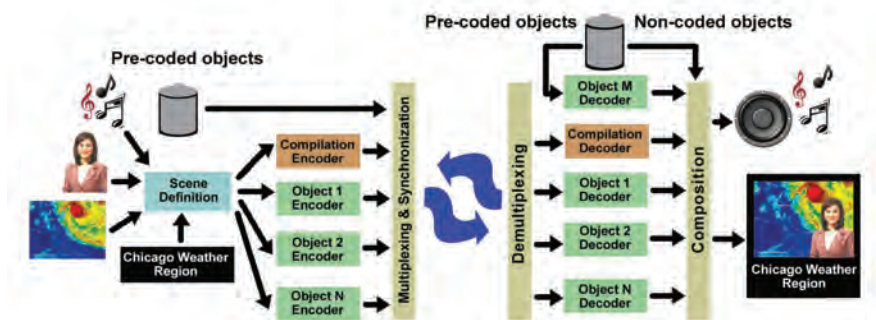
MPEG-1

Standar MPEG-1 atau ISO/IEC 11172 yang merupakan generasi pertama dari keluarga MPEG, dikembangkan pada periode 1988-1991, setelah selesainya rekomendasi ITU-T H.261 pada pengodean video dengan target telefoni video dan konferensi video. Standar MPEG-1 ini dirancang untuk memberikan solusi pengodean digital audiovisual secara lengkap untuk media penyimpanan digital seperti CD, DAT, drive optik dan cakram Winchester pada kecepatan < 1.5 Mbit/detik.

MPEG-2

Standar MPEG-2 atau ISO/IEC 13818 ini mendefinisikan solusi pengodean audiovisual terbaru dengan memfokuskan pada TV digital dan kualitas penyimpanan menengah dan tinggi (termasuk HDTV). MPEG-2 Video merupakan spesifikasi kerja sama MPEG pertama yang dipublikasikan sebagai ISO/IEC 13818 bagian 2 dan pada saat yang sama sebagai rekomendasi ITU-T H.262. Standar MPEG-2 ini pada akhir tahun 1995 ditetapkan sebagai standar pengodean sumber video dan audio untuk standar transmisi DVB-T. Di Amerika Serikat, FCC yang mengesahkan ATSC sebagai standar TV digital negaranya, menggunakan standar ini untuk pengodean video, sedangkan untuk pengodean audio menggunakan standar kompresi audio digital (AC3). Sedangkan

Jepang, yang mengembangkan standar TV digital sendiri yaitu ISDB-T juga menggunakan standar ini.



Gambar 2.5: Arsitektur pengodean MPEG-4 [Pereira, 2006]

MPEG-4

Standar MPEG-4 atau ISO/IEC 14496 yang diluncurkan pada tahun 1994, berkaitan dengan konsep dalam presentasi isi dari audiovisual maju yang ditawarkan yaitu model representasi berbasis obyek. Model berbasis obyek pada standar ini dapat digunakan untuk menutupi kekurangan yang ada pada model berbasis *frame* yang telah diadopsi oleh standar MPEG-1 dan MPEG-2. Dengan mengadopsi model berbasis obyek ini, MPEG-4 mengeluarkan pendekatan baru pada representasi isi multimedia dimana alur audiovisual diambil sebagai suatu komposisi dari obyek-obyek yang independen dengan pengodean, fitur dan perilaku sendiri. Gambar 2.5 memperlihatkan penyederhanaan arsitektur pengodean audiovisual berbasis obyek.

Arsitektur ini memungkinkan tersedianya kemampuan interaksi yang lebih banyak, otomatis, atau berdasarkan kebutuhan pengguna. Selain itu standar ini juga mampu beroperasi pada laju bit yang bervariasi dari komunikasi bergerak personal dengan laju bit yang rendah hingga produksi studio dengan kualitas tinggi. Salah satu standar TV digital yang menggunakan standar MPEG-4 adalah DVB-H.

MPEG-7

Standar MPEG-7 atau ISO/IEC 15938, diluncurkan pada tahun 1996 yang merupakan proyek MPEG yang disebut *Multimedia Content Description Interface* yang ditujukan untuk menentukan suatu standar cara menggambarkan berbagai jenis informasi audiovisual. Salah satu contoh tujuan standar ini adalah mengirim informasi latar belakang untuk suatu program siaran dengan bantuan struktur data berbasis XML dan HTML. Sebagai ilustrasi misalnya pada suatu aliran transpor MPEG-2, maka dapat direpresentasikan dalam bentuk grafis yang atraktif ke pengguna dan dilengkapi dengan fungsi-fungsi pencarian dengan suatu *set-top box* modern. Standar ini pertama kali digunakan pada MHP (*multimedia home platform*) suatu standar untuk *set-top box* dan dalam SAMBITS.

MPEG-21

Standar MPEG-21 atau ISO/IEC 21000, dikembangkan pada tahun 2000 dan terkadang disebut *Multimedia Framework*. Tujuan pengembangan standar ini adalah menyediakan *tool* atau metode untuk melengkapi semua standar MPEG lainnya, termasuk di dalamnya aplikasi-aplikasi berbasis *client-server*, *peer-to-peer*. Standar MPEG-21 merupakan salah satu standar yang mengacu pada manajemen dan melindungi hak-hak intelektual digital.

MPEG-A

Standar MPEG-A atau OSI/IEC 23000 diluncurkan pada tahun 2004. Standar ini sering disebut *Multimedia Application Formats* (MAF). Target definisi dari MAF ini berdasarkan super-format yang mengombinasikan *tools* yang telah didefinisikan sebagai standar-standar MPEG sebagai bagian dari standar ini. (Lihat gambar 2.6)

Dalam konteks siaran TV digital, standar ini belum begitu memiliki andil yang signifikan, tapi mempunyai potensi besar terutama dalam era konvergensi kelak. Karena standar ini mampu mengombinasikan *tools* yang telah distandarisasikan pada standar-standar sebelumnya. Salah satu contoh standar MAF yang telah selesai pada tahun 2006 adalah *Music Player* MAF.



Gambar 2.6: Konsep MAF [Pereira, 2006]

Tabel 2.2: Evolusi Standar MPEG

Standar	Deskripsi	Status
MPEG-1	Pengodean gambar bergerak dan suara dengan laju 1.5 Mbit/detik	Standar sejak tahun 1992
MPEG-2	Televisi digital (SDTV dan HDTV)	Standar sejak tahun 1993
MPEG-3	Hanya sementara	Tidak dapat diaplikasikan
MPEG-4	Pengodean obyek-obyek audio visual	Standar sejak tahun 1999
MPEG-7	Multimedia Content Description Interface	Standar sejak tahun 2001
MPEG-21	Kerangka kerja Multimedia	Standar sejak tahun 2003
MPEG-A	Format Aplikasi multimedia	Dipublikasikan tahun 2004

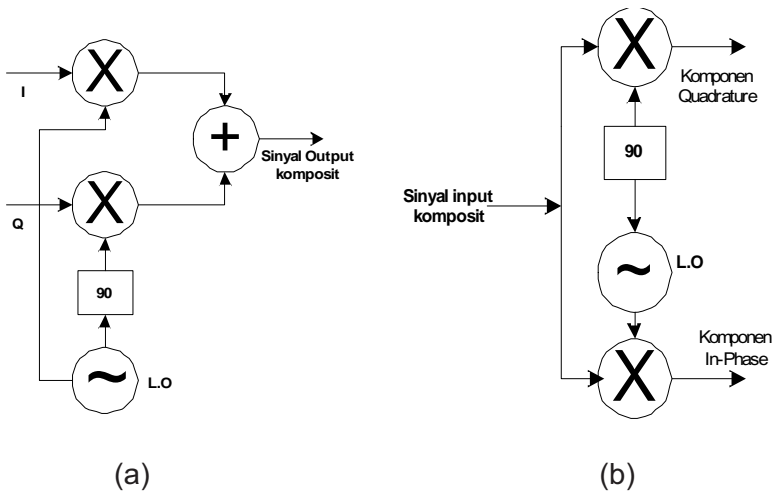
Sumber: [Fischer, 2004],[Pereira, 2006], [Kratochvil, 2004].

2.4. Modulasi Digital

Modulasi digital mudah dilakukan dengan modulator I/Q. Kebanyakan modulasi digital memetakan data ke sejumlah titik diskrit pada suatu bidang I/Q, yang disebut titik-titik konstelasi. Perpindahan dari satu titik ke titik yang lain secara bersamaan dihasilkan modulasi amplitudo dan modulasi fasa. Untuk mengatasi masalah ini dengan menggunakan sebuah modulator amplitudo dan sebuah modulator fasa akan sulit dan kompleks. Cara ini mungkin bisa juga dengan menggunakan suatu modulator fasa konvensional. Sinyal mungkin akan mengitari asalnya dengan satu arah terus-menerus, yang memerlukan kemampuan pergeseran fasa yang tak berhingga. Sebagai alternatif, untuk memodulasi amplitudo dan fasa akan lebih mudah apabila menggunakan I/Q Modulator. I dan Q mengontrol sinyal-sinyal yang diikat tetapi membungkus fase tak berhingga mungkin dengan fasa yang sesuai dengan sinyal-sinyal I dan Q.

2.4.1. IQ Modulator

Diagram-diagram I/Q berguna karena diagram ini mencerminkan cara sinyal-sinyal komunikasi digital dibuat dengan menggunakan suatu modulator I/Q. Pada pemancar, sinyal-sinyal I dan Q dicampur dengan osilator lokal (local oscillator- LO). Suatu



Gambar 2.7: IQ (a) Modulator (b) Demodulator

penggeser fasa 90 derajat ditempatkan pada salah satu jalur LO. Sinyal-sinyal yang dipisahkan 90 derajat disebut dengan *in quadrature* atau yang saling tegak lurus. Sinyal-sinyal *in quadrature* tidak akan berinterferensi dengan sinyal lainnya. Kedua sinyal ini merupakan komponen sinyal yang bebas. Pada saat dikombinasikan kedua sinyal ini akan dijumlahkan menjadi suatu sinyal *output* komposit. Ada dua sinyal bebas dalam I dan Q yang dapat dikirimkan dan diterima dengan rangkaian sederhana. Ini menyederhanakan dalam mendesain radio digital. Keuntungan dari modulasi I/Q adalah kemudahan dalam mengombinasikan komponen-komponen sinyal bebas ke dalam suatu sinyal komposit tunggal dan selanjutnya membaginya ke dalam bagian komponen bebasnya.

2.4.2. IQ Demodulator

Sinyal komposit dengan informasi besaran dan fasa (I dan Q) sampai di-*input* penerima. Sinyal *input* dicampur dengan sinyal osilator lokal pada suatu frekuensi pembawa dalam dua bentuk sinyal. Satu sinyal pada fasa nol. Sinyal yang lain memiliki pergeseran fase sebesar 90 derajat. Sinyal *input* komposit dipecah menjadi *in-phase*, I, dan suatu komponen *quadrature*, Q. Kedua komponen sinyal adalah bebas dan saling tegak lurus. Satu sinyal dapat diubah tanpa mengganggu sinyal yang lain. Pada umumnya, informasi tidak dapat diplotkan pada suatu format *polar* (kutub) dan diinterpretasikan kembali sebagai nilai persegi tanpa melakukan konversi dari *polar* ke persegi. Konversi ini sama dengan yang dilakukan oleh proses penyampuran *in-phase* dan *quadrature* pada radio digital. Penggeseran fasa dan dua *mixer* pada osilator lokal dapat melakukan konversi secara akurat dan efisien.

Laju bit dan laju simbol

Untuk lebih memahami dan membandingkan efisiensi format modulasi yang berbeda, pembaca perlu memahami terlebih dahulu perbedaan antara laju bit dan laju simbol. Lebar pita sinyal untuk kanal komunikasi yang dibutuhkan tergantung pada laju simbol dan bukan pada laju bit dari suatu sistem.

Laju bit merupakan frekuensi dari suatu sistem aliran bit (*bit stream*).

Sebagai ilustrasi, suatu radio dengan penyampel 8 bit dengan penyamplingan pada 10 kHz untuk percakapan. Laju bit, laju aliran bit dasar untuk ini adalah 8 bit dikalikan dengan 10000 sampel detik atau 80 Kbit per detik. Sedangkan laju simbol adalah laju bit dibagi dengan jumlah bit yang dapat dikirimkan pada setiap simbol. Bila satu bit dikirim per simbol maka laju simbol akan sama dengan besar laju bitnya yaitu 80 Kbit per detik. Jika dua bit dikirim per simbolnya, misal dalam QPSK, maka laju simbol akan menjadi setengah dari laju bitnya atau hanya 40 Kbit per detik. Laju simbol sering disebut laju baud.

Persyaratan Spektrum

Sebagai contoh dari bagaimana laju simbol memengaruhi persyaratan spektrum dapat dilihat pada *8-Phase Shift Keying (8-PSK)*. Ada 8 kondisi yang mungkin dimana sinyal dapat bertransisi pada setiap saat. Fasa sinyal dapat mengambil delapan nilai pada setiap waktu simbol. Karena $2^3 = 8$, ada 3 bit per simbolnya. Hal ini berarti laju simbol sepertiga dari laju bitnya. Oleh karena itu relatif mudah untuk mendekodekannya.

Clock symbol

Clock symbol merepresentasikan frekuensi dan pewaktu sebenarnya dari pengiriman simbol individu. Pada transisi *clock symbol*, pembawa yang dikirim adalah pada nilai I/Q yang benar untuk merepresentasikan simbol khusus (titik tertentu pada konstelasi).

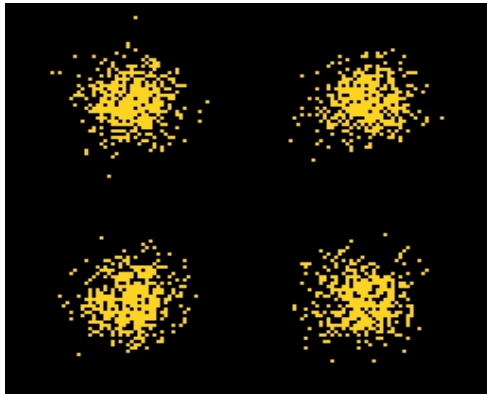
2.4.3. Teknik Modulasi QPSK, QAM, dan OFDM

Pada sistem penyiaran TV digital digunakan teknik modulasi digital QPSK, QAM dan OFDM yang akan dijelaskan sebagai berikut ;

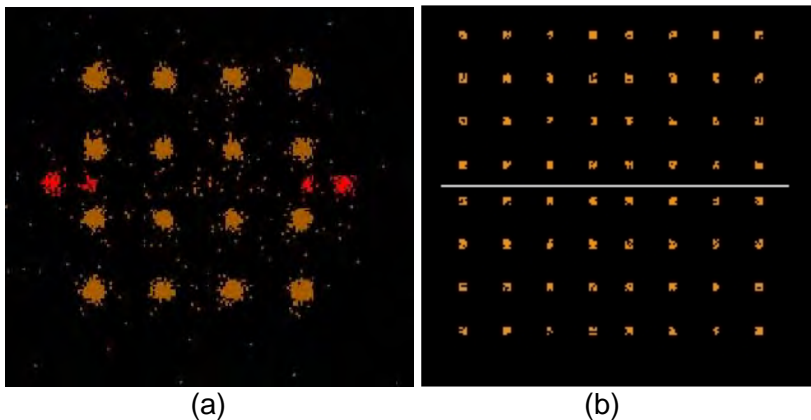
Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Jenis fasa modulasi yang umum adalah QPSK. Jenis modulasi ini paling banyak digunakan pada aplikasi-aplikasi termasuk layanan seluler CDMA (*Code Division Multiple Access*), WLL (*Wireless Local Loop*), Iridium (suatu sistem satelit *voice/data*)

dan DVB-S (*Digital Video Broadcasting - Satellite*). Quadrature berarti bahwa sinyal bergeser antara kondisi fasa yang dipisahkan sebesar 90 derajat. Sinyal bergeser dengan kenaikan sebesar 90 derajat dari 45 ke 135, -45, atau -135 derajat. Titik-titik ini dipilih sebagaimana titik ini dapat diimplementasikan dengan mudah, dengan menggunakan sebuah modulator I/Q. Hanya dua nilai I dan dua nilai Q diperlukan, dan ini memberikan 2 bit per simbolnya. Di sini ada 4 kondisi karena $2^2 = 4$. Oleh karena itu, QPSK merupakan jenis modulasi yang memiliki lebar pita yang efisien bila dibandingkan dengan BPSK.



Gambar 2.8: Konstelasi QPSK
(hasil pengukuran dengan Pixelmetrix)



Gambar 2.9: Konstelasi (a) 16-QAM (b) 64-QAM
(hasil pengukuran dengan Pixelmetrix)

Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Jenis modulasi digital lainnya adalah QAM, yang digunakan pada aplikasi-aplikasi, seperti radio digital gelombang mikro, DVB-C (*Digital Video Broadcasting - Cable*) dan modem. Pada *16-state Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM), ada 4 nilai I dan 4 nilai Q . Sehingga total kondisi sinyal yang mungkin adalah 16. Hal ini dapat transisi dari kondisi apa saja ke kondisi lainnya pada setiap *clock symbol*. Karena $16 = 2^4$, atau 4 bit per simbol dapat dikirim. Bit-bit ini terdiri dari 2 bit untuk I dan 2 bit untuk Q . Laju simbolnya adalah $\frac{1}{4}$ dari laju bit-nya. Sehingga format modulasi ini menghasilkan suatu transmisi yang secara spektrum lebih efisien, dibandingkan dengan BPSK, QPSK, 4-QAM atau 8-PSK.

Variasi lain dari QAM adalah 32-QAM. Dalam hal ini ada 6 nilai I dan 6 nilai Q yang menghasilkan 36 kondisi yang mungkin ($6 \times 6 = 36$). Sehingga 4 kondisi simbol yang mengambil sebagian besar daya untuk mengirim diabaikan. dengan ini maka akan mengurangi jumlah daya puncak pemancar yang harus dibangkitkan. Karena $2^5 = 32$, ada lima bit per simbol dan laju simbol adalah $\frac{1}{5}$ dari laju bit-nya.

Selain itu ada variasi lain QAM yaitu 64-QAM. Saat ini batas untuk QAM adalah 256-QAM, dan tahap pengembangan berikutnya adalah agar batas dapat dinaikkan hingga 512 atau 1024 QAM. Sistem 256-QAM menggunakan 16 nilai I dan 16 nilai Q yang menyediakan 256 kondisi yang mungkin. Karena $2^8 = 256$, maka setiap simbol dapat merepresentasikan 8 bit. Sinyal 256-QAM yang dapat mengirim 8 bit per simbol sangatlah efisien. Akan tetapi karena simbol-simbol tersebut sangat berdekatan maka dimungkinkan terjadi kesalahan berupa derau dan distorsi. Sinyal-sinyal ini membutuhkan daya yang relatif besar, karena itu akan mengurangi efisiensi dayanya bila dibandingkan dengan skema yang lebih sederhana.

Berikut adalah ilustrasi untuk membandingkan efisiensi penggunaan lebar pita bila menggunakan modulasi 256-QAM dan BPSK. BPSK menggunakan 80 Kilosimbol/detik untuk mengirim 1 bit per simbol. Sedangkan sistem yang menggunakan 256-QAM mengirim 8 bit per simbol sehingga laju simbolnya adalah 10

Kilosimbol/detik. Sistem 256-QAM memungkinkan jumlah informasi yang sama dikirim sebagai suatu BPSK dengan menggunakan hanya 1/8 dari lebar pita. Jadi 8 kali lebih efisien dalam penggunaan lebar pita. Tetapi sistem akan lebih kompleks dan lebih mungkin mengalami kesalahan karena derau dan distorsi. Laju kesalahan sistem QAM pada orde yang lebih tinggi menurun lebih cepat bila dibandingkan dengan QPSK apabila ada derau dan interferensi. Dengan demikian penurunan ini akan menghasilkan sistem dengan BER (*Bit Error Rate*) yang lebih tinggi.

Pada semua sistem modulasi digital, apabila sinyal input terdistorsi atau mengalami peredaman maka penerima akan mengalami kehilangan *clock symbol*. Apabila penerima tidak dapat memperbaiki *clock symbol*, maka penerima tidak akan dapat mendemodulasi sinyal atau tidak dapat menerima informasi apapun. Dengan sedikit penurunan, *clock symbol* dapat diperbaiki, tetapi akan *noisy* dan lokasi simbolnya juga *noisy*. Dalam beberapa kasus, simbol akan turun jauh dari posisi yang diharapkan dan akan mengganggu posisi yang didekatnya. Detektor level I dan Q yang digunakan dalam demodulator akan diinterpretasikan berbeda yang menyebabkan kesalahan bit. QPSK tidak efisien, tapi pada modulasi ini kondisi saling berjauhan dan sistem dapat

Tabel 2.3: Limit efisiensi lebar pita secara teori

Format Modulasi	Limit Efisiensi lebar pita
BPSK	1 bit/detik/Hz
QPSK	2 bit/detik/Hz
8-PSK	3 bit/detik/Hz
16-QAM	4 bit/detik/Hz
32-QAM	5 bit/detik/Hz
64-QAM	6 bit/detik/Hz
256-QAM	8 bit/detik/Hz

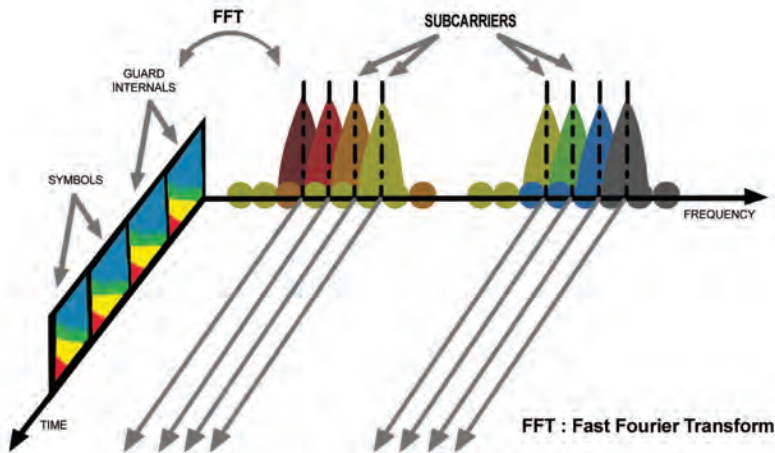
mentoleransi lebih banyak derau sebelum mengalami kesalahan simbol. QPSK tidak memiliki kondisi intermediasi antara lokasi 4 simbol sehingga sedikit peluang bagi demodulator salah dalam menginterpretasikan simbol. QPSK memerlukan daya pemancar lebih rendah dibandingkan dengan QAM untuk memperoleh BER yang sama.

Limit efisiensi lebar pita secara teori

Efisiensi lebar pita menggambarkan seberapa efisien lebar pita yang dialokasikan dimanfaatkan, atau kemampuan skema modulasi mengakomodasi data pada lebar pita yang terbatas. Tabel 2.3 memaparkan batas/limit efisiensi lebar pita secara teori untuk beberapa jenis modulasi.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM merupakan teknik modulasi *multi-carrier* yang digunakan oleh beberapa standar nirkabel masa depan, seperti TV digital, *Wireless LAN*, Metropolitan Area Networks, dan seluler. Dengan OFDM, data yang telah dimodulasi ditransmisikan secara paralel melalui *sub-carrier-sub-carrier*. Konsep dasar OFDM ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 : Konsep dasar OFDM.

Dengan cara ini, tiap *sub-carrier* menduduki lebar spektrum yang sempit, dan kondisi kanal hanya memengaruhi amplitudo dan fasa dari *sub-carrier*. Oleh sebab itu, untuk mengatasi *frequency-selective fading* lebih mudah dilakukan pada OFDM karena hanya diperlukan kompensasi dari amplitudo dan fasa dari tiap *sub-carrier*. Pemrosesan sinyal dari OFDM juga relatif mudah karena hanya diperlukan dua FFT (*Fast Fourier Transform*), masing-masing satu di pemancar (modulator) menggunakan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dan penerima (demodulator) menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*).

Salah satu kekurangan dari OFDM adalah pada rasio daya *peak-to-average*, walau modulasi yang sederhana seperti QPSK dilakukan pada *sub-carrier*. Hal ini disebabkan karena daya sinyal yang ditransmisikan merupakan penjumlahan daya dari banyak *sub-carrier* sehingga berdampak pada biaya dari penguat daya (*power amplifier*).

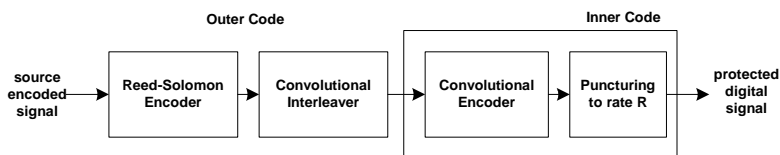
2.4.4. Error Coding (Pengodean Kesalahan)

Pengodean kesalahan dalam sistem digital digunakan untuk mengurangi kesalahan baik pada sisi pengirim maupun penerima pada sistem dengan modulasi *carrier* tunggal atau modulasi dengan banyak *carrier*. Pada gambar 2.11. diperlihatkan dua level pendekatan pengodean FEC (*Forward Error Correction*) pada transmisi DVB yaitu suatu pengodean modulasi “*inner*” dan suatu kode perbaikan kesalahan simbol “*outer*”. Selain itu juga digunakan *interleaver* dan *de-interleaver* untuk mengeksplorasi kemampuan koreksi kesalahan dari kode FEC.

Penyedia layanan video kabel, satelit dan terestrial menggunakan modulator televisi digital (DTV) untuk mengubah program-program video (termasuk video, audio, dan data tambahan) ke dalam suatu format yang dapat dipancarkan melalui media yang ada. Modulator menerima data sebagai suatu aliran transpor program tunggal (*Single Program Transport Stream - SPTS*) atau banyak program (*Multi Program Transport Stream - MPTS*), dikirimkan melalui penyiaran video digital (DVB) ASI (*Asynchronous Serial Interface*) pada kecepatan 270 Mb/detik. Aliran transpor (*Transport Stream -*

TS) meliputi input audio, video, and data *ancillary* yang telah dikodekan dengan skema kompresi seperti *MPEG-2*.

Modulator DTV melakukan pengodean FEC dan memetakan data biner ke dalam skema modulasi yang sesuai untuk disiarkan. Gambar 2.10. menunjukkan kode-kode FEC pada transmisi DVB. Contoh skema modulasi yang digunakan untuk penyiaran TV digital seperti yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya adalah : *quadrature amplitude modulation (QAM)*, *quadrature phase shift keying (QPSK)*, *coded orthogonal frequency division multiplexing (COFDM)*, dan *vestigial sideband (VSB)*.



Gambar 2.11: Kode-kode FEC pada transmisi DVB [Kratochvil, 2004]

Semua modulator yang digunakan pada sistem penyiaran digital tersebut harus menyediakan beberapa bentuk pengodean FEC dan selanjutnya memetakan ke dalam skema modulasi yang sesuai untuk penyiaran. Pada gambar dibawah ini diperlihatkan proses pengodean pada transmisi DVB.

Pada siaran terestrial yang menggunakan modulasi COFDM seperti yang digunakan pada beberapa negara yang mengimplementasikan DVB-T, data pada COFDM didistribusikan menggunakan beberapa frekuensi *carrier* yang saling ortogonal satu sama lain. Modulasi COFDM ini mempunyai antarmuka *baseband* untuk menerima MPEG-TS. Sistem ini menerapkan pengodean teknik-teknik *Reed Solomon* dan *Viterbi* untuk menyediakan FEC dan melakukan penyisipan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan. Kemudian data dipetakan QAM ke sinyal dan dikonversikan lagi.

Coded OFDM – COFDM

Coded OFDM, atau COFDM merupakan suatu istilah yang digunakan untuk suatu sistem dimana pengodean kontrol kesalahan dan proses modulasi OFDM dilakukan bersamaan [Stott, 1998]. Langkah penting pada suatu sistem COFDM adalah menyisipkan dan mengodekan bit-bit sebelum ke masuk IFFT. Langkah ini dimaksudkan untuk mengambil bit-bit terdekat pada data sumber dan menyebarkannya menggunakan *subcarrier* yang banyak. Satu atau lebih *subcarrier* mungkin hilang atau rusak karena nol frekuensi dan kehilangan ini akan menyebabkan suatu aliran berdampingan (*contiguous stream*) dari kesalahan-kesalahan bit. Kesalahan-kesalahan ini biasanya sulit untuk diperbaiki. Penyisipan pada pemancar menyebarkan kesalahan-kesalahan ini sehingga kesalahan bit menduduki sebagian dari waktu. Spasi ini mempermudah dekoder untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan.

Langkah penting lainnya pada sistem COFDM adalah menggunakan informasi kanal dari respon ekualiser untuk menentukan keandalan dari bit yang diterima. Nilai-nilai dari respon ekualiser digunakan untuk memperkirakan kekuatan dari *subcarrier* yang diterima. Sebagai contoh, jika respon ekualiser memiliki nilai yang besar pada frekuensi tertentu, maka hal ini akan sesuai dengan nol frekuensi pada titik tersebut pada suatu kanal. Respon ekualiser akan mempunyai nilai yang besar pada titik tersebut karena berusaha untuk mengompensasi sinyal lemah yang diterima. Keandalan informasi ini diteruskan ke blok-blok pengodean sehingga bit-bitnya sesuai ketika melakukan proses pendekodean. Pada kondisi nol frekuensi bit-bit akan ditandai dengan "*low confidence*" dan bit-bit ini kandungannya tidak sebesar bit dari *subcarrier* yang kuat. Sistem COFDM mampu untuk memberikan kinerja yang bagus pada kanal-kanal frekuensi terpilih karena mengombinasikan kelebihan dari modulasi *multicarrier* dan pengodean.

Sistem Penyiaran TV Digital ATSC dan DVB-T

3.1. Sistem ATSC

Advanced Television Systems Committee merupakan standar yang dibuat dan pertama kali digunakan di Amerika Serikat untuk sistem televisi digital. Standar TV digital ATSC diberlakukan sejak 16 Desember 1995 dengan dirilisnya dokumen A/53 tentang Standar Televisi Digital oleh ATSC.

ATSC sendiri adalah sebuah organisasi non-profit yang dibentuk pada 1982 yang bertugas mengembangkan standar-standar teknis untuk semua aspek dari televisi digital. Anggota ATSC terdiri dari industri penyiaran, peralatan penyiaran, video, elektronik, komputer, kabel, satelit, semikonduktor. Standar televisi digital ATSC juga meliputi *High Definition Television*, *Standar Definition Television*, penyiaran data, audio multikanal, dan penyiaran satelit ke rumah secara langsung [ATSC 2007].

Pada 1987, ketika industri siaran di AS meminta FCC (*Federal Commission on Communications*) untuk mempelajari permasalahan seputar teknologi maju di bidang televisi dan kemungkinan dampaknya terhadap layanan siaran TV, khalayak umum masih menganggap mustahil menyiarkan HDTV melalui

kanal TV terestrial 6 MHz seperti yang digunakan oleh siaran TV analog berstandar NTSC. Namun perkembangan penting terjadi sekitar 1993 ketika tiga kelompok riset yang mengembangkan sistem TV digital secara terpisah sepakat untuk bersinergi dengan mengambil nama *Digital HDTV Grand Alliance* dan memilih sistem yang terbaik dari hasil riset mereka. Tiga kelompok riset ini adalah kelompok pertama terdiri atas AT&T dan Zenith Electronics, kelompok kedua adalah kerja sama General Instrument dan MIT, serta yang ketiga adalah kolaborasi Philips, Thomson, dan David Sarnoff Research Center. Grand Alliance ini kemudian diangkat sebagai penyedia informasi utama oleh ATSC dalam melaksanakan tugasnya.

Secara spesifik, ATSC menyusun standar-standar televisi untuk media komunikasi yang berbeda terutama pada televisi digital, sistem interaktif, dan komunikasi multimedia pita lebar. ATSC juga mengembangkan strategi implementasi televisi digital dan menyelenggarakan seminar terkait dengan standar ATSC.

Standar ATSC kemudian diadopsi oleh beberapa negara, di antaranya Kanada (1997), Korea Selatan (1997), Taiwan (1998), dan Argentina (1998) [McDowell 2002]. Hal ini terutama terjadi sejak organisasi ATSC berubah dari suatu organisasi nasional menjadi internasional pada 1996. ATSC sendiri tetap bekerja sampai saat ini untuk mengembangkan standar-standar suplemen untuk TV digital dan ikut terjun meninjau masalah-masalah implementasi.

Isi dokumen A/53 yang mendasari materi bab ini dapat diperoleh secara lengkap di situs ATSC, <http://www.atsc.org>. Pembahasan dalam bab ini didasarkan pada versi 2007 tertanggal 3 Januari 2007 [ATSC 2007] dibagi ke dalam 6 bagian yang mencerminkan konsep modularitas sistem, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1.

3.1.1. Overview Sistem

Standar ATSC mendefinisikan suatu sistem yang didesain untuk transmisi video dan audio kualitas tinggi serta data melalui suatu kanal radio selebar 6 MHz. Sistem tersebut mampu mengantarkan

Tabel 3.1: Bagian-bagian Dokumen A/53

Bagian	Modul	Posisi pada versi sebelumnya
1	Sistem	Annex F
2	Karakteristik Sistem Transmisi/ RF	Annex D
3	Karakteristik Subsistem Multiplex Layanan dan Transpor	Annex C
4	Karakteristik Sistem Video MPEG-2	Annex A
5	Karakteristik Sistem Audio AC-3	Annex B
6	Sistem Audio Efisiensi Tinggi	Annex G

sekitar 19 Mbps *throughput* melalui kanal siaran terestrial yang hanya selebar 6 MHz, dan sekitar 38 Mbps melalui kanal TV kabel selebar 6 MHz. Artinya, untuk mengompresi video yang beresolusi sampai 5 kali lebih tinggi dari TV konvensional (standar NTSC) diperlukan reduksi bit *rate* sampai 50 kali atau lebih. Untuk tujuan tersebut, sistem ini telah dirancang agar mampu memanfaatkan kapasitas kanal secara efisien dengan menerapkan teknologi kompresi video dan audio yang kompleks, sambil tetap menjaga tingkat kualitas.

Sistem televisi digital ATSC menggunakan MPEG-2 untuk pengodean video dan *Digital Audio Compression* (AC-3) untuk pengodean audio. Sinyal yang berasal dari beberapa sumber yang telah melalui pengodean sumber dan kanal memodulasi gelombang pembawa dengan teknik modulasi VSB (*Vestigial Sideband*). Subsistem modulasi menawarkan dua *mode*: *mode* siaran terestrial (8-VSB) dan *mode* laju data tinggi (16-VSB). Berbeda dengan standar TV digital lainnya yang pada umumnya berbasis sistem modulasi *multicarrier* OFDM, maka sistem transmisi ATSC bertumpu pada sistem VSB yang menggunakan frekuensi *carrier* tunggal.

3.1.2. Subsistem Pengodean Sumber dan Kompresi

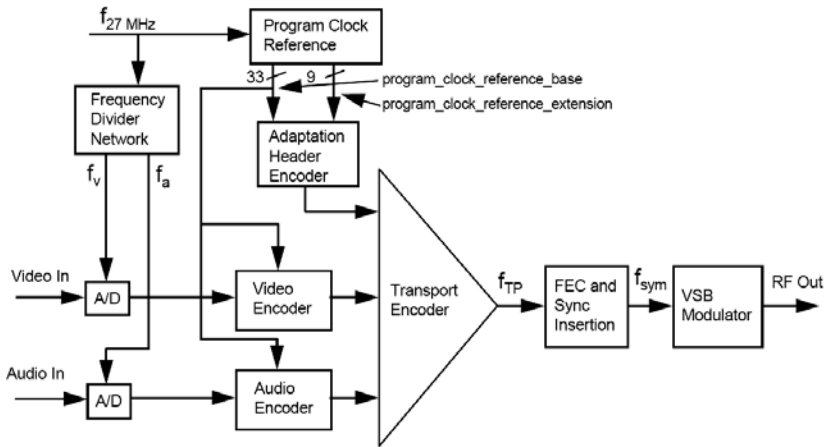
-Video

MPEG-2 dibakukan sebagai teknik kompresi video untuk standar sistem TV digital ATSC, dengan karakteristik yang dijelaskan secara rinci pada Bagian 4 dari dokumen A/53 versi 2007. Gambar 3.1 mengilustrasikan perangkat pengode video. Segmen pengodean sumber yang pada gambar diwakili oleh adanya pengode video, audio, dan transpor, menggunakan frekuensi yang semuanya diturunkan dari frekuensi *clock* dasar sebesar 27 MHz. *Clock* ini digunakan untuk membangkitkan sampel 42 bit dari frekuensi yang dipartisi menjadi dua bagian sesuai spesifikasi MPEG-2, yaitu 33 bit program *clock reference base* dan 9 bit program *clock reference extension*. Yang pertama setara dengan sampel dari *clock* 90 kHz yang terkunci terhadap *clock* 27 MHz dan digunakan oleh pengode sumber audio dan video ketika mengodekan PTS (*Presentation Time Stamp*) dan DTS (*Decode Time Stamp*). *Clock* untuk audio dan video, berturut-turut dinyatakan sebagai f_a dan f_v , juga terkunci terhadap *clock* 27 MHz dengan syarat kondisi berupa adanya dua pasang bilangan bulat (n_a, m_a) dan (n_v, m_v) sedemikian hingga $f_a = n_a/m_a \cdot 27$ MHz dan $f_v = n_v/m_v \cdot 27$ MHz.

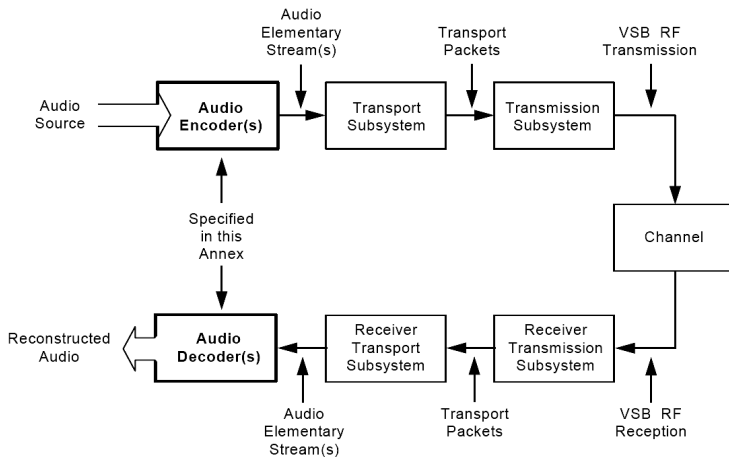
Terdapat sejumlah standar produksi perangkat TV yang mendefinisikan format video yang berkaitan dengan format kompresi yang ditentukan oleh ATSC, yaitu:

- a. SMPTE 274M
- b. SMPTE 296M
- c. ITU-R BT.601-5

Format kompresi dapat ditentukan dari satu atau lebih format *video input*. Sedangkan algoritma kompresi video untuk TV digital harus mengikuti *syntax* pada *Main Profile* ISO/IEC 13818-2.



Gambar 3.1: Ilustrasi perangkat pengompresi video



Gambar 3.2: Subsistem audio

-Audio

Standar ATSC menetapkan penggunaan sistem AC-3 sebagai standar kompresi audio yang ditentukan dalam dokumen ATSC A/52 dengan karakteristik yang dijabarkan pada Bagian 5 dokumen A/53 versi 2007. Gambar 3.2 mengilustrasikan subsistem audio pada sistem TV digital ATSC. Subsistem ini terdiri dari pengode/pendekode audio yang menempati posisi di antara jalur *input/*

Tabel 3.2: Jenis-jenis layanan audio ATSC

Kode bsm od	Jenis layanan	Kategori	Keterangan
0	<i>complete main</i> (CM)	<i>Main audio</i>	Layanan normal, memiliki program audio lengkap (dialog, musik, dan efek), serta dapat membawa kanal 1 sampai 5.1.
1	<i>music and effects</i> (ME)	<i>Main audio</i>	Memiliki program audio musik dan efek, sedangkan dialog dapat disuplai oleh layanan D.
2	<i>visually impaired</i> (VI)	<i>Associated</i>	Kanal audio tunggal yang biasanya berisi deskripsi naratif dari isi program visual.
3	<i>hearing impaired</i> (HI)	<i>Associated</i>	Kanal audio tunggal yang hanya berisi dialog yang direproduksi bersamaan dengan layanan CM. Dialog telah mengalami pemrosesan untuk meningkatkan inteligibilitas bagi pelanggan dengan keterbatasan pendengaran.
4	<i>dialogue</i> (D)	<i>Associated</i>	Berisi dialog program yang digunakan bersama layanan ME. Layanan ini dapat menyediakan dialog dalam berbagai bahasa.
5	<i>commentary</i> (C)	<i>Associated</i>	Mirip dengan D, tetapi hanya membawa audio komentar program.

6	<i>emergency</i> (E)	<i>Associated</i>	Layanan kanal tunggal yang ditujukan untuk penyisipan pengumuman darurat atau prioritas tinggi. Perangkat pendekode yang mendeteksi aktifnya layanan E akan menghentikan layanan utama dan hanya mereproduksi layanan E.
7	<i>voice-over</i> (VO)	<i>Associated</i>	Layanan kanal tunggal yang memungkinkan <i>voice-over</i> dilakukan pada aliran audio elementer tanpa perlu pendekodean kembali ke <i>baseband</i> .

output audio dan subsistem transpor. Pengode audio berfungsi membangkitkan aliran audio elementer yang merupakan hasil pengodean dari sinyal *input* audio *baseband* aslinya. Pada penerima, subsistem audio mendekode aliran audio elementer ini kembali ke audio *baseband*.

Sistem audio membawa audio digital yang disampel pada frekuensi 48 kHz, yang diperoleh dari *clock* 27 MHz dengan faktor pengali $n_a/m_a = 2/1125$. Layanan audio utama (*main audio service*) dikodekan dengan laju bit 448 kbps atau kurang. Sedangkan audio kanal tunggal yang berkaitan dengan layanan tambahan (*associated service*) berisi elemen program tunggal dikodekan dengan laju 128 kbps atau kurang. Layanan tambahan dua kanal yang hanya berisi dialog dikodekan dengan laju 192 kbps atau kurang. Sedangkan kombinasi laju bit untuk layanan *main* dan *associated* yang akan diterima bersamaan harus kurang dari atau sama dengan 576 kbps. Jenis-jenis layanan audio ini ditabelkan sebagai berikut:

3.1.3. Sistem Multiplex Layanan dan Transpor

Protokol dan format transpor untuk ATSC adalah bagian kompatibel dalam spesifikasi MPEG-2 yang didefinisikan dalam ISO/IEC 13818-1. Format ini berbasis pada pendekatan aliran transpor dengan panjang paket yang tetap yang telah dioptimasi untuk siaran TV digital.

Subsistem transpor terletak di antara fungsi pengode/pendekode dan subsistem transmisi. Subsistem transpor pada pengode berfungsi memformat aliran elementer hasil pengodean dan *multiplex* berbagai komponen program untuk kemudian ditransmisikan. Pada penerima, aliran elemen tersebut dibentuk kembali untuk kemudian diteruskan ke pendekode. Subsistem transpor juga menjalankan fungsi lapisan protokol yang lebih tinggi yang berkaitan dengan sinkronisasi perangkat penerima.

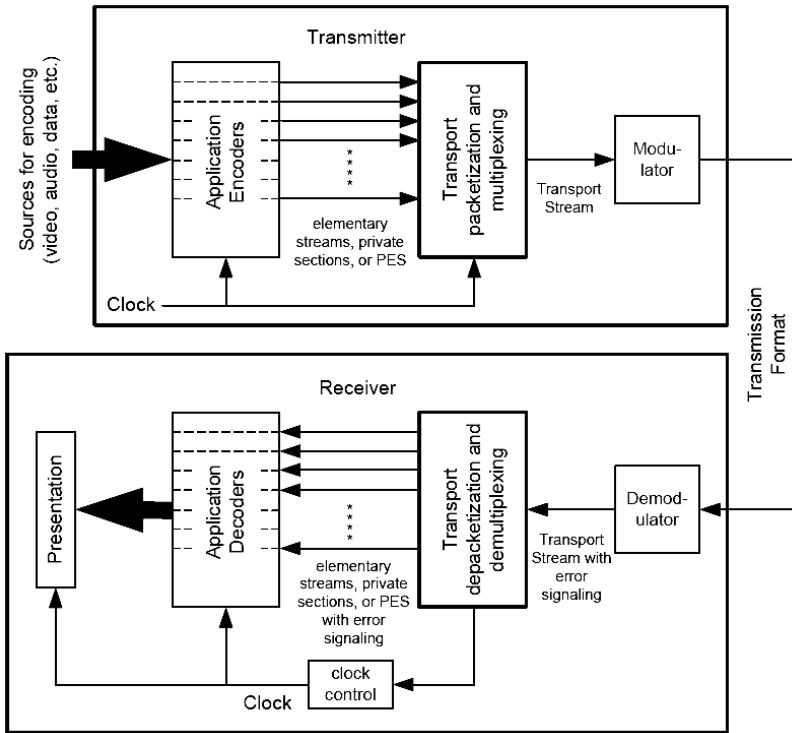
Proses *multiplex* berlangsung dalam dua lapis. Pada lapis pertama, aliran-aliran transpor program terbentuk dengan *multiplex* paket-paket *Transport Stream* (TS) dari satu atau lebih *Packetized Elementary Stream* (PES). Di lapis kedua, satu atau lebih aliran transpor program tunggal yang terbentuk di lapis pertama dikombinasi menjadi *multiplex* program-program. PSI (*Program Specific Information*) yang dimiliki paket-paket TS menentukan identifikasi program-program dan komponen-komponen dalam tiap program. Keluaran dari subsistem transpor adalah TS MPEG-2 yang terdefinisi pada laju konstan T_r Mbps jika ditransmisikan dengan sistem 8-VSB, di mana T_r dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_r = 2 \cdot (188/208) \cdot (312/313) \cdot (684/286) \cdot 4,5 \\ = 19,39... \text{ Mbps}$$

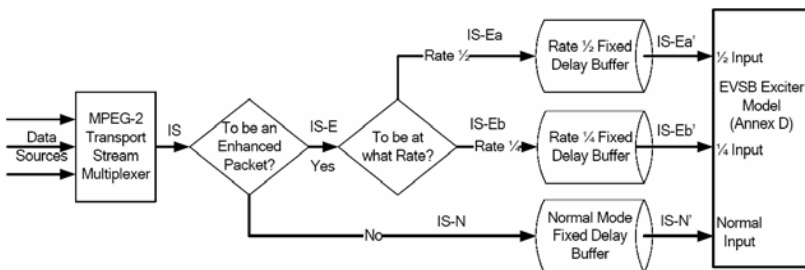
Sedangkan laju simbol S_r (MSps atau megasimbol per detik) adalah:

$$S_r = (684/286) \cdot 4,5 = 10,76... \text{ MSps}$$

Gambar 3.4 menunjukkan model *head-end* pada pemancar yang menghubungkan IS (*Input Stream*) yaitu keluaran dari subsistem transpor dengan sistem transmisi. Pada model digambarkan bahwa pemancar dapat menerima tiga IS, yaitu masing-masing untuk paket-paket TS yang dikirimkan melalui *Main Service* (IS-



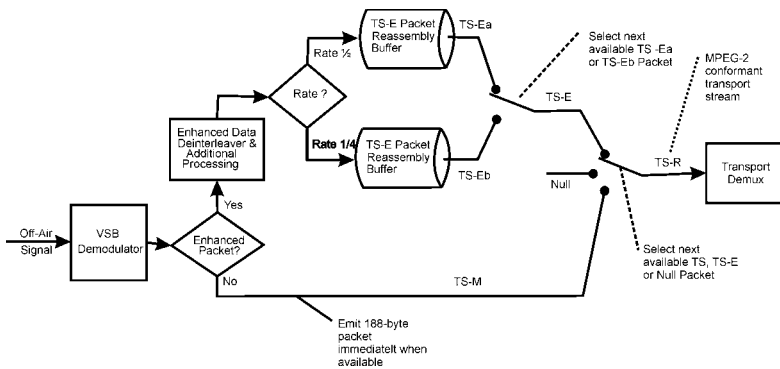
Gambar 3.3: Organisasi fungsional pada sepasang pemancar dan penerima untuk program tunggal



Gambar 3.4: Model referensi head-end

N) atau *Enhanced* (IS-Ea jika diinginkan laju 1/2 atau IS-Eb jika diinginkan laju 1/4). Setiap saat hanya satu dari tiga *input* tersebut yang dapat diambil oleh paket TS. Keputusan tentang salah satu di antara tiga aliran yang akan diambil ditentukan oleh isi PID pada setiap paket TS.

Gambar 3.5 menunjukkan model referensi penerima (*reference receiver*) yang menghubungkan demodulator VSB dan subsistem transpor. Seperti halnya model *head-end* untuk pemancar, pada *reference receiver* tidak mungkin terjadi pengiriman data pada



Gambar 3.5: Model Referensi Renerima

lebih dari satu sumber (TS-Ea, TSEb, atau TS-M). Namun jika pada suatu saat tidak satu pun data tersedia, *reference receiver* akan menyisipkan paket *null* untuk menjaga laju paket tetap konstan pada 19,39 Mbps.

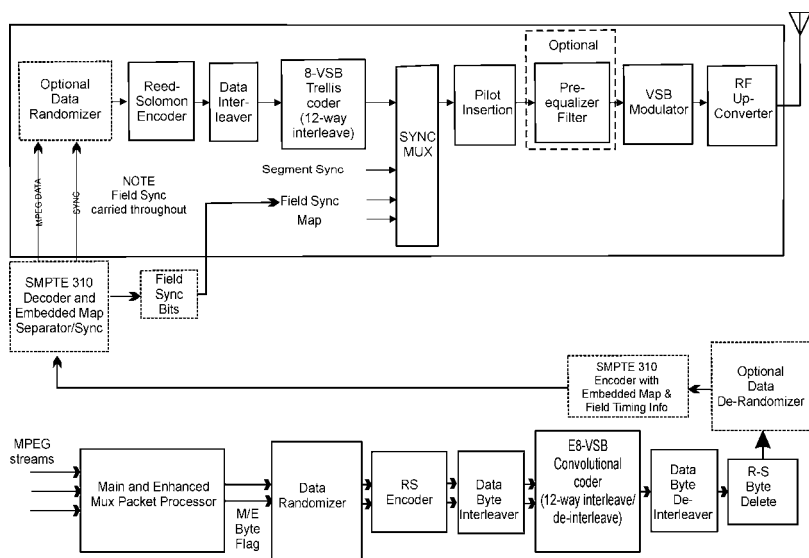
3.1.4. Sistem transmisi

8-VSB untuk siaran terestrial dan 16-VSB untuk laju data tinggi. Metode 8-VSB terdefinisi oleh sekelompok elemen pokok dan berbagai elemen opsional. Elemen pokok ini disebut sebagai *main mode* dan meliputi antara lain sistem FEC (*Forward Error Control*) dan *training sequence* yang digunakan untuk melindungi data layanan utama. Yang termasuk elemen opsional adalah lapisan FEC tambahan sebelum tahap modulasi yang kemudian disebut *Enhanced* 8-VSB atau E8-VSB. Tersedia pula sejumlah opsi laju pengodean dan *payload assignment*.

Dengan demikian sistem 8-VSB pada ATSC menawarkan berbagai *sub-mode* yang memungkinkan kompromi antara laju data dan kualitas sinyal, sehingga bisa disesuaikan dengan kondisi propagasi radio di lapangan serta keinginan operator siaran. Pada subbab ini hanya akan dibahas secara rinci sistem transmisi untuk *main mode*, sedangkan informasi tentang spesifikasi *enhanced mode* hanya akan disinggung sedikit bilamana perlu.

- Struktur pemancar dan penerima

Gambar 3.6 menunjukkan diagram blok *main service* (di dalam kotak besar di bagian atas) serta *enhanced service* di bagian bawah gambar. Pada sistem yang hanya menerapkan *main service*, data mengalami proses pengacakan dan pengodean FEC berupa Reed-Solomon (207, 187), *interleaving*, dan pengodean



Gambar 3.6: Diagram blok fungsional main service dan enhanced service

Trellis (konvolusional) berlaju 2/3. Selanjutnya paket-paket data bersama dengan data *segment sync* dan data *field sync* dibentuk menjadi *frame-frame* data untuk dikirimkan. Untuk *enhanced mode* ditambahkan blok-blok fungsional lainnya seperti pada bagian bawah gambar 3.6.

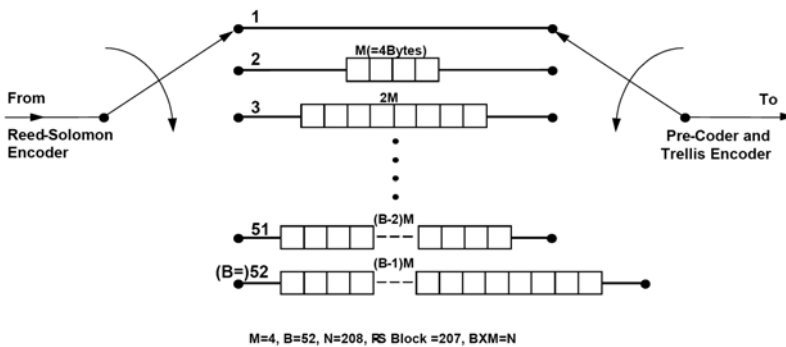
- Sistem transmisi VSB

Pada dokumen A/53 ATSC, karakteristik sistem transmisi untuk penyiaran terestrial dibahas pada bagian 2 yang menjelaskan diagram blok dan ketentuan normatif dari sistem transmisi televisi digital terestrial ATSC. Sistem transmisi untuk penyiaran terestrial ATSC mampu menyalurkan laju data 19,28 Mbps dalam sebuah kanal 6 MHz. Sebagai *input* dari sistem transmisi VSB adalah aliran data serial sebesar 188 *byte* paket data MPEG (termasuk 1 *sync data* dan 187 *byte data* yang merepresentasikan laju data *payload* 19,28 Mbps) dengan laju 19,39 Mbps.

Sistem proteksi terhadap kesalahan tersusun atas deretan pengode Reed-Solomon (RS), *interleaving*, dan pengode Trellis 4 *state*. Dua lapis pengodean untuk deteksi dan koreksi kesalahan, yaitu RS dan Trellis 4 *state*, memberikan proteksi rangkap terhadap aliran data video yang dikirimkan. Sedangkan *interleaving* – proses pengubahan urutan *byte* pada pemancar yang kemudian ditata kembali pada penerima – bertujuan mengubah *error* yang bersifat *burst* atau berderetan yang bisa terjadi karena *fading* menjadi *error* yang lebih bersifat acak yang lebih mudah untuk ditanggulangi. Jika digunakan *enhanced mode*, maka proteksi terhadap *error* ini dibuat berlapis lebih banyak dengan adanya pengode RS dan pengode konvolusional pada tambahan (gambar 3.6). *Enhanced mode* juga memberikan dua opsi yang memungkinkan kompromi terhadap laju data untuk menjaga kualitas penerimaan yang baik, terutama pada lingkungan dengan kondisi propagasi yang buruk. Untuk tujuan ini tersedia beberapa pilihan tingkat laju data.

Jika tahap demi tahap dalam proses proteksi pada *main service* ditelusuri, maka tahap pertama adalah pengacakan data. Pengacak data (*data randomizer*) bertugas mengacak seluruh data *input* atau *payload*. Pengacak ini menghubungkan *byte data* yang akan dikirim melalui gerbang XOR dengan deret biner acak semu (*pseudo random binary sequence* atau PRBS) yang berformat *M sequence* 16 bit.

Keluaran dari pengacak ini kemudian masuk ke dalam pengode RS (207, 187). Teknik pengodean RS memiliki kemampuan mengoreksi kesalahan *byte* yang berderetan (*burst error*) sebagai akibat dari proses *fading*. Pada sistem ATSC, ukuran blok data yang masuk ke pengode adalah 187 *byte* yang kemudian mendapat tambahan 20 *byte* paritas RS untuk koreksi kesalahan sehingga terdapat total 207 *byte output*. Dengan menerapkan ukuran kode di atas dapat dilakukan koreksi kesalahan sampai 10 *byte* per blok [Rappaport, 2002].

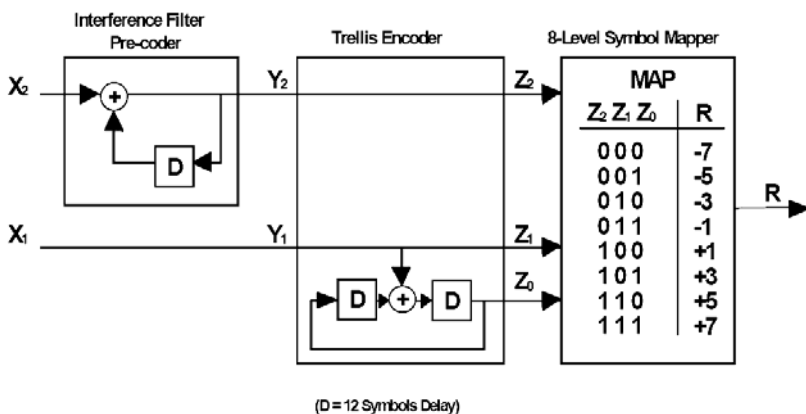


Gambar 3.7: Interleaver

Interleaver yang digunakan berbasis *byte* dan bersistem konvolusional yang diterapkan dengan 52 segmen data. Hanya *byte* data saja yang mengalami *interleaving*. Struktur *interleaver* ditunjukkan pada gambar 3.7.

Keluaran *interleaver* kemudian masuk ke pengode Trellis berlaju 2/3. Pengode Trellis ini tersusun atas pengode konvolusional berlaju 1/2 yang mengodekan satu bit *input* menjadi dua bit *output*, serta suatu *pre-coder* untuk satu bit tambahan. Dengan demikian untuk setiap dua bit *input* dikirimkan tiga bit *output* total. Bentuk sinyal yang digunakan pada kode Trellis adalah konstelasi satu dimensi yang terdiri dari 8 level (ekuivalen dengan 3 bit) – dengan menyesuaikan level daya sinyal dan *noise*, kinerja BER yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan 8-PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) [Proakis, 1995]. Perangkat pengode yang digunakan nantinya berbasis 4 *state*.

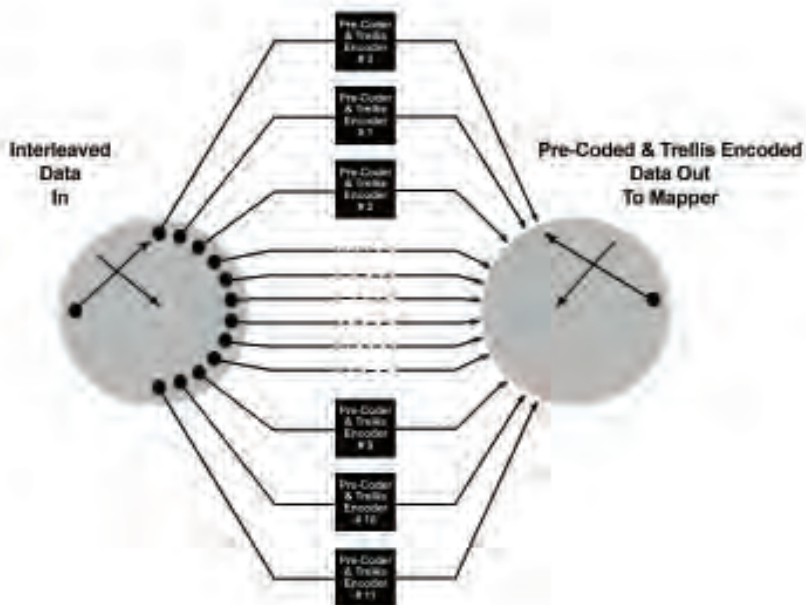
Di samping *interleaving* antar 52 segmen yang dilakukan setelah pengode RS, *interleaving* intra-segmen pun harus dilakukan terhadap simbol-simbol yang akan masuk ke pengode Trellis. Dalam hal ini digunakan 12 pengode dan pendekode Trellis yang identik yang akan mengodekan data-data yang telah mengalami *interleaving*. Simbol-simbol dengan indeks (0, 12, 24, ...) dijadikan satu grup dan masuk ke pengode pertama. Kemudian kelompok simbol-simbol (1, 13, 25, ...) masuk ke pengode kedua. Demikian



Gambar 3.8: Sistem pengode Trellis

seterusnya sampai terdapat total 12 kelompok, sesuai dengan banyaknya pengode. Kemudian untuk setiap *byte*, bit-bit berindeks ganjil masuk ke *pre-coder*, sedangkan yang berindeks genap masuk ke pengode konvolusional berlaju 1/2. Gambar 3.8 dan 3.9 menunjukkan diagram blok sistem pengode Trellis dan sistem *interleaving* intra-segmen.

Berikutnya, paket data diorganisasi dalam suatu *data field* untuk transmisi dengan diberi *data segment sync* dan *data field sync*. Gambar 3.10 menunjukkan organisasi data untuk transmisi. Setiap *data frame* terdiri dari dua *data field* yang masing-masing berisi 313 *data segment*. *Data segment* pertama adalah sinyal sinkronisasi (*data field sync*) yang juga membawa *training sequence* untuk digunakan oleh ekualiser pada penerima untuk beradaptasi terhadap kondisi kanal yang berubah terhadap waktu. Sementara 312 segmen lainnya membawa data yang setara



Gambar 3.9: Interleaving intra-segmen

dengan paket transpor 188 *byte* ditambah *byte* dari proses FEC. Setiap segmen terdiri atas 832 simbol, dengan 4 simbol pertama dikirimkan dalam bentuk biner untuk sinkronisasi segmen. Kemudian 828 simbol lainnya membawa 187 *byte* sisa dari paket transpor ditambah *byte* tambahan FEC. Ke-828 simbol ini dikirimkan sebagai sinyal dengan 8 level dan dengan demikian masing-masing membawa tiga bit. Dengan demikian terdapat $828 \cdot 3 = 2484$ bit data dalam tiap segmen, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$187 \text{ byte data} + 20 \text{ byte RS} = 207 \text{ byte}$$

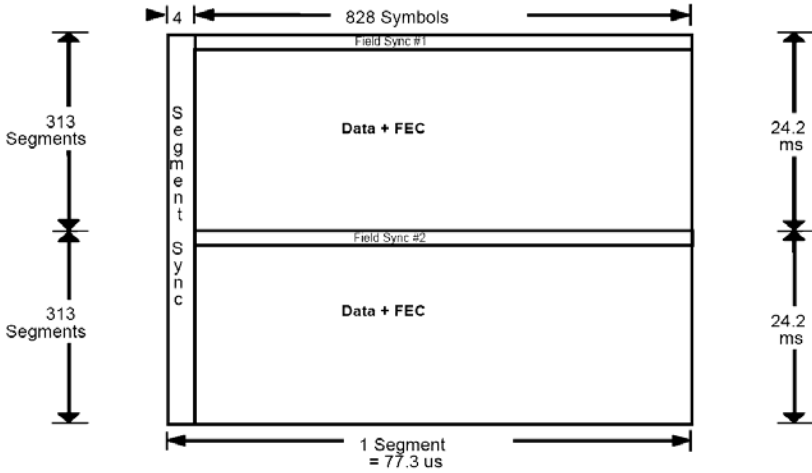
$$207 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit per byte} = 1656 \text{ bit}$$

Pengode Trellis laju $2/3$ menghasilkan $3/2 \cdot 1656 \text{ bit} = 2484 \text{ bit}$.

Laju simbol:

$$S_r \text{ (MHz)} = 4,5/286 \cdot 684 = 10,76... \text{ MHz}$$

Laju segmen data:



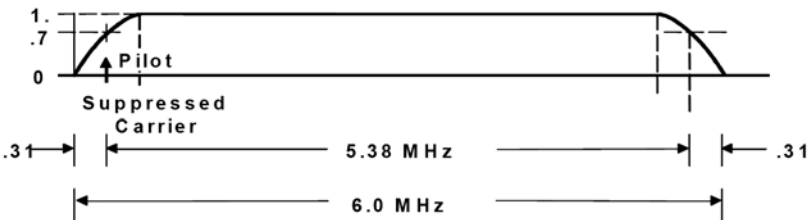
Gambar 3.10: Format *frame* ATSC

$$F_{\text{seg}} = S_r/832 = 12,94... \cdot 10^3 \text{ segmen per detik}$$

Laju Data Frame

$$F_{\text{frame}} = F_{\text{seg}}/626 = 20,66... \text{ frame per detik}$$

Frame yang dihasilkan telah berbentuk sinyal-sinyal 8 level yang memodulasi suatu *carrier* tunggal dengan *carrier* yang ditekan. Sebelum transmisi, sebagian besar pita spektrum bagian bawah atau *lower sideband* dihilangkan dengan filter VSB yang berbentuk



Gambar 3.11: Spektrum VSB

akar *raised cosine* (*square-root raised cosine*) dengan daerah transisi selebar 620 kHz. Spektrum VSB yang dihasilkan ditunjukkan oleh gambar 3.11. Pada posisi frekuensi *carrier* yang telah ditekan, pada jarak 310 kHz dari tepi bawah spektrum, ditambahkan sinyal pilot kecil.

3.2. Sistem Penyiaran TV Digital Standar DVB

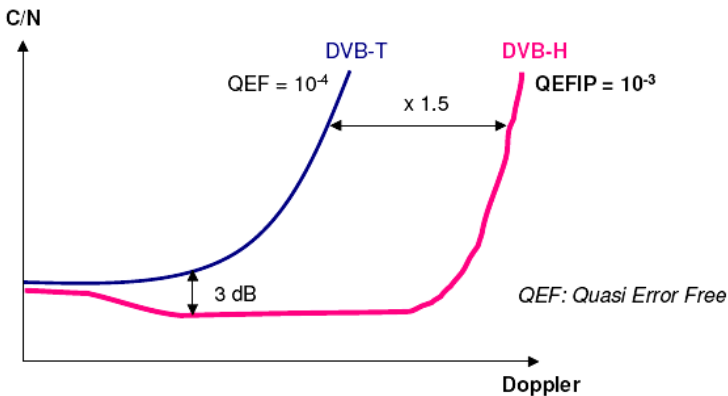
Upaya pengembangan DVB sebagai standar global untuk penyiaran televisi digital berawal dari pembentukan DVB Project pada 11 September 1993 yang sebelumnya bernama European Launching Group (ELG). DVB Project beranggotakan sekitar 250-300 institusi yang berasal dari 30-an negara dan terdiri dari *broadcaster*, manufaktur, *network operator*, badan regulasi dan institusi akademik. Project DVB tidak menjalankan fungsi sebagai regulator melainkan bekerja berdasarkan aspek bisnis dan komersial.

Dalam perkembangan selanjutnya proyek DVB telah berhasil mengembangkan serangkaian spesifikasi DVB yang tidak terbatas pada *video broadcasting* namun juga telah merambah hingga ke aplikasi dan layanan multimedia yaitu DVB-S2, DVB-S (generasi kedua dan pertama dari sistem digital satelit), DVB-C (sistem kabel digital), DVB-T (Sistem penyiaran digital terestrial), DVB-H (sistem penyiaran digital dengan penerima *handheld*), DVB-DATA (*the Cyclical Data Delivery System*), DVB-SI (Sistem pelayanan informasi), dan DVB-MHP (*middleware* untuk TV interaktif).

DVB-S yang digunakan pada sistem penyiaran satelit dikembangkan tahun 1993 berbasis pada teknik modulasi QPSK, sedangkan DVB-C yang dikembangkan tahun 1994 berbasis pada 64QAM. Untuk sistem penyiaran digital terestrial DVB-T menggunakan OFDM dengan modulasi QAM dengan 2 *mode* yaitu 2K untuk menangani efek doppler dan 8K untuk menangani *multipath*.

Saat ini, *DVB Project* mengembangkan DVB-S2 dengan menggunakan 8-PSK dan *turbo coding* untuk penyiaran sistem

TV digital satelit dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, sedangkan untuk sistem penyiaran TV digital terestrialnya dikembangkan DVB-H yang berbasis pada *internet protocol* (IP)



Gambar 3.12: Perbandingan BER pada DVB-T dan DVB-H

dan menggunakan modulasi OFDM-4K dengan sistem video kompresi MPEG4 AVC atau SMPTE VC1 sehingga lebih efisien dan dapat diterima perangkat *handheld* (*time slicing*). Gambar 3.12 menunjukkan perbandingan kinerja antara DVB-H dan DVB-T dalam mengatasi pengaruh efek Doppler.

Implementasi penyiaran TV digital DVB di Eropa diawali tahun 1995 berupa penyiaran TV berlangganan dengan operator Canalplus di Perancis, sedangkan untuk penyiaran TV digital terestrial DVB-T diterapkan tahun 1997, 1998 dan 2002 masing-masing di Swedia, Inggris dan Jerman. Untuk di Eropa peralihan ke sistem digital pertama kalinya dilakukan di Berlin tahun 2003.

Standar penyiaran TV digital DVB dikembangkan berdasarkan latar belakang pentingnya sistem penyiaran yang bersifat terbuka (*open system*) yang ditunjang oleh kemampuan *interoperability*, fleksibilitas dan aspek komersial. Sebagai suatu *open system*, maka standar DVB dapat dimanfaatkan oleh para *vendor* untuk mengembangkan berbagai layanan inovatif dan jasa nilai tambah yang saling kompatibel dengan perangkat DVB dari *vendor* lain.

Selain itu, standar DVB memungkinkan terjadinya *cross-medium interoperability* yang memungkinkan berbagai media *delivery* yang berbeda dapat saling berinteroperasi. Salah satu aspek dari *interoperability* adalah bahwa semua perangkat yang DVB-compliant dari *vendor* yang berbeda dapat dengan mudah saling terhubung dalam satu mata rantai penyiaran. Untuk mengetahui standar DVB banyak dokumentasi yang bisa didapatkan di <http://www.dvb.org> atau <http://www.etsi.org>, seperti beberapa informasi standar DVB-T antara lain ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-11) yang berisi tentang *framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*; ETSI TR 101 190 V1.2.1 (2004-11) yang berisi tentang *Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects*; dan ETSI TS 101 191 V1.4.1 (2004-06) yang berisi tentang DVB *mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*.

3.2.1. Overview Sistem

Salah satu keputusan mendasar yang diambil dalam menetapkan standar DVB adalah pemilihan MPEG-2 sebagai *data container*. Dengan konsepsi tersebut maka transmisi informasi digital dapat dilakukan secara fleksibel tanpa perlu memberikan batasan jenis informasi apa yang akan disimpan dalam *data container* tersebut. Pemilihan MPEG-2 untuk sistem *coding* dan kompresi dilakukan karena terbukti bahwa MPEG-2 mampu memberikan kualitas yang baik sesuai dengan sumber daya yang tersedia. Selain itu, MPEG-2 memungkinkan desain *decoder* yang fleksibel seiring peningkatan kualitas pada sisi *encoding*. Setiap peningkatan unjuk kerja baru karena pengembangan sistem *encoding* akan secara otomatis direfleksikan pada kualitas gambar dari *decoder*.

Layanan sistem digital DVB masa depan akan terdiri dari berbagai jenis program yang dikembangkan melalui sejumlah kanal transmisi. Agar *integrated receiver-decoder* (IRD) dapat di-tune untuk layanan tertentu secara otomatis melalui sistem navigasi yang *user friendly* maka DVB menambahkan alat bantu navigasi DVB-SI (*Service Information*) yang merupakan perluasan *programme specific information* (PSI) dari MPEG-2. *Service information* pada DVB berfungsi sebagai *header* terhadap

container MPEG sehingga receiver dapat mengetahui apa yang diperlukan untuk mendekode sinyal.

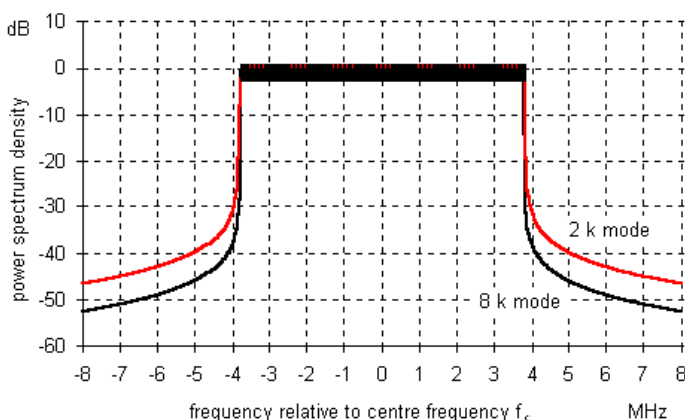
DVB-T Carrier

Tabel 3.3

No	Mode 2K	Mode 8K	Keterangan
1.	2048	8192	Carrier
2.	1705	6817	Used Carrier
3.	142/131	568/524	Scattered pilots
4.	45	177	Continual pilots
5.	17	68	TPS Carrier
6.	1512	6048	Payload carrier

Kanal DVB-T mempunyai lebar bandwidth 8, 7 dan 6 MHz dengan mengoperasikan 2 mode yaitu 2K mode dengan 2048 titik dalam IFFT dan 8K mode dengan 8192 titik dalam IFFT sebagai gelombang pembawa (carrier) untuk melakukan transmisi data. Jenis konten dalam gelombang pembawa dalam DVB-T beserta besar kapasitasnya untuk kedua mode ditunjukkan dalam tabel 3.3.

Payload carrier akan digunakan untuk melakukan transmisi data yang sesungguhnya, sedangkan TPS (Transmission Parameter Signalling) carrier akan berada pada frekuensi yang ditentukan.



Gambar 3.13: Spektrum DVB-T untuk 8 MHz

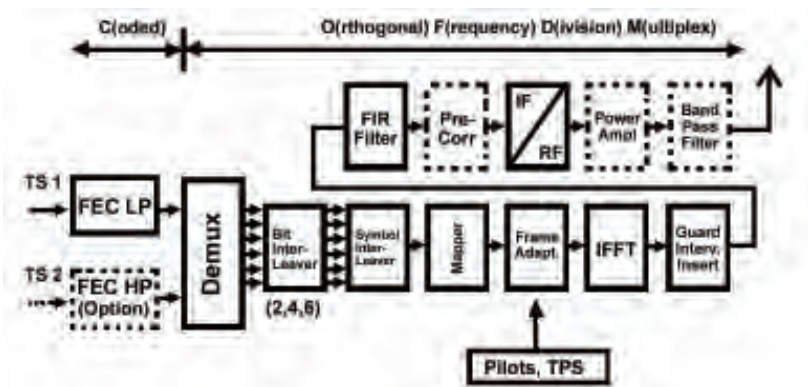
TPS merepresentasikan sebagai pembawa informasi kanal sejumlah 68 simbol atau 68 bits, dimana 17 bitnya digunakan

sebagai inialisasi dan sinkronisasi. Simbol-simbol tersebut berisikan informasi tentang jenis *mode*, panjang *guard interval*, jenis modulasi, *code rate* serta penggunaan *hierarchical coding*. Contoh model spektrum untuk sinyal DVB-T dengan *bandwidth* 8MHz untuk mode 8K dan 2K ditunjukkan pada gambar 3.13.

DVB-T Modulator

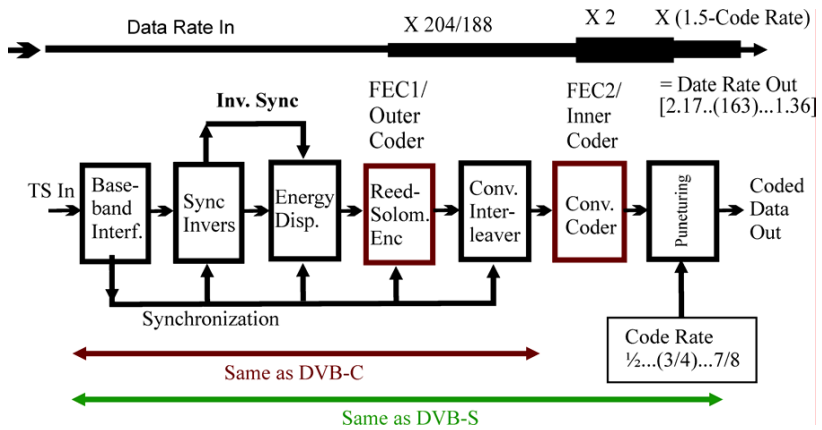
Penyiaran TV digital DVB-T menggunakan teknik modulasi COFDM, sehingga data akan didistribusikan menggunakan beberapa frekuensi *carrier* yang saling ortogonal satu sama lain.

DVB-T menerapkan pengodean teknik Reed Solomon dan Viterbi untuk menyediakan *forward error correction* dan melakukan penyisipan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan. Setelah



Gambar 3.14: Blok diagram DVB-T Modulator-bagian I

dilakukan kontrol kesalahan awal pada paket MPEG *Transport Stream* (MPEG-TS), selanjutnya TS akan ditingkatkan 16 *bytes* sebagai proteksi *error* yang diteruskan dalam *block coding*. DVB-T Modulator mempunyai 2 *input* untuk MPEG-TS yaitu *high priority path* (HP) dan *low priority path* (LP) yang berbeda *code rate*-nya. Kedua *input* ini digunakan modulasi *hierarchical* yang dimanfaatkan ketika terjadi penerimaan yang kurang bagus di sisi penerima.



Gambar 3.15: Blok Diagram DVB-T Modulator-bagian II

HP melakukan transmisi dengan *low data rate* dengan kompresi tinggi menggunakan modulasi QPSK, sedangkan LP menggunakan modulasi 16QAM atau 64QAM dengan *low data rate* dan *lower error correction*. Pada sisi perangkat penerima HP dan LP dengan teknik hirarki modulasi akan dipilih sesuai dengan kondisi penerimaan. Secara lengkap bagan DVB-T modulator pada sisi pemancar ditunjukkan dalam gambar 3.14 dan 3.15.

3.2.2. DVB-T Single Frequency Network (SFN)

DVB-T dapat diimplementasikan dengan SFN (*single frequency network*) di mana stasiun TV yang sama dapat memasang sejumlah pemancar dengan frekuensi yang sama dan tersebar pada wilayah layanan yang luas, sehingga dapat meningkatkan cakupan pelanggannya tanpa memerlukan lebih dari satu kanal frekuensi. Maksimum jarak antarpemancar akan tergantung dari penggunaan panjang dari *guard interval* dan *signal delay* saat dilakukan tranmisi. Untuk menentukan jaringan pemancar sangat dibutuhkan informasi tentang topografi wilayah. Gambar 3.16 menunjukkan jarak pemancar dengan panjang *guard interval*.

Setiap pemancar dalam suatu jaringan sistem SFN harus dilakukan sikronisasi satu dengan yang lainnya karena distribusi data untuk MPEG-2 *multiplexer* pada setiap DVB-T modulator dari

Guard intervals 8K, 2K and transmitter distance (8 MHz bandwidth):

Mode	Symbol length us	Guard interval	Guard interval us	Transmitter distance km
2K	224	¼	56	16.8
2K	224	1/8	28	8.4
2K	224	1/16	14	4.2
2K	224	1/32	7	2.1
8K	896	¼	224	67.1
8K	896	1/8	112	33.6
8K	896	1/16	56	16.8
8K	896	1/32	28	8.4

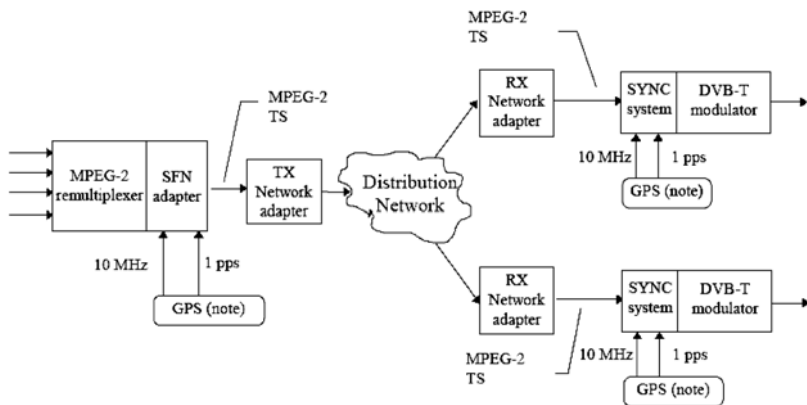
Guard intervals 8K, 2K and transmitter distance (7 MHz bandwidth):

Mode	Symbol duration us	Guard interval	Guard interval us	Transm. distance km
2K	256	1/4	64	19.2
2K	256	1/8	32	9.6
2K	256	1/16	16	4.8
2K	256	1/32	8	2.4
8K	1024	1/4	256	76.7
8K	1024	1/8	128	38.4
8K	1024	1/16	64	19.2
8K	1024	1/32	32	9.6

Gambar 3.16: Panjang *guard interval* dengan jarak pemancar untuk bandwidth 7MHz dan 8 MHz

pusat *payload* ke setiap pemancar dalam jaringan terdapat *delay*. Media distribusi data dari pusat *payload* ke setiap pemancar bisa digunakan kabel fiber optik atau satelit. DVB-T melakukan modulasi dalam bentuk *frame* dengan satu *frame* dikomposisi oleh 68 simbol DVB-T OFDM, dan 4 *frame* merupakan satu *superframe* yang diakomodasi oleh satu bilangan integer dalam paket *transport stream* MPEG-2.

Sebagai konsekuensi agar terjadi sinkronisasi dalam suatu jaringan SFN setiap *superframe* harus dibangkitkan dan disiarkan dalam waktu yang bersamaan oleh setiap pemancar. Maka DVB-T modulator memerlukan suatu acuan yang dapat digunakan GPS (*Global Positioning Satellite*) seperti yang ditunjukkan dalam blok diagram pada gambar 3.17.



Gambar 3.17: Blok diagram Sistem SFN untuk DVB-T

3.2.3. Pengembangan Standar DVB-T

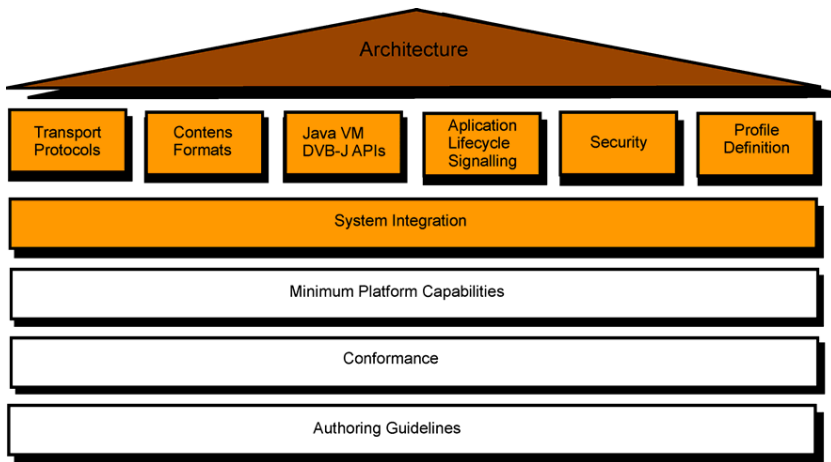
Penyiaran Multimedia dan Interactivity

Sistem DVB mempunyai kemampuan untuk memanfaatkan *return path* antara IRD dan *service provider* melalui modul *subscriber management*. Untuk keperluan *return path* ini diperlukan modem dan jaringan telepon atau TV kabel *return path* atau bahkan satelit *uplink*. *Return path* ini dapat digunakan untuk mengirimkan sinyal balik dari *user* seperti pada aplikasi *televoting*, *games playing*, *tele-shopping*, and *tele-banking*, dan juga untuk mengirimkan *command browsing* pada *website* internet.

Banyak layanan yang ditawarkan dalam DVB akan membutuhkan beberapa bentuk interaksi antara pengguna dan program *provider* atau operator *network*. Interaksi tersebut bisa berupa transmisi sekelumit perintah tapi mungkin juga memerlukan interaksi cukup intensif seperti yang terjadi pada TV interaktif. Berbagai anggota DVB telah mengembangkan rencana komprehensif pengenalan TV interaktif sejak tahun 1997. Berbagai spesifikasi *return channel* DVB telah dipublikasikan oleh ETSI termasuk di dalamnya DVB-RCC (*Cable*) dan DVB-RCT (*telephone* atau ISDN) yang merupakan komplemen dari DVB-NIP (*Network Independent*

Protocols) yang berdasarkan kepada MPEG-2 DSM-CC (*Digital Storage Media –Command and Control*).

Untuk penyiaran multimedia DVB Project telah mengembangkan sistem transpor untuk data tersebut dengan menggunakan *application programming interface* (API). API akan menangani model konten multimedia yang mempunyai 2 kategori yang disebut sebagai *declarative content* seperti HTML dan *procedural content*



Gambar 3.18: Arsitektur DVB MHP

yang harus dijalankan *receiver* dengan menggunakan animasi grafis.

Saat ini pengembangan sistem penyiaran multimedia DVB tersebut dinamakan MHP (*Multimedia Home platform*) yang berbasis *Java*. MHP dirancang untuk dapat menjalankan 2 jenis konten multimedia dengan menggunakan API. Generasi pertama MHP 1.0 telah mampu melakukan interaktif multimedia. Saat ini MHP 1.1 menawarkan kemampuan melakukan *seamless switching* antara penyiaran multimedia dan pengiriman halaman *website*.

Conditional Acces System (CAS)

CAS dalam sistem DVB bukan merupakan bagian dari standar. Subsistem ini berfungsi sebagai kontrol akses terhadap program atau layanan sehingga yang dapat menerima layanan hanyalah pengguna yang sudah mendapat otorisasi. CAS terdiri dari beberapa blok di antaranya mekanisme untuk mengacak program atau layanan, *subscriber management system* (SMS), *subscriber authorization system* (SAS) dan lainnya. SMS pada dasarnya adalah *data base* yang berisi informasi pelanggan suatu layanan, sedangkan SAS berfungsi meng-*encrypt* dan mengirimkan *code-words* yang memungkinkan IRD dapat men-*descrambler* suatu program.

DVB membebaskan penggunaan jenis CAS yang sesuai dengan kebutuhan operator, namun DVB mengembangkan suatu *common scrambling algorithm*, yaitu *tools* untuk mengacak *transport streams* atau *program elementary streams*. Walaupun demikian IRD yang menggunakan teknologi *conditional access* yang berbeda mungkin tidak selalu dapat saling berinteroperasi. Ada dua pendekatan yang dilakukan DVB untuk terjadinya interoperasi di antara berbagai CAS yang berbeda yaitu :

- *SimulCrypt*, dalam hal ini beberapa program *provider* melakukan negosiasi komersial sehingga memungkinkan pengguna yang telah memiliki IRD dengan CAS *proprietary* yang *embedded* di dalamnya dapat menikmati layanan dari CAS yang berbeda karena adanya *supply* informasi *proprietary* yang diperlukan.
- *Multicrypt*, berbagai teknologi CAS dapat berada pada satu *platform* IRD yang sama sehingga dapat menerima program yang disiarkan secara simultan dari beberapa program yang CAS-nya berbeda.

Sistem Penyiaran TV Digital ISDB-T, DMB-T, dan T-DMB

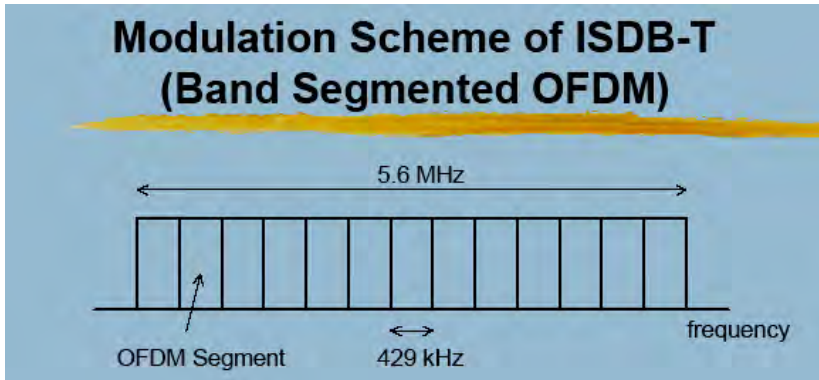
4.1. Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial (ISDB-T)

ISDB-T adalah sistem penyiaran TV digital yang dikembangkan oleh Jepang pada 1998, dan telah diimplementasikan di kota-kota besar di Jepang sejak tahun 1999. Sistem ini digunakan sebagai layanan aplikasi multimedia dengan fitur-fitur yang lebih dari sekadar TV digital biasa seperti HDTV, TV bergerak, tapi juga multilayanan lainnya seperti data-teks, suara, program-program komputer yang semuanya saling terintegrasi.

ISDB-T memiliki energi daya yang rendah dengan terminal yang harganya murah. Ia dikembangkan pula untuk sistem transmisi terestrial satelit dan kabel. ISDB-T mengadopsi MPEG2 sebagai format videonya baik untuk HDTV dan SDTV, serta MPEG4 untuk *mobile-TV*. ISDB-T telah diakui oleh ITU dan dipromosikan oleh DiBEG (*Digital Broadcasting Expert Group*).

ISDB-T menerapkan teknologi BST-OFDM (*Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Ia mempunyai dua jenis transmisi dengan *bandwidth* masing-masing 5,6 MHz dan 429 kHz. *Bandwidth* 5,6 Mhz dipakai untuk program-

program TV digitalnya yang disegmentasi sebanyak 13 segmen dinamai *Wideband* ISDB-T, dan 1 sampai 3 segmen sebagai *Narrowband* ISDB-T dengan lebar per segmennya 429 kHz untuk program-program audio dan atau data. Dua jenis transmisi tersebut memanfaatkan secara bersama parameter-parameter lainnya seperti pembentukan format *encoding*, *multiplexing* dan *interval carrier* dari OFDM serta penyusunan konfigurasi *frame*.

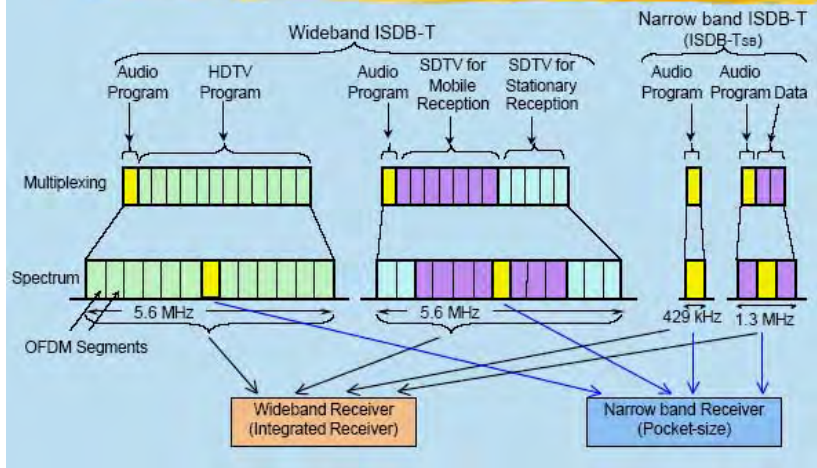


Gambar 4.1: Skema Modulasi Dari ISDB-T [Sato-2000]

SDB-T menyediakan fitur-fitur transmisi secara hirarki dengan skema modulasi yang berbeda-beda seperti *DQPSK*, *QPSK*, *16QAM*, *64QAM* dan *internal encoding rate* ($1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$). Fitur ini merupakan bagian dari *band segmented* yang dialokasikan ke sinyal-sinyal penerima bergerak, artinya : audio dan data yang dikirim secara *broadcast* untuk *mobile TV* dan *portable TV* bisa secara bersamaan diterima oleh sinyal televisi di rumah-rumah. Setiap level hirarki bisa diset untuk setiap segmennya dengan *bandwidth* 429 kHz. Informasi dapat dikirim ke penerima-penerima dengan *TMCC* (*Transmission and Multiplexing Configuration Control*) yang dialokasikan pada bagian dari gelombang pembawa *OFDM*.

Dikarenakan segmen-segmen *wide bandwidth* dan *narrow bandwidth* pada ISDB-T memanfaatkan parameter-parameter OFDM secara bersama maka 5.6 MHz *wide band* dapat mengikutkan 429 kHz *narrow band* secara langsung. Konsekuensinya penerima dengan 429 kHz bisa menerima layanan

Multiplexing and Spectrum of ISDB-T



Gambar 4.2: Multiplexing dan Spektrum ISDB-T [Sato,2000]

untuk 5,6 MHz, dan penerima dengan 5,6 MHz juga bisa menerima semua layanan pada 429 kHz.

ISDB-T mempunyai karakteristik kemampuan sebagai berikut:

- Menyediakan berbagai layanan seperti HDTV, multikanal SDTV, layanan data dan lain-lain.
- Memiliki kualitas transmisi yang memenuhi untuk layanan penerima *portable-TV* dan *mobile-TV*.
- Menjamin fleksibilitas penggunaan kapasitas transmisi.
- Memenuhi pencapaian efektif pemanfaatan frekuensi dengan menerapkan teknologi *single frequency network*.

4.2. Sistem DMB-T

Sistem DMB-T muncul sebagai reaksi pihak pemerintah, industri, dan akademisi China terhadap isu implementasi TV digital di negara

Tabel 4.1: Spesifikasi Umum ISDB-T

Transmission Channel Coding	Modulation	64QAM-OFDM, 16QAM-OFDM, QPSK-OFDM, DQPSK-OFDM
	Error Correction Coding	Inner Coding, convolution 7/8, 3/4, 2/3, 1/2 Outer coding: RS(240, 188)
	Interval guard	1/16, 1/8, 1/4
	Interleaving	Time, Frequency, bit, byte
	Frequency Domain Multiplexing	BST-OFDM (Band Segmented structure OFDM)
Conditional Access		Multi-2
Data Broadcast		ARIB STD B-24 (BML, ECMA script)
Information Services		ARIB STD B-10
Multiplexing		Sistem MPEG-2
Audio-Coding		MPEG-2 Audio (AAC)
Video-Coding		MPEG-2 Video, MPEG-4 AVC /H.264*

* H.264 digunakan pada salah satu segmen penyiaran untuk telepon bergerak.

mereka. Di satu sisi mereka sadar bahwa penerapan teknologi TV digital di negara mereka tak terhindarkan. Namun di sisi lain, mereka berupaya melindungi industri manufaktur lokal dengan menciptakan standar baru. Dengan demikian industri luar tidak memiliki keunggulan dalam kemampuan produksi seperti yang pernah terjadi ketika China mengadopsi GSM untuk sistem seluler mereka.

Tabel 4.2: Spesifikasi kanal yang digunakan pada ISDB-T di Jepang

Metode	Penyiaran digital Terrestrial
Pita Frekuensi	VHF/UHF,
Laju bit transmisi	19 Mbit/detik (64-QAM)
Lebar pita Transmisi	5.6 MHz*

* Kompatibel dengan pita 6 Mhz untuk penyiaran terrestrial TV analog.

Dalam merumuskan standar baru, mereka berusaha menyisipkan berbagai keunggulan teknologi dibanding standar-standar yang telah ada sebelumnya. Sejak sekitar tahun 2000-an telah dimulai usaha-usaha ke arah penyusunan standar baru. Setidaknya ada dua kelompok, masing-masing dimotori oleh Tsinghua University di Beijing dan Jiaotong University di Shanghai, yang berupaya mengajukan dua sistem baru.

Sistem yang diajukan oleh Tsinghua University mengambil nama DMB-T (*Digital Multimedia Broadcast- Terrestrial*) yang telah dipatenkan di China dengan nama "Terrestrial digital multimedia/television broadcasting system", nomor paten 00 123 597.4, tertanggal 21 Maret 2001. Seperti halnya DVB-T dan ISDB-T, sistem ini juga berbasis OFDM. Subsistem transmisi yang menerapkan TDS-OFDM (*Time Domain Synchronization OFDM*) adalah kontribusi terpenting dari kelompok riset ini, dan memberikan peningkatan terbesar relatif terhadap kinerja sistem-sistem OFDM pendahulunya. Pada DMB-T, diterapkan teknik sinkronisasi waktu dan frekuensi yang lebih akurat untuk OFDM dengan cara menyisipkan deretan *pseudo-noise* sebagai pengganti *cyclic prefix* di dalam *guard interval*. Teknik ini terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum serta memperbaiki kinerja sistem secara keseluruhan dengan keunggulan beberapa dB di atas DVB-T.

Di pihak lain, Jiaotong University mengajukan sistem ADTB-T (*Advanced Digital Television Broadcast – Terrestrial*) yang menerapkan subsistem transmisi dengan *carrier* tunggal dan modulasi 8-VSB, menyerupai sistem ATSC. Seperti ATSC, sistem

ini memiliki ketahanan tinggi terhadap derau, *multipath*, dan interferensi. Namun tidak seperti ATSC, ADTB-T mengonsumsi *bandwidth* 8 MHz untuk setiap *carrier*-nya dan memiliki kinerja yang lebih baik pada kanal yang berubah terhadap waktu, sehingga menjanjikan kemampuan untuk penerimaan pada kondisi bergerak [CRC, 2003].

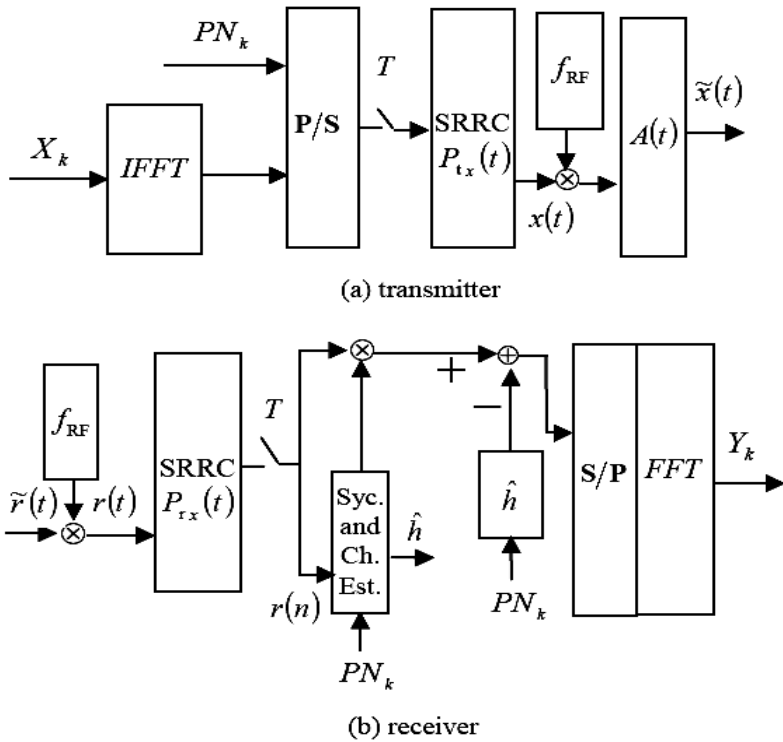
Kedua sistem tersebut akhirnya diakomodasi di dalam standar TV digital China yang secara resmi diumumkan oleh badan standarisasi SAC (*Standardization Administration of China*) pada 18 Agustus 2006 dan mulai berlaku efektif pada 1 Agustus 2007. Standar ini dirilis dengan nomor GB 20600-2006 dengan nama "*Framing structure, Channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system*", dengan sebutan DMB-T/H (*Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial/Handheld*). Baik sistem DMB-T usulan Tsinghua maupun ADTB-T dari Jiaotong sama-sama terakomodasi dalam standar tersebut, sehingga perangkat TV penerima perlu memiliki opsi untuk sistem modulasi yang digunakan.

Dalam bagian ini hanya akan dibahas subsistem transmisi dari DMB-T yang merupakan hasil riset Tsinghua University. Pembahasan lebih difokuskan untuk meninjau perbedaannya dengan sistem-sistem terdahulu yang juga berbasis OFDM.

Teknik Transmisi

Diagram teknik transmisi DMB-T (minus bagian pengodean-pendekodean kanal dan modulator-demodulator) dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada sisi transmisi, 3780 simbol dikelompokkan ke dalam satu simbol OFDM. Setiap simbol data dibawa oleh satu subkanal tertentu melalui proses IFFT. Dalam proses ini, sebaris 378 simbol PN (*Pseudo-Noise*) disisipkan sebagai *guard interval*, menggantikan peranan *Cyclic Prefix* (CP) pada standar-standar sebelumnya. Simbol-simbol PN ini nantinya akan bermanfaat untuk estimasi kanal dan sinkronisasi pada penerima. Keluaran dari IFFT kemudian dilewatkan filter SRRC (*Square-Root Raised Cosine*) untuk membentuk pulsa dan membatasi *bandwidth* selebar 8 MHz, sebelum akhirnya digeser ke frekuensi tinggi (*up-conversion*), dikuatkan oleh *power amplifier*, dan dipancarkan.

Pada penerima, sinyal yang diterima dilewatkan *down-converter*, difilter SRRC, dan disampel. Hasilnya masuk secara paralel ke *synchronizer*, estimator kanal, dan FFT. Hasil estimasi respon impuls kanal itu lalu digunakan untuk ekualisasi dan deteksi, yang kemudian digunakan dalam pengambilan keputusan mengenai titik pada konstelasi simbol yang terdekat dengan sinyal yang diterima.



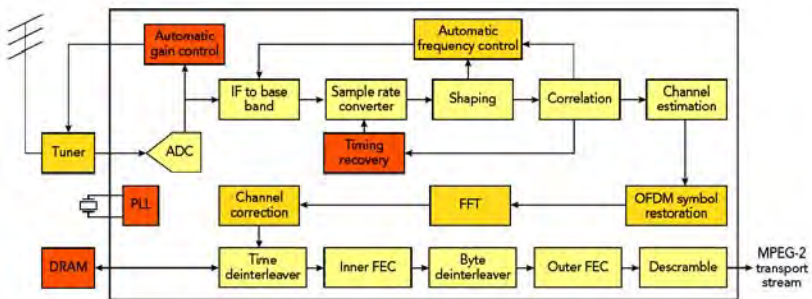
Gambar 4.3: Teknik transmisi pada DMB-T (tanpa bagian pengodean dan modulasi) [Zheng dkk, 2003]

Tugas *synchronizer* adalah mencari awal tiap paket data dan tiap simbol OFDM (sinkronisasi waktu) dan mengestimasi pergeseran frekuensi atau *offset* (sinkronisasi frekuensi), sedemikian hingga kompensasi *delay* dan frekuensi dapat dilakukan terhadap sinyal yang diterima sebelum masuk ke tahap FFT. Proses sinkronisasi

waktu dan frekuensi ini menggunakan metode perata-rataan dengan *window* terhadap hasil korelasi antara segmen PN yang diterima dengan barisan PN aslinya.

Sementara itu adanya estimator kanal yang akurat memungkinkan penerapan teknik modulasi koheren. Sifat kanal yang dispersif merusak amplitudo dan fase sinyal yang dikirimkan, sehingga respon kanal pada tiap *subcarrier* harus diketahui untuk dapat mengompensasi efek perubahan amplitudo dan kanal tersebut, sekaligus mengoreksi pergeseran fase akibat adanya *timing offset* antara pemancar dan penerima. Dari pembahasan di atas, cukup jelas pentingnya peran deret PN yang disisipkan pada tahap IFFT sebagai *header* dari *frame* OFDM yang dikirimkan.

Diagram blok sistem penerima DMB-T lengkap dengan tahap demodulasi dan decode ditunjukkan gambar 4.4. Seperti halnya DVB-T, DMB-T juga menerapkan teknik pengodean kanal dan *interleaving* berlapis dua secara berselang-seling untuk mengatasi efek derau impuls, derau *burst*, dan *multipath fading*.



Gambar 4.4: Diagram blok lengkap sistem penerima DMB-T [Nelson, 2005]

Tabel 4.3 menunjukkan parameter-parameter sistem DMB-T yang berbasis TDS-OFDM dan sistem DVB-T *mode 8K* yang berbasis CP-OFDM (*Cyclic Prefix OFDM*). Tabel 4.4 menunjukkan keunggulan DMB-T dalam efisiensi penggunaan spektrum dibandingkan DVB-T yang menggunakan *guard interval* 1/32 sekalipun. Hasil kajian dengan simulasi juga menunjukkan kelebihan DMB-T dalam akurasi sinkronisasi waktu dan akurasi

estimasi kanal dibandingkan dengan DVB-T untuk kondisi kanal yang berubah terhadap waktu dengan frekuensi Doppler sampai 100 Hz [Zheng dkk, 2003].

Tabel 4.3: Nilai parameter sistem

Parameter	CP-OFDM (DVB-T 8K)	TDS-OFDM (DMB-T)
Banyaknya <i>subcarrier</i> data	6116	3780
Banyaknya <i>subcarrier</i> untuk <i>training</i>	701	378
Jumlah total <i>subcarrier</i>	8192	3780
Periode <i>sampling</i> (μ s)	0,1094	0,1323
Bandwidth (MHz)	7,61	7,56

Tabel 4.4: Efisiensi penggunaan spektrum

	CP-OFDM (DVB-T 8K)				TDS-OFDM (DMB-T)
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	0
<i>Guard interval</i>					0
Efisiensi spektrum	0,718	0,797	0,844	0,870	0,909

4.3 Sistem T-DMB

Teknologi penyiaran TV digital T-DMB (*Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting*) mulai diluncurkan pada 1 Desember 2005 di Korea Selatan (Korsel). Hanya dalam waktu 6 bulan sejak peluncurannya, teknologi penyiaran ini telah berhasil menggaet sekitar 1 juta pelanggan. Kepopuleran T-DMB yang sedemikian pesat di Korsel tersebut berkat dukungan kuat dari industri manufakturnya yang memproduksi perangkat seperti telepon bergerak, navigator GPS, laptop, kamera digital, pemutar MP3 dan *set-top box* berbasis modul USB. Saat ini di Korsel sudah 7 kanal televisi dan 13 kanal radio yang menggunakan sistem T-DMB.

Teknologi sistem penyiaran TV digital standar T-DMB ini mengadopsi sistem *Eureka-147 DAB (Digital Audio Broadcasting)*, yang merupakan standar penyiaran audio digital di Eropa.

Pengembangan T-DMB di Korsel semula bertujuan untuk mendigitalisasi siaran radio dan televisi, agar bisa memberikan pelayanan *mobile* multimedia dan data. Oleh karena itu, supaya dapat diimplementasikan pada perangkat komunikasi bergerak diperlukan berbagai modifikasi dan penambahan teknologi. Modifikasi dilakukan pada bagian *source coding* dan *channel coding* yaitu dengan menggunakan teknologi MPEG-4 untuk video, MPEG-4 BIFS untuk pelayanan data dan *mobility* yang mampu melayani pengguna bergerak sampai kecepatan 300 km/jam dengan kualitas suara seperti CD.

Selanjutnya pada Desember 2004, T-DMB mengadopsi standar WorldDAB, pada juli 2005 mengadopsi standar ETSI dan tahun 2006 mengadopsi standar ITU. Hal itu dilakukan supaya T-DMB bisa memasuki pasar global.

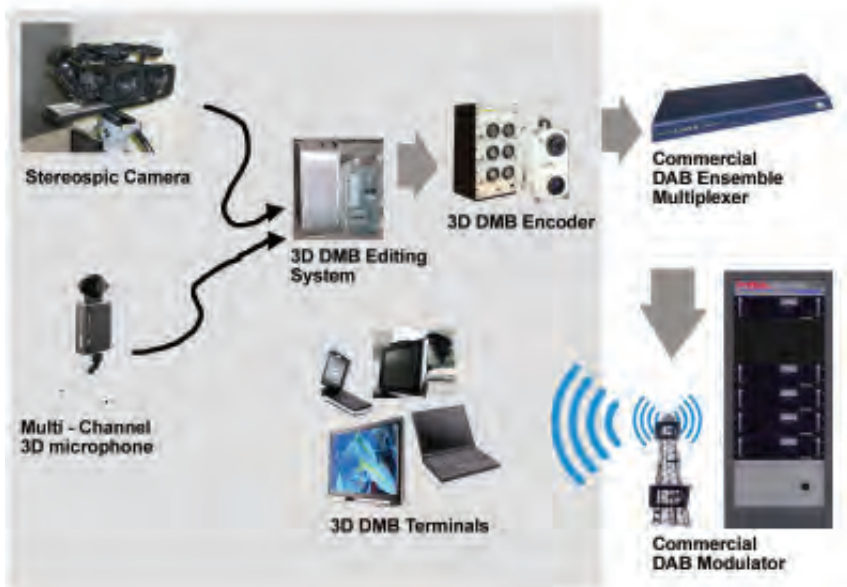
Di luar Korsel, T-DMB telah diuji coba di 6 kota besar di Jerman pada saat pelaksanaan Piala Dunia sepak bola Juni 2006 pada *L-band* untuk telepon seluler *dual band*. Pada waktu yang bersamaan, Samsung Electronics dan LG Electronics melakukan uji coba implementasi T-DMB pada perangkat ponsel di Inggris. Sedangkan di Perancis uji coba T-DMB dilakukan Oktober 2005 pada perangkat ponsel TV. Kanal frekuensi yang digunakan untuk uji coba ini pada *band III block 11B* dengan daya pancar 3kW.

Di China, walaupun State Administration of Radio, Film and Television (SARFT) sudah menentukan penggunaan standar DMB-T, namun melakukan juga pengujian T-DMB di 3 kota yaitu Beijing, Shanghai dan Guangzhou. Uji coba T-DMB dilakukan Oktober 2006 di New Delhi, India, oleh konsorsium MoTV yang merupakan gabungan sebuah perusahaan Korsel dan sebuah stasiun penyiaran di India.

Sudah banyak aplikasi yang memanfaatkan sistem T-DMB seperti informasi lalu lintas, penyiaran bencana, *conditional access* dan kombinasi teknologi untuk penyiaran dan jaringan nirkabel. Pengembangan teknologi ini masih terus berlanjut. Para peneliti T-DMB tengah mengembangkan 3D DMB yang dapat mentransmisikan konten dengan tampilan 3 dimensi di pesawat TV, seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.5.

Tabel 4.5: Karakteristik teknologi penyiaran TV Digital T-DMB

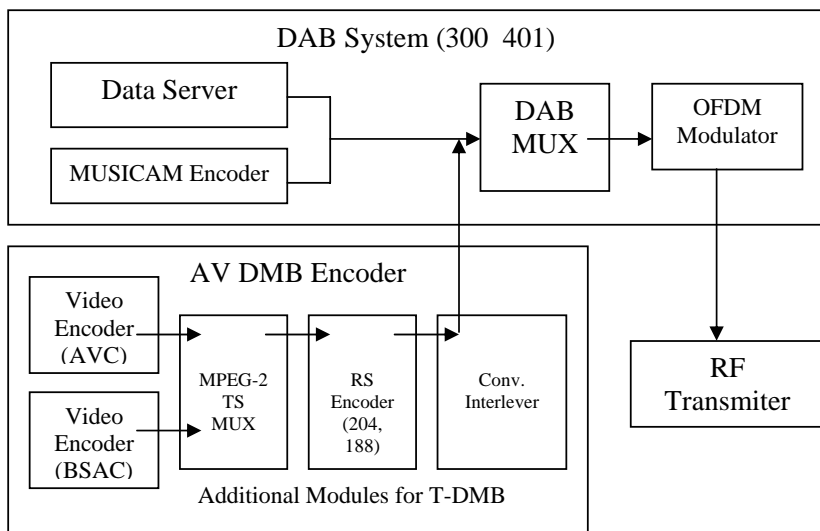
No	Diskripsi Parameter	Uraian
1.	Frekuensi Band	Band III (175-240 MHz), L-band (1452-1478 MHz), dan UHF (791-796 MHz)
2.	Bandwidth	1.536 MHz
3.	Modulasi	DQPSK
4.	Transmisi	OFDM
5.	Channel Coding	RS (204,188) Convolution Byte Interleaver
6.	Multiplexing	MPEG-4 SL, MPEG-2 TS
7.	Audio	MPEG-1/2 Layer 2 (MUSICAM)
8.	A/V CODEC	MPEG-4(H.264) / Part 2 BSAC
9.	Data Service	MPEG-4 Part 1 BIFS



Gambar 4.5: Konfigurasi sistem DMB-T untuk pelayanan stereoscopic 3D

4.3.1. Spesifikasi Sistem

Pada perencanaan awal di tahun 1990, sistem Eureka-147 DAB dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas audio digital dengan *bandwith* 1.5 MHz. Namun, dalam pengembangannya justru menjadi sistem T-DMB dengan melakukan perubahan dan penambahan teknologi pada komponen layanan gambar bergerak agar dapat diterima pada *mobile communication terminals*. Penambahan teknologi tersebut meliputi penggunaan teknologi MPEG-4, *Error Protection* (Reed-Solomon) dan *byte interleaving*. Secara umum gambaran tentang perubahan sistem Eureka-147 DAB menjadi sistem T-DMB terpapar pada gambar 4.6.



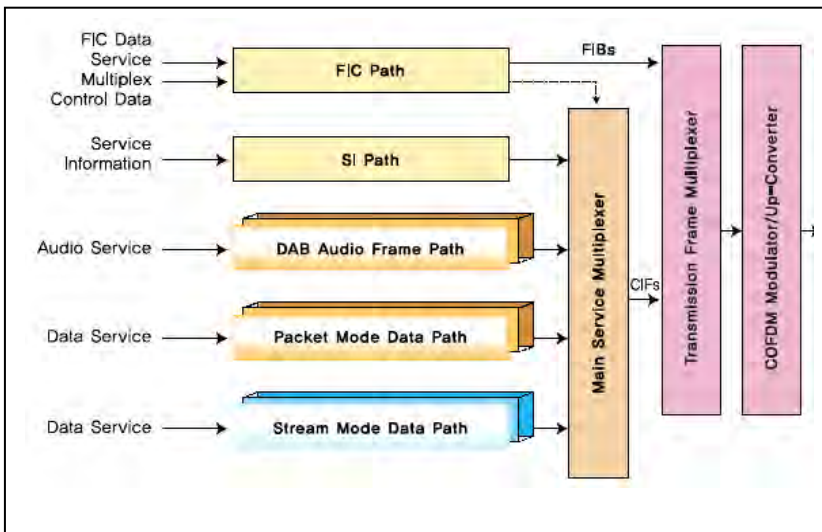
Gambar 4.6: Sistem T-DMB untuk TV mobile

DAB (Digital Audio Broadcasting)

Sistem DAB yang mengadopsi standar Eropa ETS 300 401 dan *Digital system A* dalam ITU-R memiliki keandalan dan portabilitas dalam melayani *multiplex* siaran audio digital. Sistem ini beroperasi pada frekuensi 3 GHz ke atas dengan media terestrial, satelit maupun jaringan siaran kabel. Pada sistem ini beberapa sumber audio dan data di-*interleaved* pada *DAB Audio Frame Path* dan

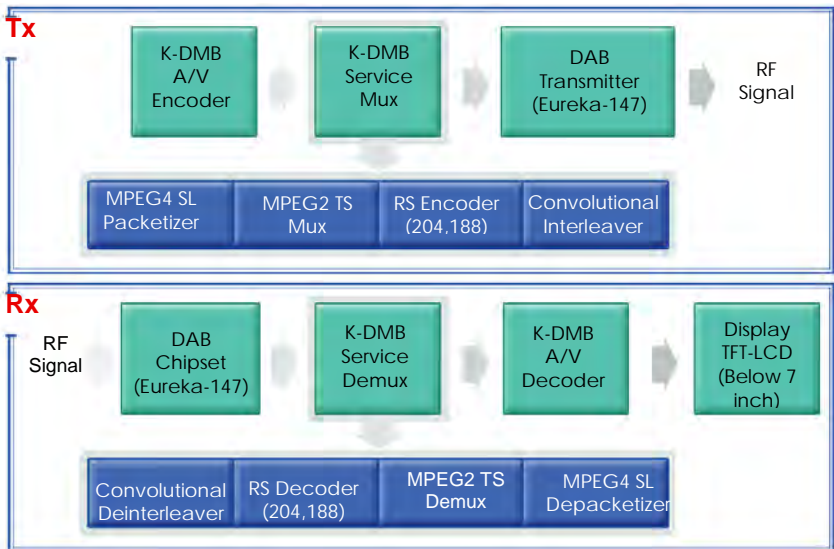
Packet Mode Data Path. Standar pengodean untuk bentuk audio berdasarkan ISO/IEC 11172-3 (MPEG-1 *Audio Layer 2*) and ISO/IEC 13818-3 (MPEG-2 *Audio Layer 2*). Data *audio frame*-nya berisi PAD (*Program Associated Data*), yang mengirimkan berbagai informasi berupa *dynamic range control*, *labeling*, dan sejumlah data teks.

Layanan data dapat dialirkan secara moda *stream* dan moda paket yang selanjutnya di-*multiplex* setiap 24 milidetik dalam CIF (*Common Interleaved Frames*). Pada *frame* transmisi *multiplexer*, CIF dikombinasikan dengan FIC (*Fast Information Channel*), yang berisi informasi jenis layanan dan konfigurasi dari *multiplex*. Selanjutnya *frame* transmisi dimodulasi dengan menggunakan COFDM dengan metode p/4-DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*) dan dikonversikan ke dalam frekuensi gelombang radio. Sebelum proses modulasi, dilakukan teknik *convolutional bit-interleaving* sehingga tingkat BER (*Bit Error Rate*) kurang dari 10^{-4} , yang secara lengkap ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7: Diagram Blok Sistem DAB

Secara sederhana untuk skema transmisi dan penerimaan sistem T-DMB ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Diagram TX dan RX sistem T-DMB

4.3.2. Sistem Pengodean Sumber dan Kompresi

Audio-Video

Sistem pengodean Audio-Video H.264 merupakan standar kompresi video yang dikembangkan oleh *Joint Video Team (JVT-ISO/IEC)*, MPEG dan ITU-T *Video Coding Experts Group (VCEG)*. Sistem ini mempunyai algoritma pengodean yang sangat efisien dibandingkan dengan skema pengodean video MPEG-2. Kelebihan tersebut meliputi peningkatan kemampuan dalam melakukan prediksi, metode transformasi dan pengodean metode entropinya.

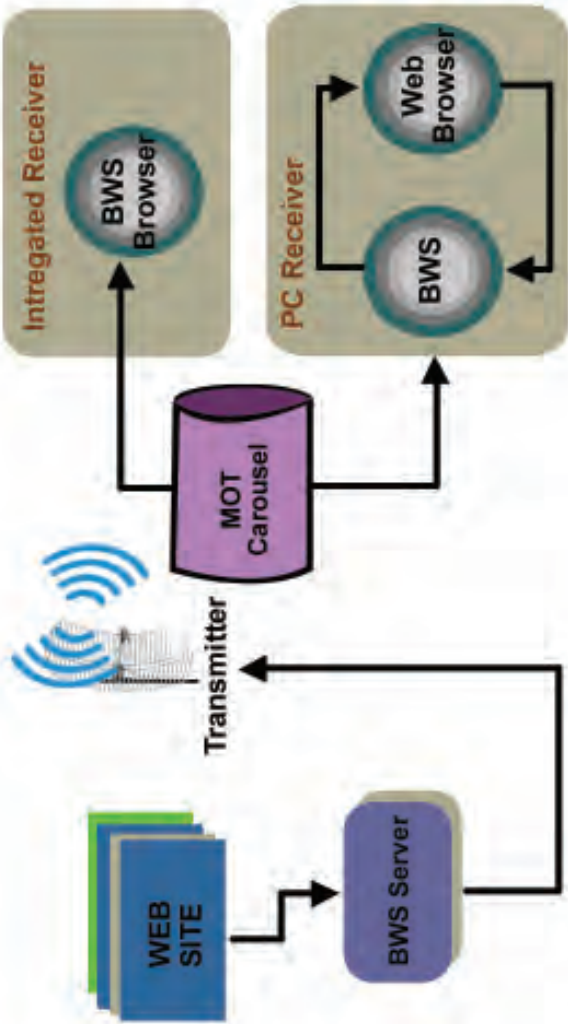
Selain itu, H.264 dilengkapi berbagai fitur terutama dalam penanganan kesalahan, dan sangat fleksibel untuk beroperasi di berbagai jaringan yang mempunyai konfigurasi berbeda termasuk NAL (*Network Abstract Layer unit syntax structure, Parameter set structure, Flexible Macroblock Ordering (FMO), Arbitrary Slice Ordering (ASO), redundant pictures, serta data partitioning*). Semua fitur Audio-Video Coding H.264 tersebut telah diadopsi sistem T-DMB kecuali FMO, ASO dan *redundant pictures*.

Sedangkan dalam pengodean audionya, sistem DMB-T menggunakan BSAC (*Bit-Sliced Arithmetic Coding*) dan HE-ACC. BSAC merupakan metode pengodean audio yang digunakan dalam MPEG-4. Sistem kompresinya sangat mirip dengan skema AAC (*Advanced Audio Coding*) yang digunakan dalam MPEG-2/4. Sedangkan HE-ACC merupakan metode pengodean yang dikombinasikan dari teknologi audio MPEG yang terdiri dari AAC dan SBR (*Spectral Band Replication*) yang mempunyai kemampuan tinggi dalam *low-bitrate audio codecs* dengan kualitas audio yang bagus dengan *bitrate* di bawah 48 kbps.

Sistem DMB-T mengadopsi *core 2D profile/level 1* dalam sistem MPEG-4 yaitu *Scene Description (SD)* untuk pengaturan komposisi layar dan *Object Description (OD)* untuk pengaturan konten. Hal tersebut digunakan untuk membantu mengaktifkan sistem MPEG-4 dalam sistem penyiaran interaktif TV digital DMB-T yang dikenal dengan sebutan BIFS (*Binary Format for Scene*). Sedangkan dalam transmisi konten MPEG-4 tetap digunakan sistem MPEG-2 (*MPEG-4 over MPEG-2 Systems*) dengan mekanisme *multiplexing* yaitu melakukan paketisasi konten MPEG-4 ke dalam MPEG-2 TS dan melakukan sinkronisasi MPEG-4 OCR (*Object Clock Reference*) dengan MPEG-2 PCR (*Program Clock Reference*).

4.3.3. Sistem Multiplex Layanan dan Transpor

Sistem T-DMB juga mempunyai protokol transpor data seperti MOT (*Multimedia Object Transfer*), IP (*Internet Protocol*) *Tunneling*, dan TDC (*Transparent Data Channel*). Protokol MOT didefinisikan sebagai konsep ekspresi dan manipulasi objek multimedia yang terdiri dari teks, gambar statis, gambar bergerak, dan deretan audio. Protokol MOT dirancang dengan jaminan interoperabilitas dengan berbagai layanan data dan aplikasi dari berbagai *vendor* yang berbeda. Layanan data meliputi penyediaan BWS (*Broadcast Website*) dan *slide show*, yang mirip dengan layanan *web* internet. Gambar 4.9 memaparkan diagram layanan BWS pada sistem DMB-T.



Gambar 4.9. Diagram pelayanan Broadcast Website pada sistem DMB-T

Teknik Pengukuran Transmisi Penyiaran Digital

5.1. Manfaat Pengukuran

Sebelum mengimplementasikan sistem dan jaringan TV digital, lebih dulu harus dilakukan tahap desain dan perencanaan. Dalam tahap perencanaan ini target yang hendak dicapai oleh suatu jaringan perlu didefinisikan dalam *master plan*. Parameter-parameter sistem dan jaringan perlu ditetapkan melalui pra-evaluasi. Parameter jaringan di sini termasuk lokasi pemancar (terutama jika menggunakan sistem SFN) yang harus mempertimbangkan jarak maksimum antarpemancar, serta target wilayah cakupan dan jenis pelanggan yang hendak dicakup. Sedangkan parameter sistem meliputi tinggi antena pemancar, daya pancar, serta parameter-parameter modulasi dan *coding*, untuk memastikan kualitas sinyal yang memadai sesuai kondisi lingkungan dan jenis pelanggan (*fixed vs mobile*).

Untuk dapat menentukan parameter sistem dan jaringan, perlu dilakukan lebih dulu pengukuran propagasi. Tujuannya adalah supaya setelah diimplementasikan kelak dapat tercapai target wilayah yang diinginkan dengan kualitas cakupan yang memenuhi standar. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran daya dan cakupan, pengukuran efek *multipath*, dan pengukuran efek Doppler. Pengukuran ini dibahas pada bagian 5.2.

Pada tahap-tahap awal implementasi, jaringan yang telah operasional perlu selalu dipantau sampai benar-benar dapat dipastikan kualitas dan keandalannya. Demikian pula setelah tahap operasional, pemantauan tetap harus dilakukan untuk mendeteksi dini adanya penurunan kualitas dan atau keandalan dan untuk tetap memberikan tingkat layanan terbaik kepada pemirsa TV sebagai konsumen. Oleh sebab itu perlu juga dilakukan pengukuran pada jaringan TV digital yang telah beroperasi. Tahap pengukuran ini dijelaskan pada bagian 5.3.

Yang perlu digarisbawahi adalah ada perbedaan mendasar antara sistem siaran analog dan digital yang memengaruhi teknik pengukurannya. **Pertama**, pada sinyal TV digital informasi video dan audio menjadi satu dalam *payload* yang dibawa oleh sistem transpor, sedangkan pada sinyal TV analog video dan audio dapat diukur secara terpisah. **Kedua**, pada penerimaan sinyal TV analog berlaku sifat *graceful degradation* yaitu kualitas gambar menurun secara bertahap seiring memburuknya rasio daya sinyal terhadap daya *noise* (S/N). Sedangkan pada transmisi digital, ketika S/N menurun bertahap, gambar dapat secara tiba-tiba hilang pada saat S/N turun di bawah suatu nilai minimum atau *threshold*. Fenomena ini menunjukkan bahwa S/N bukanlah satu-satunya parameter terpenting dalam pengukuran transmisi TV digital. Hal ini membawa kita pada perbedaan **ketiga**, yaitu adanya besaran-besaran lain yang perlu diukur sebagai indikator kinerja suatu sistem TV digital yang tidak dikenal pada sistem analog, di antaranya terutama adalah BER (*Bit Error Rate*), MER (*Modulation Error Rate*) dan EVM (*Error Vector Magnitude*).

5.2. Pengukuran Propagasi untuk Perencanaan

5.2.1. Mekanisme Propagasi dan Alat Ukur

Sebelum melakukan pengukuran propagasi radio, perlu dipahami lebih dahulu berbagai mekanisme propagasi radio yang dapat terjadi ketika suatu gelombang radio merambat dari antena pemancar ke antena penerima sambil berinteraksi dengan obyek-obyek di sekitar lintasan. Karena kondisi lingkungan yang bervariasi antara satu lintasan dengan lintasan lain maka pada akhirnya magnitudo atau daya sesaat gelombang yang terdeteksi oleh

suatu pesawat TV akan berbeda dengan yang diterima oleh pesawat lain yang berbeda posisi. Untuk pesawat penerima yang sifatnya portabel dan sedang dibawa oleh si pemilik yang sedang bergerak, daya gelombang yang diterima pun akan berubah terhadap waktu. Oleh karena itu, untuk tujuan analisis dan perencanaan sistem komunikasi radio biasanya digunakan suatu model statistik redaman lintasan radio dengan parameter-parameter yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan. Di samping itu, beberapa alat ukur yang diperlukan juga perlu dibahas di sini.

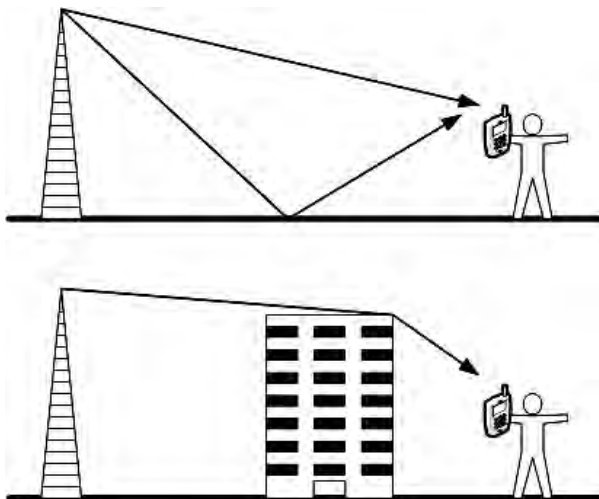
A. Mekanisme propagasi radio

Apabila antena pemancar dan antena penerima bisa saling memandang, tanpa ada obyek apapun di antara keduanya, maka dapat dipastikan bahwa akan terdapat lintasan propagasi langsung antara kedua antena. Kondisi ini seringkali disebut dengan kondisi LOS (*Line-of-Sight*). Seumpama antena pemancar dan penerima terletak di tanah datar yang sangat luas, jauh dari gunung maupun gedung-gedung, maka hanya akan terdapat satu lintasan tambahan lagi yang berasal dari pantulan permukaan tanah. Dengan demikian antena penerima akan menerima hasil jumlahan gelombang yang datang melalui dua lintasan yang berbeda tersebut. Misalkan jarak kedua antena relatif sangat besar dibandingkan dengan dimensi ketinggian antena, maka gelombang yang memantul pada permukaan tanah akan mengalami pembalikan fase. Akibatnya jika selisih panjang antara kedua lintasan merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombang, maka kedua gelombang akan saling meniadakan karena memiliki fase yang berlawanan. Sebaliknya jika selisih jarak kedua lintasan adalah kelipatan ganjil dari setengah gelombang, maka kedua gelombang akan saling menguatkan.

Bila di antara dan di sekitar kedua antena terdapat berbagai obyek pemantul, seperti gedung, bangunan, kendaraan, dan lain sebagainya, sedangkan kondisi LOS masih terjaga, maka akan terdapat banyak sekali lintasan propagasi yang bisa ditempuh oleh gelombang radio. Akibatnya, yang terdeteksi oleh antena penerima adalah penjumlahan dari gelombang-gelombang yang datang melalui berbagai lintasan tersebut. Efek ini biasa disebut sebagai

efek *multipath* atau lintasan jamak. Karena keberadaan obyek-obyek pemantul tersebut sangat variatif, maka akan sangat sulit bagi kita untuk memprediksi dengan tepat magnitudo atau daya sesaat gelombang yang diterima oleh antenna penerima.

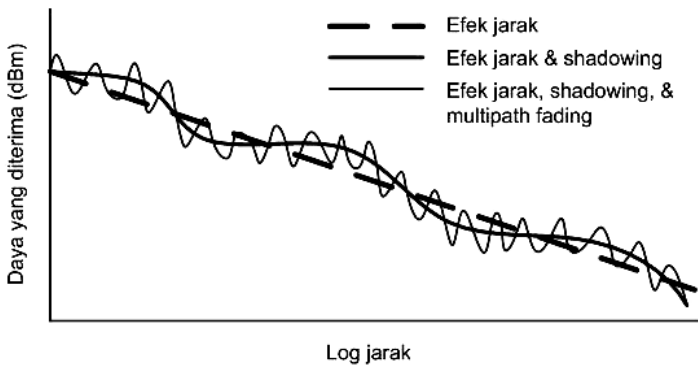
Apabila di antara kedua antenna terdapat obyek penghalang – kondisi yang biasa disebut *non line-of-sight* atau NLOS – maka antenna penerima masih dapat menerima gelombang radio dari pemancar melalui proses pantulan maupun proses difraksi. Dalam proses ini sebagian energi gelombang radio yang merambat ke sisi tepian obyek penghalang akan membelok ke segala arah, termasuk di antaranya ke arah antenna penerima. Dengan demikian, pada kondisi NLOS penerima mendeteksi jumlah gelombang yang datang melalui berbagai proses pantulan dan difraksi tersebut, namun tidak termasuk yang melalui lintasan langsung. Akibatnya daya yang diterima pun sulit untuk diprediksi dengan akurat. Gambar 5.1 mengilustrasikan kondisi LOS dengan dua lintasan dan NLOS dengan difraksi.



Gambar 5.1: Ilustrasi kondisi LOS dan NLOS

B. Model redaman lintasan

Dari pembahasan di atas, diketahui bahwa daya yang diterima oleh antena penerima sangat bergantung terhadap posisi antena dan terhadap waktu, jika pesawat penerima tersebut bergerak. Variasi daya terima terhadap posisi dapat dipilah-pilah berdasarkan komponen penyebabnya. Gambar 5.2 mengilustrasikan variasi daya total yang diterima terhadap jarak, beserta tiga komponennya yaitu pengaruh jarak, pengaruh *shadowing*, dan pengaruh *multipath*.



Gambar 5.2: Ilustrasi efek jarak, *shadowing*, dan *multipath fading* pada daya yang diterima

(i) pengaruh jarak

Untuk keperluan analisis biasanya digunakan model yang sangat sederhana untuk menggambarkan pengaruh jarak d terhadap daya terima P_r :

$$P_r \propto d^{-n}$$

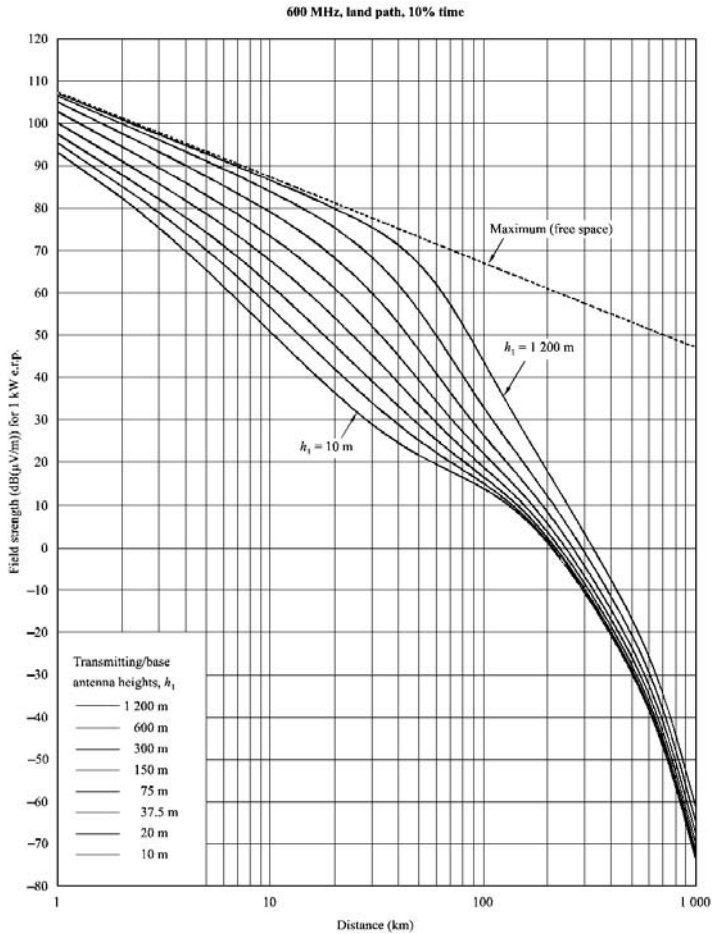
dengan pangkat n bernilai 2 untuk kondisi ruang bebas (tak ada satu pun obyek termasuk permukaan tanah di sekitar antena

pemancar dan penerima), 4 untuk kondisi dua lintasan, langsung dan pantulan permukaan tanah, dengan jarak antarantena yang sangat jauh, serta secara umum 3 – 5 untuk daerah perkotaan. Sebagai contoh, dengan $n = 4$ maka daya akan melemah sampai 1/16 kali (atau turun sebesar 12 dB) jika jarak pemancar ke penerima meningkat dua kali lipat saja.

Sejumlah model propagasi yang lebih rinci, dengan parameter masukan yang lebih banyak, diajukan oleh berbagai pihak. Di antaranya yang perlu diperhatikan untuk sistem siaran TV pada pita VHF dan UHF adalah model Longley-Rice, Okumura-Hata [Rappaport, 2002], dan model ITU-R sesuai dengan rekomendasi P.1546 [ITU-R, 2005]. Khusus untuk rekomendasi ITU-R tersebut, kurva-kurva pada *Annex 2* yang berlaku untuk rentang frekuensi 30 – 300 MHz dan *Annex 3* untuk 300 – 1000 MHz memberikan median intensitas medan yang terukur pada suatu area berukuran 500 m × 500 m, masing-masing pada pita VHF dan UHF yang digunakan untuk siaran TV. Gambar 5.3 menunjukkan grafik kurva intensitas medan UHF yang terlampaui pada 50% lokasi untuk persentase waktu 10%.

(ii) efek shadowing

Variasi daya sinyal karena *shadowing* terjadi akibat adanya variasi di lingkungan sekitar lintasan propagasi, terutama obyek-obyek yang berpotensi menjadi penghalang, seperti gedung-gedung maupun *terrain* yang tidak rata. Sebagai ilustrasi, beberapa pesawat TV yang berada pada lokasi yang berbeda namun memiliki jarak yang sama dari pemancar akan mengalami daya terima yang berbeda. Satu pesawat TV terhalang oleh gedung tinggi terhadap pemancar. Pesawat TV yang lain hanya terpisah oleh tanah datar yang luas, dan sebagainya. Perbedaan yang demikian cenderung berskala besar, dalam arti agar halangan oleh gedung tersebut hilang si pemilik pesawat TV harus bergerak cukup jauh, sampai puluhan kali lipat panjang gelombang, hingga melewati gedung tersebut.



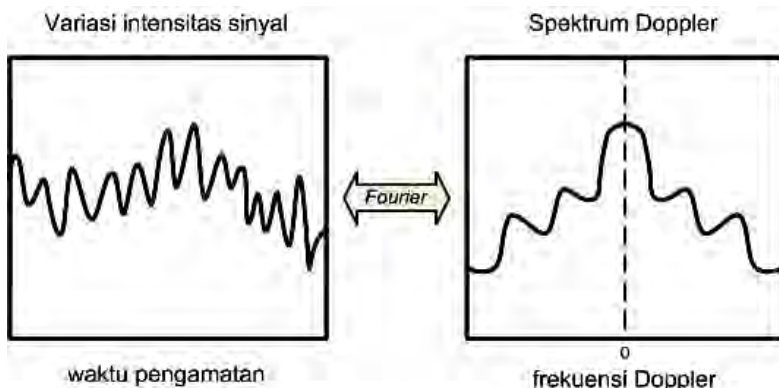
Gambar 5.3: Kuat medan 600 MHz yang terlampaui pada 50% lokasi penerima dalam area $500\ m \times 500\ m$ untuk 10% waktu [ITU-R, 2005]

(iii) efek multipath (lintasan jamak)

Variasi *multipath* adalah variasi skala kecil, karena perubahan efek destruktif-konstruktif oleh lintasan jamak, seperti yang sudah dibahas di atas, dapat terjadi dalam skala yang berorde sama dengan panjang gelombang. Sebagai contoh, bagi gelombang 600 MHz dengan panjang 50 cm, pergeseran tempat penerimaan

sejauh 25 cm saja bisa menyebabkan perubahan magnitudo sinyal yang cukup besar.

Dalam kaitan dengan *multipath*, dikenal pula adanya efek Doppler akibat pergerakan pesawat penerima. Pengaruh pergerakan pesawat penerima muncul dalam dua bentuk. Jika ditinjau di ranah waktu, pergerakan ini menyebabkan perubahan kanal propagasi radio terhadap waktu. Konsekuensinya, apabila siaran TV digital ditargetkan juga kepada pemirsa yang sedang di jalan, maka TV penerima harus memiliki kemampuan yang memadai untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan kanal. Sedangkan di ranah frekuensi, terjadi pergeseran atau pelebaran spektrum frekuensi. Efek dispersi frekuensi ini bisa terasa terutama pada sistem komunikasi yang menggunakan *multi-carrier* (lebih dari satu frekuensi gelombang pembawa) seperti OFDM karena menurunkan ortogonalitas antar *sub-carrier* yang pada akhirnya menyebabkan distorsi sinyal. Dalam hal ini perangkat penerima harus dibekali ketahanan terhadap kemungkinan terjadinya efek dispersi frekuensi ini. Gambar 5.4 mengilustrasikan efek variasi kuat sinyal yang diterima sambil bergerak beserta spektrum Doppler yang terjadi.



Gambar 5.4: Ilustrasi variasi kuat sinyal dan spektrum Doppler

C. Alat ukur dan perangkat penunjang pengukuran

Suatu sistem pengukuran biasanya tersusun dari perangkat antena yang terhubung dengan kabel ke alat ukur, serta alat bantu

lainnya seperti GPS *receiver* untuk menentukan koordinat, kamera digital untuk dokumentasi gambar lingkungan pengukuran, dan *log book* untuk mencatat pengamatan yang dianggap penting selama proses pengukuran. Untuk proses pengukuran biasanya digunakan antena *dipole* setengah panjang gelombang yang standar. Namun jika *dipole* standar ini tak tersedia, dapat diganti dengan antena yang mendekati prototipe antena yang kelak akan dipakai oleh para pelanggan.

Untuk mengukur intensitas atau kuat sinyal ataupun daya dapat digunakan salah satu dari *field strength meter*, *power meter*, ataupun *spectrum analyzer*. *Power meter* digunakan untuk mengukur daya, sedangkan *field strength meter* dapat langsung mengukur kuat medan yang diterima oleh antena dan, pada jenis yang sudah digital, biasanya langsung dapat memberikan daya yang terukur. *Spectrum analyzer* memiliki keunggulan karena di samping dapat digunakan untuk mengukur daya secara langsung dari sinyal *carrier* tanpa modulasi, juga dapat mengukur spektrum sinyal yang diterima. Dengan demikian *spectrum analyzer* akan sangat bermanfaat untuk pengukuran spektrum sinyal TV digital, terutama dalam mengevaluasi rasio proteksi.

Beberapa parameter penting pada sistem TV digital, seperti BER, MER, atau EVM, hanya dapat diukur dengan perangkat khusus. Pada saat ini sudah cukup banyak perusahaan pembuat alat ukur yang menyediakan berbagai pilihan alat ukur TV digital berdasarkan standar sistem yang dipakai. Sebagai contoh, alat ukur TV digital khusus untuk sistem DVB-T pasti akan memiliki kemampuan menerima sinyal DVB-T dengan berbagai parameter modulasi, *coding*, dan *guard interval*, serta mampu mengukur BER dan MER pada berbagai titik ukur pada struktur penerima.

5.2.2. Pengukuran Daya dan Cakupan

Secara logika sederhana, penentuan daerah cakupan dapat langsung dilakukan dengan mengukur daya pada berbagai titik lokasi di dalam daerah cakupan nominal yang direncanakan. Persentase cakupan kemudian dapat langsung diperoleh dengan menghitung porsi lokasi di mana daya terukur berada di bawah suatu nilai minimum P_{min} yang telah ditetapkan berdasarkan

standar sistem yang diacu. Namun proses semacam ini memerlukan biaya, tenaga, dan waktu yang besar untuk dapat memberikan hasil yang akurat. Apalagi persentase cakupan hampir pasti bervariasi berdasarkan kondisi *terrain* dan geografis wilayah sasaran. Oleh sebab itu diciptakan teknik pengukuran cakupan yang berbasis pada estimasi statistik daya terukur yang akan dijelaskan di bagian ini.

Sebelum memulai pengukuran daya dan cakupan, perlu dibuat *link budget* untuk semacam *reality check*. *Link budget* ini bertujuan menguji kelayakan sistem di atas kertas dengan spesifikasi pemancar yang telah ditetapkan dan alat ukur yang digunakan. Target akhirnya adalah mengecek apakah akan didapat margin daya yang cukup pada penerima untuk mengakomodasi kemungkinan terjadi *shadowing* dan *fading* yang seharusnya masih bisa ditoleransi pada pengukuran. Jika dari *link budget* diperoleh margin yang terlalu kecil, maka kemungkinan besar hasil pengukuran akan memberikan daya terukur yang terlalu kecil, bahkan di bawah *noise floor* atau sensitivitas alat ukur, sehingga tidak valid untuk digunakan dalam analisis.

Proses perhitungan *link budget* sangat mirip dengan perencanaan anggaran biaya, dengan item-item yang semua dinyatakan dalam satuan desibel. Daya pancar dan setiap efek penguatan atau *gain* yang bersifat memperbesar daya efektif adalah “pemasukan”, sementara rugi, redaman propagasi, dan daya *noise* berperan sebagai “pengeluaran”. Selisih dari pemasukan dan pengeluaran ini pada *link budget* memberikan besarnya margin daya yang tersedia (lihat Tabel 5.1).

Pengukuran daya dilakukan pada lokasi-lokasi yang acak, dengan jarak yang bervariasi dari antena pemancar. Diusahakan pengambilan sampel cukup merata dari jarak yang terdekat sampai terjauh, sesuai dengan radius daerah cakupan yang direncanakan. Pada setiap lokasi pengukuran, dilakukan pencatatan daya terukur dan koordinat lokasi dari GPS. Koordinat ini nantinya digunakan dalam perhitungan jarak dari pemancar.

Tabel 5.1: Contoh *link budget* pengukuran

ERP (Pt + Gt)	75.00	dBm	(+)
Redaman lintasan	136.33	dB	(-)
Model Hata, urban			
575 MHz			
Ht = 100 m			
Hr = 1.5 m			
d = 5 km			
Gain antena penerima (Gr)	5.00	dB	(+)
Sensitivitas alat ukur	-60.00	dBm	(-)
Marjin daya	3.67	dB	

Data hasil pengukuran dapat digunakan untuk menentukan dua parameter propagasi:

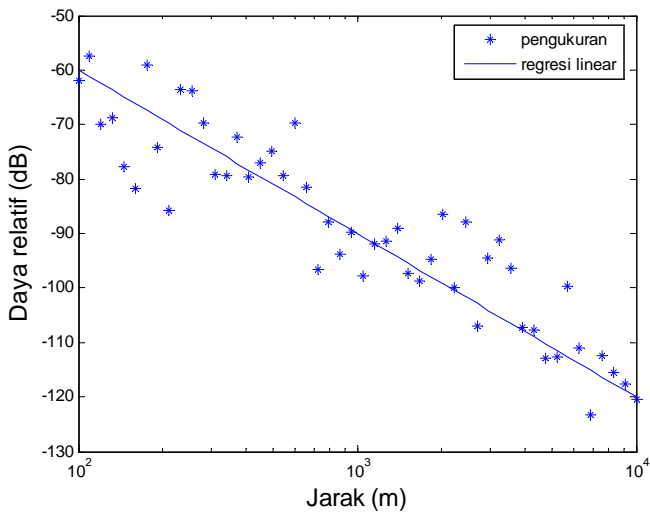
- Pangkat n dari jarak, jika digunakan model pengaruh jarak yang sederhana seperti dijelaskan pada Bagian 5.2.1. Nilai pangkat n diperoleh dengan regresi linear terhadap persamaan:

$$P_{r,dBm} = P_{0,dBm} - n \log_{10} d$$

Jika digunakan model Okumura-Hata, ITU-R P.1546, dan yang sejenis, maka estimasi pangkat jarak ini tidak perlu dilakukan.

- Simpangan baku (*standard deviation*) σ dari *shadowing* dalam dB di sekitar median daya terima. Median daya terima ini dapat diestimasi sebagai fungsi jarak dengan menggunakan model di atas atau model Okumura-Hata dan ITU-R P.1546. Variasi *shadowing* diperoleh dengan menghitung selisih dB antara daya terukur dengan estimasi median daya pada setiap lokasi pengukuran.

Gambar 5.5 mengilustrasikan perhitungan regresi linear untuk memperoleh pangkat jarak dan variasi *shadowing*.



Gambar 5.5: Perhitungan regresi linear untuk menentukan pangkat jarak dan variasi *shadowing*

Estimasi persentase wilayah cakupan kemudian dapat dilakukan dengan menerapkan asumsi variasi *shadowing* dalam dB yang berdistribusi Gaussian dengan simpangan baku σ yang diperoleh dari pengukuran. Secara umum, jika ditentukan daya minimum yang masih dianggap memberikan kualitas sinyal memadai P_{min} , maka proporsi daerah tercakup adalah rasio antara luas daerah di mana daya terima lebih besar dari P_{min} terhadap luas daerah cakupan nominal. Khusus jika diasumsikan daya menurun terhadap jarak dengan eksponen n dan simpangan baku variasi *shadowing* σ maka proporsi cakupan dapat langsung diperoleh dengan rumus:

$$F = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \exp\left(\frac{1}{b^2}\right) \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{b}\right)\right)$$

dengan $b = 10n \log_{10} e / \sigma \sqrt{2}$ dan asumsi tambahan bahwa pada tepi sel terdapat margin daya nol [Jakes, 1994].

5.2.3. Pengukuran Efek Multipath

Efek *multipath* memanifestasikan diri dalam dua bentuk. Pertama berupa *fading* atau variasi daya sinyal dalam area yang kecil (cukup kecil untuk bisa dibilang bahwa variasi yang terjadi bukan disebabkan efek jarak maupun *shadowing*) dan kedua berupa *multipath spread* yang menyebabkan dispersi atau pelebaran pulsa.

Fading mengakibatkan variasi kualitas cakupan pada lokasi-lokasi yang berdekatan. Oleh sebab itu pengukuran terhadap efeknya pun dilakukan pada beberapa titik dalam area yang tidak luas, biasanya diambil $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ [Ladebusch, 2006]. Area-area kecil tersebut dipilih untuk berbagai kondisi, seperti di luar gedung (*outdoor*) pada jarak dekat, sedang, dan jauh, relatif terhadap radius cakupan nominal, baik untuk kondisi LOS maupun NLOS. Demikian juga dipilih beberapa area untuk kondisi *indoor*, baik yang mewakili perumahan maupun gedung bertingkat. Dalam setiap area dilakukan pengukuran kuat sinyal atau daya pada minimal 20 titik. Hasilnya digunakan untuk menentukan kualitas cakupan pada area tersebut dalam persen, sesuai dengan kuat sinyal atau daya sinyal minimum yang dikehendaki sebagai kriteria cakupan.

Untuk siaran analog, kualitas cakupan per area sebesar 50% biasanya sudah dianggap cukup karena penurunan kualitas gambar berlangsung secara bertahap (*graceful degradation*). Tetapi pada siaran digital biasanya diharapkan kualitas cakupan setinggi 95% karena sifat penurunan kualitas sinyal yang lebih bersifat tiba-tiba, dapat berubah menjadi tidak ada gambar sama sekali apabila sinyal melemah.

Efek dispersi pulsa dapat menyebabkan fenomena ISI (*Inter-Symbol Interference*), yaitu bercampurnya pulsa-pulsa yang berurutan pada penerima sehingga dapat mengakibatkan *error* dalam proses deteksi. Biasanya diterapkan ekualisasi digital untuk mengatasi efek ini. Pada sistem yang berbasis OFDM seperti DVB-T, efek ini diatasi dengan *cyclic prefix* atau *guard interval*. Namun *multipath spread* yang berlebihan, sampai melebihi panjang ekualiser maupun *guard interval*, berpotensi menyebabkan *error* yang tidak dapat dihilangkan.

Terdapat beberapa teknik yang cukup rumit untuk mengukur *multipath spread* pada suatu lingkungan. Cara pertama adalah dengan menggunakan pemancar pulsa yang kemudian ditangkap oleh penerima dengan osiloskop yang memiliki fasilitas perekaman otomatis untuk melihat pelebaran pulsa yang terjadi. Cara kedua dengan pemancar yang mengirimkan deretan pulsa *pseudo-noise* yang setelah sampai pada penerima dikorelasikan deretan pulsa aslinya. Cara ketiga adalah dengan merekam respon frekuensi kanal dengan *spectrum analyzer* dengan menggunakan pemancar yang dapat melakukan pemindaian frekuensi. Pada beberapa alat ukur TV digital seperti Pixelmetrix™ telah terdapat fasilitas pengukuran *multipath spread* ini yang sebenarnya bekerja dengan memanfaatkan teknik kedua di atas, menggunakan fasilitas estimasi kanal OFDM.

5.2.4. Pengukuran Efek Doppler

Idealnya efek Doppler diukur dengan merekam langsung level tegangan sinyal yang diterima di atas kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu. Perekaman dapat dilakukan dengan proses *sampling* yang diikuti konversi analog ke digital, dengan frekuensi *sampling* minimal dua kali lebih besar dibandingkan frekuensi Doppler maksimum yang ingin diukur. Frekuensi Doppler maksimum (Hz) terjadi ketika kendaraan bergerak tepat menuju atau menjauhi pemancar dan dapat diestimasi dari kecepatan gerak kendaraan v (m/det) dan panjang gelombang λ (m) sebagai berikut:

$$f_{\max} = \frac{v}{\lambda}$$

Jika perangkat pengukuran yang tersedia tidak mencukupi untuk dapat melakukan pengukuran langsung seperti di atas, maka dapat digunakan cara alternatif. Tentukan beberapa jalur jalan dengan kriteria:

- memungkinkan mobil pengukur berjalan lambat dan sering berhenti untuk melakukan pengukuran

- mewakili berbagai kondisi lingkungan seperti jalan yang dikelilingi gedung tinggi, jalan di lingkungan perumahan, dan jalan di tempat yang lebih terbuka.
- meliputi dua jenis jalur, yaitu lurus atau hampir lurus dan berbelok-belok.

Untuk setiap jalur yang dipilih, telusuri jalur, berhenti setiap 1 atau 2 meter (pilih interval yang memungkinkan untuk dilakukan), ukur daya pada setiap titik perhentian, lakukan sampai sejauh 100 meter atau lebih.

Sebagai gambaran, untuk frekuensi tepat 600 MHz jarak 1 meter ekuivalen dengan dua kali panjang gelombang. Jika diasumsikan kendaraan pelanggan bergerak dengan kecepatan 10 km/jam, maka jalur 100 meter setara dengan jangka waktu pengukuran 36 detik dan periode *sampling* 0,36 detik, sehingga frekuensi Doppler maksimum yang dapat terukur oleh sistem adalah 2,7 Hz. Sedangkan jika pelanggan melaju 40 km/jam, jangka waktu pengukuran ekuivalen adalah 9 detik dengan periode *sampling* 0,09 detik dan frekuensi Doppler maksimum terukur 11 Hz. Artinya, makin pendek interval pengukuran, makin tinggi pula kemampuan sistem pengukuran untuk mendeteksi frekuensi Doppler.

Hasil pengukuran level sinyal sebagai fungsi waktu *sampling* (jika yang terukur adalah daya sinyal, maka dapat dilakukan konversi lebih dulu menjadi tegangan) diolah melalui transformasi Fourier untuk mendapatkan spektrum Doppler. Dari fungsi ini dapat diperoleh frekuensi Doppler maksimum yang terjadi dalam batas kemampuan pengukuran oleh sistem.

5.2.5 Studi Kasus Pengukuran Propagasi

Berikut ini dibahas beberapa studi kasus pengukuran untuk sistem siaran TV digital. Tiga contoh pertama berkaitan dengan pengukuran karakteristik propagasi gelombang radio untuk siaran TV digital. Tiga kasus yang dibahas terjadi di tiga negara yang berbeda dengan tujuan yang berbeda pula. Kasus pertama adalah yang terjadi paling awal dan berlangsung di Amerika Serikat, salah satu negara yang memelopori siaran TV digital. Tujuan pengukuran adalah mempelajari pengaruh efek propagasi radio terhadap

kinerja sistem TV digital berbasis ATSC. Patut dicatat di sini bahwa seluruh aktivitas pengukuran dilangsungkan di tiga kota dengan karakteristik lingkungan propagasi yang berbeda sehingga hasil yang diperoleh juga telah memperhitungkan variasi tersebut.

Kasus kedua adalah pengukuran yang dilakukan di Brasil yang merupakan salah satu negara yang mengalami masalah penentuan standar nasional sistem TV digital seperti Indonesia. Pengukuran yang dilakukan lebih bertujuan untuk membandingkan kinerja tiga sistem TV digital, yaitu ATSC, DVB-T, dan ISDB-T, di bawah berbagai efek propagasi pada lingkungan perkotaan di Brasil. Konsekuensinya, pengukuran yang diperoleh belum memberikan hasil yang dapat digunakan langsung untuk desain sistem dan jaringan secara lengkap.

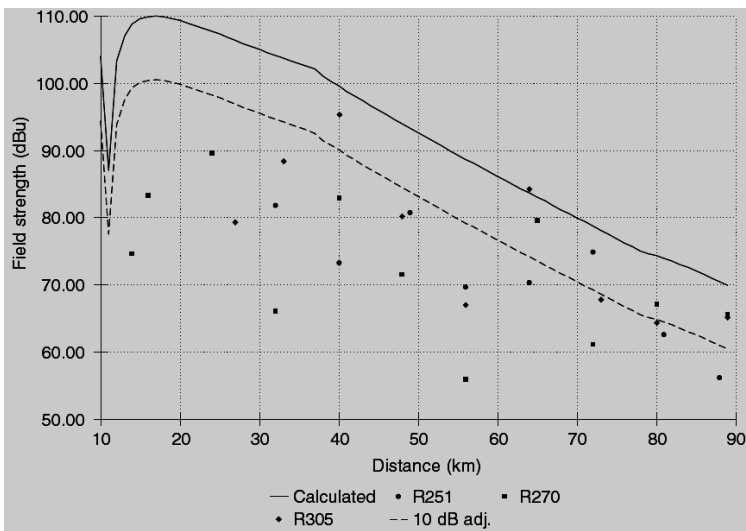
Keistimewaan pengukuran di Brasil adalah digunakannya teknik simulasi dan pengukuran laboratorium yang dalam analisis diintegrasikan dengan hasil pengukuran lapangan untuk melakukan studi komparatif ketiga sistem yang diuji.

Contoh kasus ketiga adalah pengukuran di Indonesia yang menghasilkan berbagai analisis, termasuk prediksi *coverage*, spektrum Doppler untuk penerima yang bergerak, dan efek lintasan jamak atau *echo*, khususnya untuk sistem DVB-T. Hasil yang diperoleh ini kelak dapat dimanfaatkan dalam tahap desain sistem transmisi dan jaringan pemancar.

Studi Kasus 1: Pengukuran Propagasi di Amerika Serikat

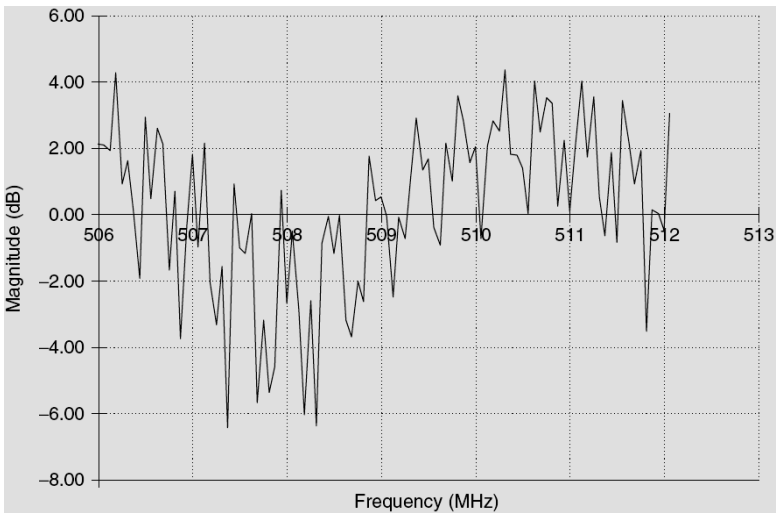
Pada periode antara 1996-1998 dilakukan sejumlah pengukuran di Amerika Serikat untuk keperluan implementasi sistem TV digital [Collins, 2001]. Pengukuran dilakukan di tiga kota; Charlotte, Raleigh, dan Chicago, dengan sasaran utama untuk mengukur kuat sinyal yang diterima pada sejumlah titik pengukuran serta respon frekuensi kanal. Di antara ketiga kota, Chicago memberikan tantangan terbesar dari sisi propagasi radio karena lingkungannya sangat variatif dengan wilayah yang sangat luas. Sebagai contoh, keberadaan gedung-gedung tinggi di pusat kota menjadi masalah tersendiri dalam penyediaan *coverage* di area tersebut.

Di Chicago pengukuran dilakukan pada kanal 20 yang menempati pita 506-512 MHz, dengan daya pancar 284 kW (54,5 dBW). Ketinggian antenna pemancar 366 m di atas gedung bertingkat, dan ketinggian antenna penerima 9 m. Gambar 5.8 menunjukkan hasil pengukuran kuat sinyal di Chicago dinyatakan sebagai fungsi jarak. Sebagai pembanding telah dihitung nilai teoritis kuat sinyal yang diterima dengan asumsi pantulan oleh permukaan tanah. Setelah dilakukan koreksi 10 dB kepada kurva teoritis, didapatkan kurva yang lebih mendekati hasil pengukuran.



Gambar 5.8: Kurva kuat sinyal terukur di Chicago [Collins, 2001]

Sementara itu magnitudo respon frekuensi kanal propagasi pada spektrum frekuensi 506-512 MHz ditunjukkan oleh gambar 5.9. Respon frekuensi ini diukur pada jarak 32 km dari antenna pemancar. Fluktuasi beberapa desibel sepanjang spektrum menunjukkan adanya sifat selektivitas frekuensi pada kanal, di mana energi gelombang radio pada satu segmen spektrum frekuensi mendapat respon yang lebih baik dari segmen yang lain. Hal ini umum terjadi pada kondisi lingkungan yang memiliki banyak obyek pemantul dan penghambur (*scatterer*) gelombang radio. Untuk mengompensasi efek ini dapat diterapkan proses ekualisasi agar respon frekuensi kanal lebih homogen sepanjang spektrum dan efek pantulan lintasan jamak dapat dieliminasi.



Gambar 5.9: Magnitudo respon frekuensi kanal propagasi di Chicago [Collins, 2001]

Studi Kasus 2: Pengukuran Propagasi di Brasil

Di Brasil telah dilakukan evaluasi, baik di laboratorium maupun di lapangan, berkaitan dengan kinerja tiga sistem TV digital, yaitu ATSC, DVB-T, dan ISDB-T selama periode 1998-2000 [Pessoa dkk, 2000]. Pengukuran lapangan dilakukan di Sao Paulo pada kanal 34 UHF (593 MHz) dengan ketinggian antenna 104,2 meter dari permukaan tanah. Daya pancar rata-rata adalah 2,5 kW (34 dBW) dan daya efektif 12 kW (40,8 dBW) termasuk penguatan antenna dan rugi saluran transmisi. Beberapa jenis pengukuran telah dilaporkan. Tiga di antaranya yang terpenting adalah pengukuran untuk penerimaan sinyal di luar gedung (*outdoor*), di dalam gedung (*indoor*), dan pada kondisi bergerak (*mobile*).

Pengukuran *outdoor* dilakukan dengan kendaraan, sedangkan antenna penerima terpasang pada ketinggian 10 meter. Pengukuran dilakukan pada 124 titik dalam wilayah yang berpusat pada lokasi pemancar dengan radius sampai 40 km. Sedangkan pengukuran *indoor* dilakukan di 39 lokasi dengan antenna UHF logperiodik di dalam rumah. Distribusi probabilitas intensitas medan *threshold*

E_{lim} yang diperoleh untuk kedua kondisi kemudian dibandingkan dengan intensitas minimum E_{min} pada kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) tanpa pengaruh *shadowing* dan *multipath* yang didapat dari pengukuran di laboratorium. Hasil pada tabel 5. 3 menunjukkan bahwa pada kedua kondisi tersebut ATSC lebih unggul dibandingkan DVB-T dengan konfigurasi 64-QAM, laju pengodean 3/4, *guard interval* 1/16, dan *mode* 2K.

Tabel 5.3: Nilai S/N threshold yang terlampaui dengan probabilitas tertentu

Sistem yang diuji	Nilai S/N threshold yang terlampaui (dB)						
	AWGN (Lab)	Outdoor			Indoor		
		75%	50%	25%	75%	50%	25%
ATSC	14,6	15,3	16,0	20,3	16,6	18,1	22,4
DVB-T: 64-QAM, 3/4, 1/16, 2K	18,9	19,6	20,3	21,7	19,2	21,1	25,3

Pengukuran untuk kondisi *mobile* didahului dengan simulasi untuk mendapat gambaran awal. Hasil simulasi menunjukkan keterbatasan sistem ATSC untuk beroperasi pada kondisi kanal berubah karena pergerakan pesawat penerima. Sebaliknya DVB-T mampu beroperasi sampai kecepatan gerak 60 km/jam dengan frekuensi Doppler maksimum 33,3 Hz jika digunakan konfigurasi 64-QAM, 3/4, 1/16, 2K. Simulasi juga menunjukkan semakin sedikit *subcarrier* yang digunakan, semakin tahan sistem DVB-T terhadap perubahan kanal. ISDB-T dengan konfigurasi 64-QAM, 3/4, 1/16, 4K, 0,1s juga menunjukkan kemampuan yang sangat baik untuk beroperasi pada kondisi kanal yang berubah karena pergerakan penerima, bahkan mampu mencapai kecepatan gerak 107 km/jam, atau ekuivalen dengan frekuensi Doppler maksimum 59,4 Hz.

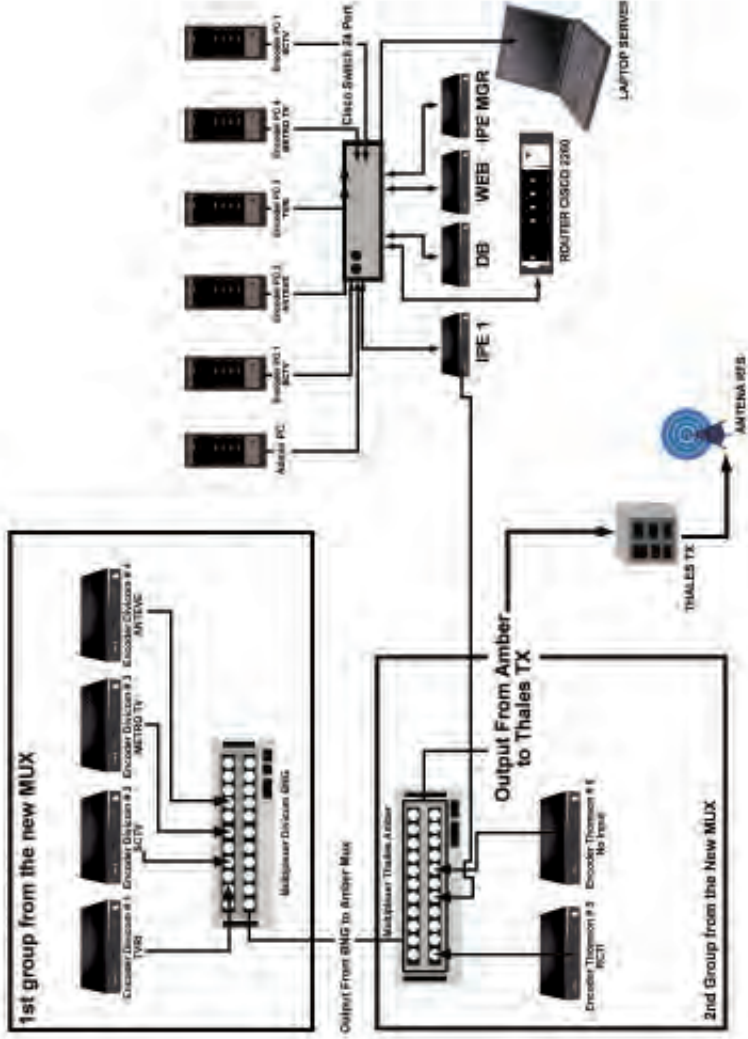
Pada pengukuran lapangan dalam kondisi *mobile* hanya dilakukan pengamatan terhadap kualitas gambar dengan metode subyektif, menelusuri 6 jalur pengukuran. Pengujian melibatkan sistem DVB-T dan ISDB-T saja dengan hasil yang hampir sama; gambar pada kedua sistem menunjukkan adanya artifak (gambar berhenti, *blocking*, dan sebagainya) beberapa kali selama pengukuran.

c. Studi Kasus 3: Pengukuran Propagasi di Indonesia

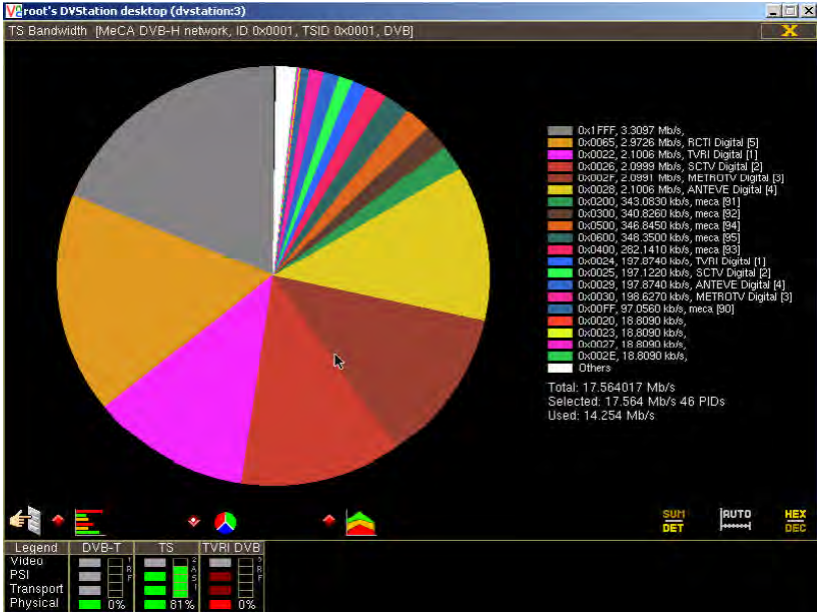
Sejak 2006 telah dilaksanakan serangkaian uji coba untuk beberapa sistem TV digital di Jakarta yang merupakan salah satu program dalam kerangka kerja Tim Nasional Migrasi dari Analog ke Digital [Budiarto, 2007, Hendranto, 2007]. Sepanjang Februari 2007 tim gabungan BPPT dan ITS dengan dukungan dana riset dari Kementerian Negara Riset dan Teknologi melakukan pengukuran daya sinyal terima di berbagai titik di sekitar pemancar siaran TV digital dengan standard teknologi DVB-T yang terpasang pada ketinggian sekitar 100 meter di menara TVRI Senayan Jakarta dan ditransmisikan pada kanal 34 (575,25 MHz). Sedangkan *setting* parameter transmisi pada saat uji coba mempunyai karakteristik berupa daya pancar efektif 400 Watt, dengan modulasi OFDM 8K 16-QAM yang mempunyai konfigurasi *code rate* 3/4 dan *guard interval* 1/16, dengan *bandwidth* 8 MHz. Alat pengukuran yang digunakan adalah *PRODIG-5™* dan *Pixelmetrix™* yang mampu mengukur parameter seperti CBER, VBER, C/N, *field strength*, respon *impulse*, serta *bandwidth* audio dan video. Sebagai antena penerima digunakan antena mobile yang dipasang pada kaca jendela kendaraan pengukuran.

Gambar 5.10 menunjukkan tipikal *display* *Pixelmetrix™* yang menampilkan spektrum dan konstelasi sinyal, respon impuls kanal, distribusi interval paket, *pie chart* alokasi laju bit per program, tampilan gambar video yang diterima, serta parameter kinerja lainnya seperti SNR, BER, MER, dan *bandwidth*, baik secara terpisah maupun serentak pada satu layar.

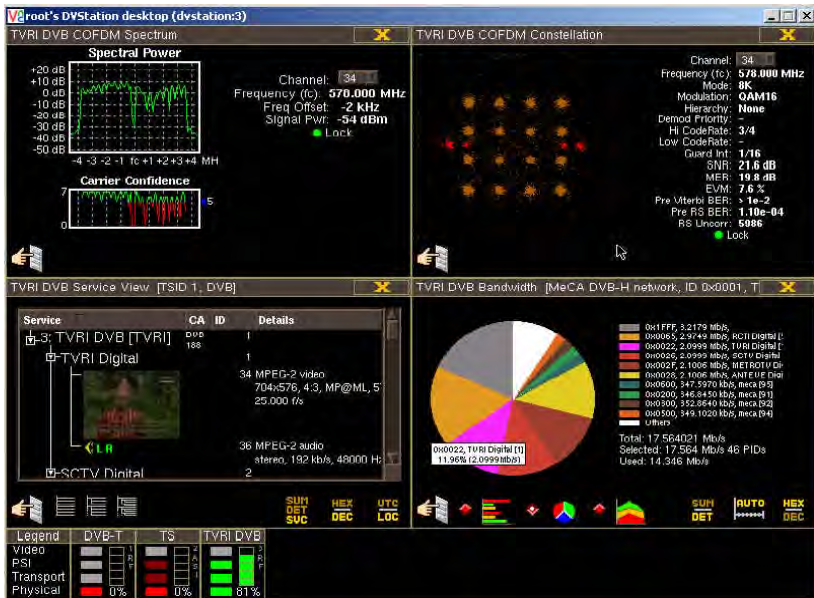
Pada uji coba ini telah dibuktikan efisiensi kanal di mana 1 kanal dengan kapasitas 17,56 Mbps dapat diisi sebanyak 5 program siaran TV masing-masing sebesar 2 Mbps yang dapat diterima untuk pesawat TV biasa (*fixed*), ditambah 5 program masing-masing sebesar 0,1 Mbps yang dapat diterima oleh handheld sesuai standar DVB-H. Gambar 5.11 menunjukkan konfigurasi sistem pemancar yang digunakan pada uji coba, termasuk 5 pengode sinyal dari 5 program untuk DVB-T dan 5 pengode untuk DVB-H, sedangkan gambar 5.12 menunjukkan *pie chart* pembagian kapasitas kanal untuk program-program tersebut, seperti yang terukur oleh *Pixelmetrix™*.



Gambar 5. 10: Konfigurasi pemancar DVB-T/H [sumber: Edy Setiadi, TVRI Pusat]

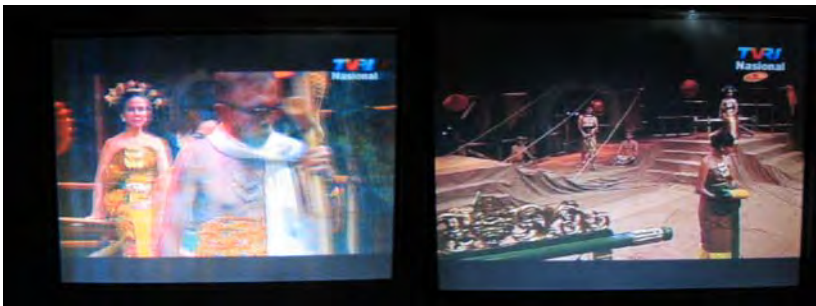


Gambar 5.11: Skema alokasi kapasitas per program yang terukur



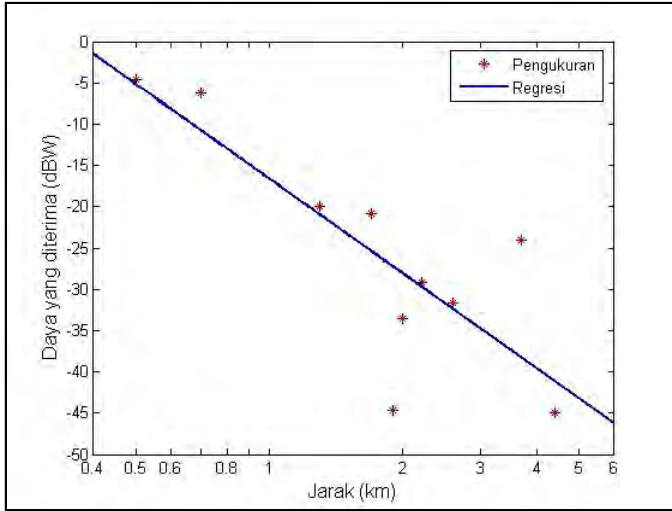
Gambar 5.12: Tipikal displai pengukuran

Secara umum, hasil analisis pengukuran sistem TV digital terestrial (DVB-T) mengindikasikan kualitas penerimaan gambar yang lebih baik, bebas dari *echo*, lebih tahan terhadap pelemahan daya dan gangguan derau. Gambar 5.13 menunjukkan contoh penangkapan gambar TVRI siaran analog (kiri) dan digital (kanan) oleh *Pixelmetrix*TM pada lokasi yang sama di lantai 21 gedung BPPT dengan antena dalam. Dapat diamati timbulnya gambar ganda pada gambar siaran analog dibandingkan versi digital yang bersih dari *echo*, padahal daya yang terukur dari siaran analog 10 kali lipat lebih besar dibanding yang digital.

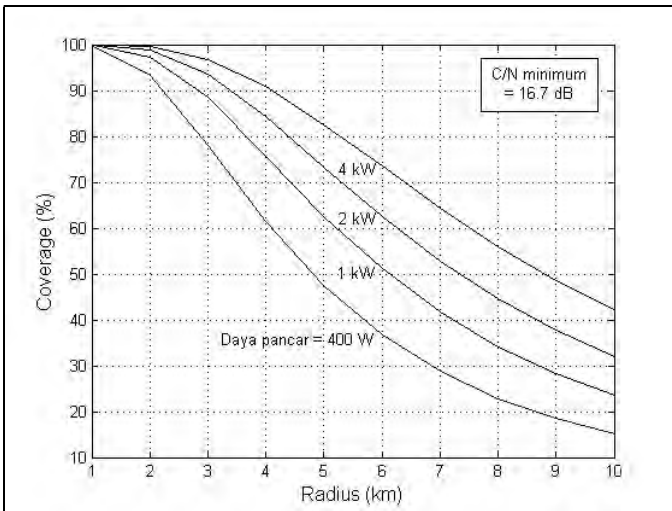


Gambar 5.13: Contoh penangkapan gambar TVRI siaran analog (kiri) dan digital (kanan) dengan antena *indoor*.

Sementara itu pada analisis hasil pengukuran karakteristik propagasi diperoleh beberapa temuan. Pengukuran efek penurunan daya terima sebagai fungsi jarak dan lingkungan (*shadowing*) menunjukkan penurunan daya yang sebanding dengan pangkat 3,28 dari jarak dengan standar deviasi variasi redaman sebesar 8,12 dB, seperti ditunjukkan pada gambar 5.14. Analisis dari hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan konfigurasi sistem transmisi yang digunakan serta dengan daya pancar efektif 400 watt, diprediksi hanya sekitar 60% wilayah yang terliput dengan kondisi QEF (*quasi error free*, terjadi jika C/N lebih dari 16,7 dB pada kondisi NLOS dengan kanal berdistribusi Rayleigh) jika diasumsikan radius 4 kilometer. Diperkirakan proporsi wilayah cakupan dengan status QEF dapat meningkat sampai 90% jika daya pancar efektif dinaikkan sepuluh kali lipat, seperti ditunjukkan pada gambar 5.15.



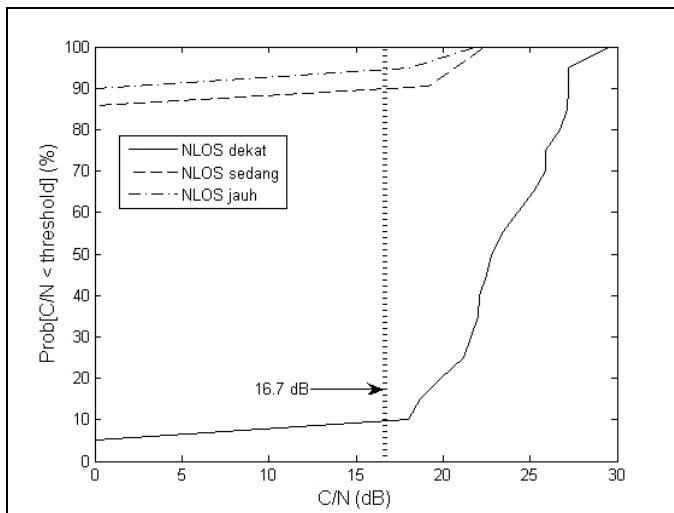
Gambar 5.14: Hasil pengukuran daya terima sebagai fungsi jarak dan hasil regresi linear.



Gambar 5.15: Prediksi persentase daerah cakupan sebagai fungsi radius untuk berbagai nilai daya pancar efektif.

Ketika dilakukan pengukuran pada beberapa titik di dalam area 100 m x 100 m pada berbagai kondisi, ditemukan bahwa penerima dalam kondisi LOS memiliki kualitas cakupan yang sangat baik dengan peluang 95% untuk mencapai status QEF. Namun untuk kondisi NLOS, hanya lokasi pada jarak cukup dekat saja yang memiliki peluang serupa. Sedangkan lokasi pada jarak menengah dan jauh, antara 2 sampai 5 km dari pemancar, memiliki kualitas cakupan yang buruk dengan peluang sekitar 10% saja untuk mencapai QEF, seperti ditunjukkan pada gambar 5.16. Garis 16,7 dB menunjukkan C/N minimum untuk kondisi QEF.

Sementara pada gedung bertingkat sampai jarak 5-6 kilometer masih dapat diperoleh kualitas penerimaan yang cukup baik pada lantai yang tinggi, seperti yang telah dicoba di gedung BPPT. Sebagai catatan, status QEF tidaklah mutlak diperlukan untuk mendapatkan gambar dengan kualitas yang memadai untuk ditonton. Namun kondisi di atas masih dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, di antaranya dengan mengubah parameter transmisi, seperti jenis modulasi, pengodean, dan daya pancar, atau dengan menerapkan SFN.



Gambar 5.16: Probabilitas cakupan untuk lokasi berkondisi NLOS pada jarak dekat, sedang, dan jauh.

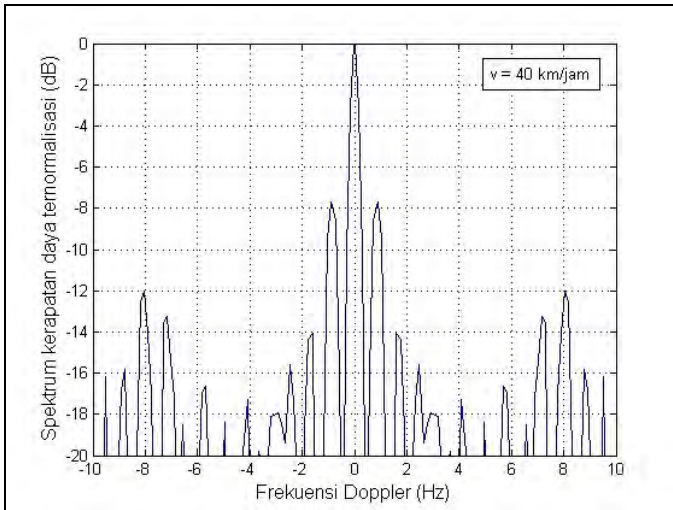
Uji coba sederhana menyusur suatu jalur pengukuran sepanjang 100 meter mengindikasikan bahwa pesawat penerima yang bergerak di dalam kendaraan dengan laju 40 km/jam di area seputar Jakarta Pusat dapat mengalami pelebaran spektrum karena efek Doppler sampai sebesar 4 Hz (lihat gambar 5.17). Pelebaran spektrum ini meningkat sampai 10 Hz jika kendaraan melaju dengan kecepatan 100 km/jam, hal yang bisa terjadi pada jalan tol. Hasil pengukuran dengan Pixelmetrix™ pada sejumlah titik juga menunjukkan kemungkinan munculnya lintasan jamak atau *echo* dengan beda waktu lebih dari 50 mikrodetik, yaitu jarak waktu terjauh datangnya sinyal duplikat yang masih bisa tertangani oleh sistem OFDM dengan *guard interval* 1/16.

Gambar 5.18 menunjukkan contoh respon impuls kanal propagasi terukur yang mengindikasikan adanya *echo* yang muncul terlambat 150 mikrodetik (ekivalen dengan beda jarak 45 km) dari berkas sinyal utama. Walaupun masih belum konklusif karena keterbatasan sampel, temuan-temuan di atas menunjukkan perlu dipertimbangkannya kondisi lingkungan dan karakteristik perambatan gelombang radio dalam pemilihan konfigurasi transmisi yang paling tepat dan penentuan kriteria desain perangkat penerima.

5.3. Pengukuran Parameter Kinerja Jaringan Penyiaran TV Digital

5.3.1. Overview Parameter Kinerja dan Alat Ukur

Seperti dijelaskan pada bagian 5.1, terdapat perbedaan mendasar pada pengukuran kinerja jaringan TV digital dibandingkan analog. Perbedaan utama terletak pada parameter atau indikator kinerja yang lebih banyak. Namun di antara indikator kinerja ini masih terdapat beberapa kesamaan, di antaranya yang berkaitan dengan penggunaan spektrum dan pengujian kualitas gambar. Bagian ini akan menjelaskan pengukuran kinerja TV digital yang telah operasional. Alat ukur yang relevan adalah *spectrum analyzer* untuk mengukur spektrum (dalam kaitan dengan pengujian *spectrum mask* dan pengukuran redaman bahu) dan alat ukur sinyal TV digital yang di dalamnya meliputi BER *test set* sehingga mampu mendeteksi parameter-parameter seperti BER dan MER.



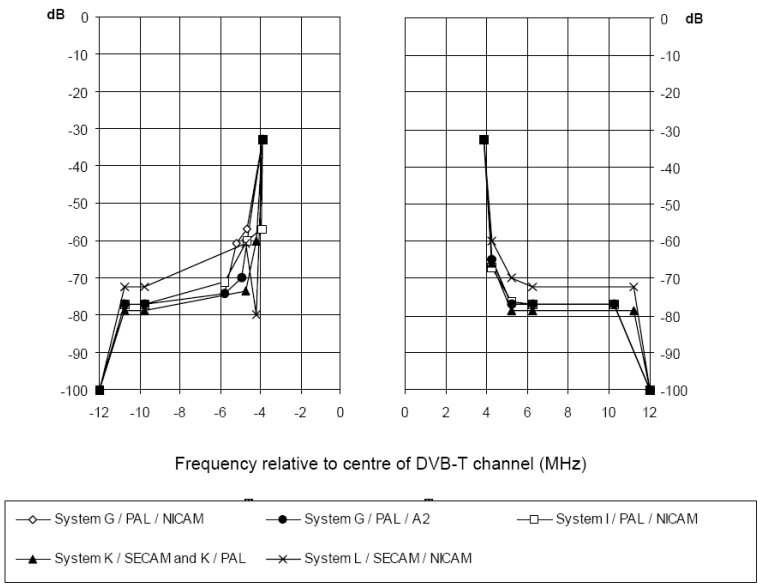
Gambar 5.17: Spektrum Doppler untuk kecepatan penerima 40 km/jam.



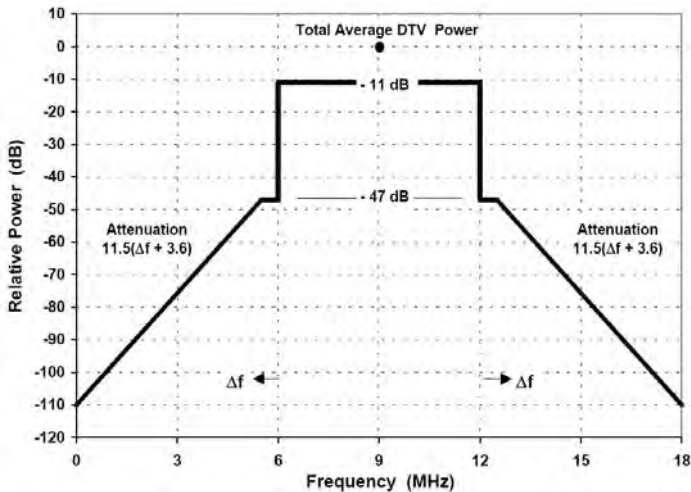
Gambar 5.18: Contoh respon impuls kanal propagasi TV digital hasil pengukuran di Jakarta

5.3.2. Spektrum

Pengukuran spektrum terutama diarahkan pada pemenuhan kriteria rasio proteksi ataupun *spectrum mask* yang telah digariskan. Pada dasarnya untuk pengukuran spektrum digunakan *spectrum analyzer* yang dipasang pada tahap *front-end* dari pemancar, baik sebelum maupun setelah tahap penguat akhir. Hal ini penting untuk menjaga agar tidak terjadi saling interferensi antarkanal RF yang bersebelahan. Sebagai contoh, gambar 5.19 menunjukkan *spectrum mask* untuk pemancar DVB-T yang berlokasi sama dengan pemancar berstandar analog dan kebetulan bersebelahan kanal, sedangkan gambar 5.20 menunjukkan contoh *emission mask* untuk pemancar TV digital yang dipersyaratkan oleh FCC.



Gambar 5.19: *Spectrum mask* untuk pemancar DVB-T yang berada pada lokasi yang sama dengan pemancar analog dengan kanal yang bersebelahan [ETSI, 1997]



Gambar 5.20: Emission mask yang dipersyaratkan FCC untuk pemancar TV digital [ATSC, 2000]

5.3.3. Kualitas Sinyal

Pada sistem TV digital, indikator obyektif untuk kualitas sinyal adalah BER, MER, dan EVM. Sedangkan sebagai indikator kualitas gambar, dapat digunakan evaluasi subyektif dengan melibatkan sejumlah responden sebagai penilai.

Pengukuran BER, MER, atau EVM hanya dapat dilakukan dengan BER *test set* atau alat ukur untuk sistem TV digital. BER adalah ukuran proporsi bit informasi, baik video maupun audio, yang terdeteksi oleh penerima tidak sesuai dengan nilai sebenarnya. Nilai BER dapat diukur pada tahap-tahap yang berbeda pada struktur penerima. Sebagai contoh, pada sistem DVB-T pengukuran BER di tahap antara pendekode Viterbi dan pendekode RS dapat dihubungkan langsung dengan kondisi penerimaan, apakah mencapai QEF (*Quasi Error Free*) atau tidak. Kondisi QEF ekuivalen dengan $BER < 10^{-3}$ yang diukur pada tahap sebelum Viterbi *decoder*, $< 2 \times 10^{-4}$ antara Viterbi dan RS *decoder*, atau $< 10^{-11}$ setelah RS *decoder*. Pada keluaran MPEG-2 *decoder*, hal ini setara dengan terjadinya maksimal satu *error event* dalam periode satu jam.

MER mencerminkan besarnya penyimpangan yang terjadi pada konstelasi sinyal, baik pada komponen *in-phase* maupun *quadrature*, sesuai dengan sistem modulasi yang digunakan [ETSI, 2001]. MER dihitung dengan rumus berikut:

$$MER_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{k=1}^N |S_k|^2}{\sum_{k=1}^N |e_k|^2} \right)$$

dengan N menyatakan banyaknya simbol terekam untuk perhitungan, S_k menyatakan simbol ke- k , dan e_k menyatakan *error* atau selisih simbol S_k dengan sinyal yang diterima. Dengan demikian, semakin besar daya derau dan distorsi pada kanal, semakin kecil nilai MER. EVM memiliki fungsi serupa dengan MER, yaitu menguantifikasi kesalahan pada konstelasi sinyal. Bedanya, sinyal yang diterima tanpa kesalahan justru memberikan EVM sebesar 0%. Nilai EVM sendiri dihitung dari akar rata-rata *error* sebagai berikut [Collins, 2001] :

$$EVM = \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |e_k|^2 \right)^{1/2} \times 100\%$$

Kualitas penerimaan juga dapat dinilai langsung dari kualitas gambar dengan metode subyektif, di mana sejumlah responden diminta melihat dan menilai gambar video yang telah melewati sistem yang diuji. ITU-R merekomendasikan beberapa metode subyektif, di antaranya yang relevan dan praktis adalah DSCQS (double-stimulus continuous quality scale) dan SSCQE (single-stimulus continuous quality evaluation) [ITU-R, 2002]. Untuk pengukuran subyektif, konfigurasi kondisi monitor, jenis konten materi, dan kondisi lingkungan tes harus diatur menurut aturan tertentu agar memberikan hasil akurat tanpa pengaruh faktor luar. Diperlukan sedikitnya 15 responden yang dipilih dari kalangan yang awam terhadap teknologi televisi untuk mendapat hasil tanpa bias.

Pada metode DSCQS diperlukan pengamatan responden terhadap dua tampilan konten yang sama, namun salah satu

adalah program asli sebagai referensi sedangkan yang lain telah melewati proses pemancaran dan penerimaan yang diuji. Responden diminta melakukan penilaian pada *form* yang telah disediakan menggunakan skala kontinyu tanpa angka. Nilai berskala kontinyu ini terbagi sama besar ke dalam 5 interval nilai, sesuai dengan skema penilaian 1 – 5 pada tabel 5.4 yang digariskan ITU-R. Metode SSCQE merupakan metode yang lebih praktis karena pengamatan hanya diperlukan terhadap program yang telah ditransmisikan, tanpa memerlukan program asli sebagai referensi.

Tabel 5.4: Skala penilaian subyektif

Pemancar	Jaringan	Penerima
Akurasi frekuensi, verifikasi <i>guard interval</i> , derau fase pada LO, daya dan spektrum, END, ENF, redaman bahu, efisiensi daya, interferensi koheren, BER, MER, STE, CS, AI, QE, jitter fase, <i>delay</i> , sinkronisasi SFN	Daya sinyal, interferensi koheren, BER, MER, <i>delay</i> sinyal	Selektifitas, AFC capture, noise fase pada LO, daya sinyal, derau dan sensitivitas, END, BER, MER, STE, CS, AI, QE, jitter fase, CSI

5.3.4 Studi Kasus: Pengukuran Kinerja Sistem DVB-T

Sistem DVB-T secara keseluruhan dibagi ke dalam tiga komponen, yaitu pemancar, jaringan, dan penerima. Tabel 5.5 menunjukkan parameter yang perlu diukur pada ketiga komponen sistem tersebut. Dari pengukuran yang menyeluruh, dapat dideteksi lokasi permasalahan dalam suatu sistem DVB-T yang telah operasional.

Pengukuran kinerja sistem DVB-T menggunakan acuan diagram sistem pemancar dan penerima seperti pada gambar 5.21 [ETSI, 2001]. Titik-titik pengukuran, baik pada pemancar maupun penerima, ditandai dengan huruf kapital.

Tabel 5.5: Pengukuran sistem DVB-T

Pemancar	Jaringan	Penerima
Akurasi frekuensi, verifikasi <i>guard interval</i> , derau fase pada LO, daya dan spektrum, END, ENF, redaman bahu, efisiensi daya, interferensi koheren, BER, MER, STE, CS, AI, QE, jitter fase, <i>delay</i> , sinkronisasi SFN	Daya sinyal, interferensi koheren, BER, MER, <i>delay</i> sinyal	Selektifitas, AFC capture, noise fase pada LO, daya sinyal, derau dan sensitivitas, END, BER, MER, STE, CS, AI, QE, jitter fase, CSI

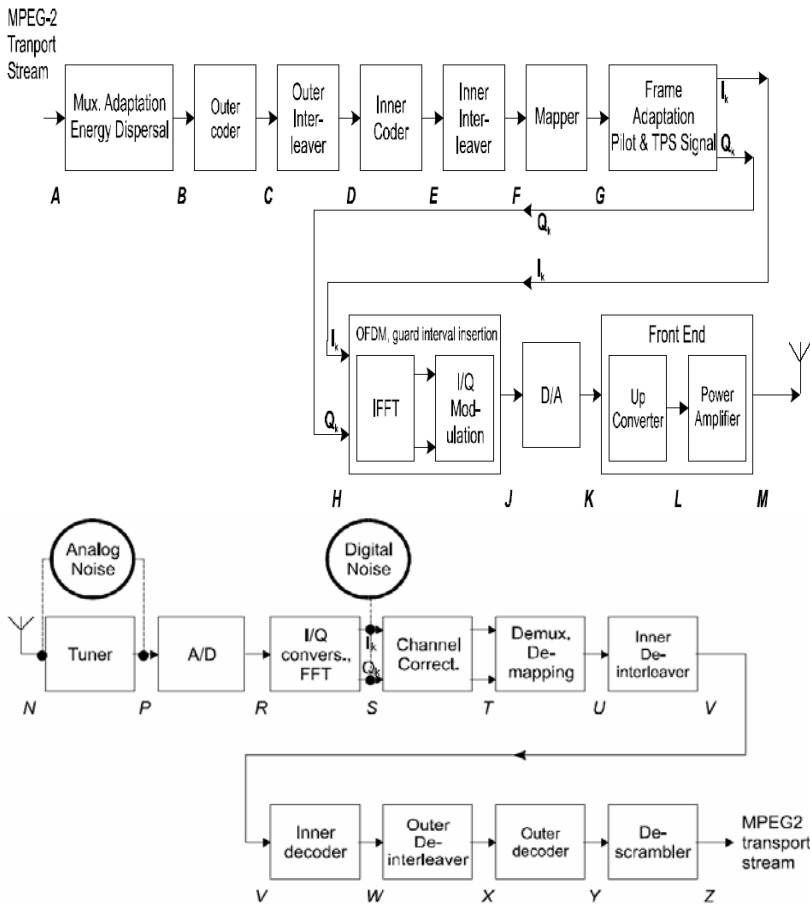
Pengukuran untuk beberapa parameter penting pada sistem DVB-T dijelaskan berikut ini:

a. Akurasi frekuensi

Akurasi frekuensi *subcarrier* OFDM sangat penting untuk keberhasilan pengolahan sinyal OFDM. Oleh sebab itu akurasi frekuensi pemancar perlu selalu dimonitor dengan menghubungkan *spectrum analyzer* pada titik pengukuran L dan/ atau M. Pengukuran dilakukan terhadap pilot yang memiliki fase kontinyu yang terletak pada *subcarrier* tertentu. Untuk mode 8K, pilot terletak pada $k = 3408$, sedangkan untuk mode 2K terletak pada $k = 1140$.

b. Selektivitas

Tujuan pengukuran adalah mengenali kemampuan penerima dalam menolak interferensi di luar band (*out-of-channel*). Pengukuran level sinyal *input* dan interferensi dilakukan pada titik N, sedangkan pengukuran BER dilakukan pada W atau X, yaitu antara pendekode Viterbi dan RS.



Gambar 5.21: Diagram blok pemancar dan penerima DVB-T beserta titik-titik pengukuran [ETSI, 2001]

c. AFC capture range

Pengukuran ini bertujuan menentukan rentang frekuensi di mana penerima harus melacak dan mengunci frekuensi. Untuk keperluan tersebut, sinyal uji diberikan pada titik N, sedangkan evaluasi sinkronisasi TS dilakukan pada Z dengan mengecek nilai *Sync_byte_error* pada TS.

d. Daya dan Spektrum Sinyal

Pengukuran daya sinyal diperlukan untuk mengatur dan memonitor level sinyal pada pemancar dan penerima. Pengukuran dilakukan pada titik K, L, dan M pada pemancar dan pada titik N dan P pada penerima. Dalam mengukur daya sinyal yang diterima, pengukuran harus dibatasi pada *bandwidth* sinyal yang diinginkan. Jika digunakan *spectrum analyzer* atau *power meter* sebagai alat ukur, harus dipastikan bahwa alat ukur tersebut mengintegrasikan daya sinyal dalam *bandwidth* nominal sesuai dengan banyaknya *subcarrier* dan spasi frekuensi.

Pengukuran spektrum sinyal dimaksudkan untuk memastikan kesesuaian spektrum dengan *spectrum mask* yang digariskan. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan *spectrum analyzer* ke titik K dan/atau M pada pemancar. ETSI merekomendasikan penggunaan *spectrum analyzer* dengan resolusi *bandwidth* sebesar 30 kHz atau kurang.

Kerapatan daya spektral terukur didefinisikan sebagai rata-rata waktu dari daya sinyal per satuan *bandwidth*. Dengan demikian kerapatan daya untuk dalam *bandwidth* yang berbeda dapat diperoleh secara proporsional dari nilai tersebut. Untuk tujuan pengetesan filter pembatas spektrum, dapat digunakan sinyal *input* khusus berupa *pseudo-noise*.

e. Derau

Daya derau diukur pada titik N dan/atau P pada penerima dengan *spectrum analyzer* pada kondisi pemancar tidak bekerja. Seperti halnya daya sinyal, daya *noise* juga ditentukan dalam *bandwidth* yang ditempati sinyal OFDM.

f. Sensitivitas dan rentang dinamis penerima

Sinyal tes diberikan pada titik N, kemudian titik W atau X (sebelum tahap RS *decoder*) digunakan untuk memonitor BER. Dengan mengukur daya minimum dan maksimum pada N yang memberikan kondisi QEF (*quasi error free*, yaitu $BER < 2 \times 10^{-4}$ pada W atau X) dapat diperoleh sensitivitas penerima (daya

minimum) dan rentang dinamisnya (selisih antara daya maksimum dan minimum).

g. Linieritas

Linieritas pemancar dapat dikarakterisasi dari redaman pada bagian tepian atau bahu spektrum sinyal (*shoulder attenuation*). Setelah *spectrum analyzer* dihubungkan pada titik M, dilakukan identifikasi nilai maksimum spektrum. Kemudian dibuat garis lurus yang menghubungkan titik-titik pengukuran pada 300 kHz dan 700 kHz dari tepi atas dan tepi bawah spektrum. Tambahkan garis-garis paralel terhadap kedua garis yang telah dibuat lebih dulu, sedemikian hingga nilai spektrum tertinggi dalam setiap rentang dilewati oleh garis-garis paralel tersebut. Kemudian kurangkan nilai daya pada bagian tengah garis paralel, yaitu pada 500 kHz dari tepi bawah dan atas spektrum, dari nilai maksimum. Hasilnya adalah redaman bahu pada tepi bawah dan atas. Dari kedua nilai tepi bawah dan atas, ambil yang terburuk sebagai redaman bahu keseluruhan.

h. Efisiensi daya

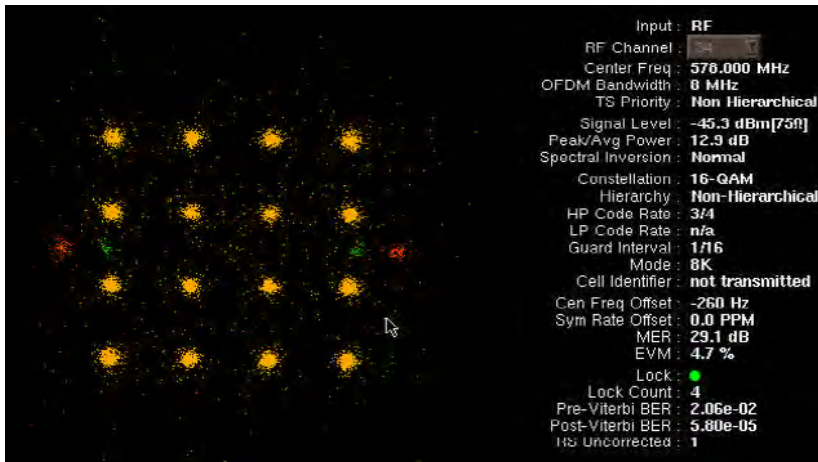
Efisiensi daya didefinisikan sebagai rasio daya *output* DVB terhadap konsumsi daya total pemancar, mulai tahap *input* TS sampai *output* RF termasuk yang dikonsumsi oleh perangkat pendukung seperti kipas angin, transformator, dan sebagainya. Daya *output* DVB diukur pada titik M pada pemancar, sedangkan konsumsi daya total harus dihitung dari spesifikasi subsistem yang menyusun pemancar.

i. Bit Error Rate

Variasi BER terhadap perubahan daya pancar maupun daya *noise* dapat diukur dengan memberikan sinyal PBRS pada titik E atau F, menambahkan sinyal derau eksternal pada antena penerima, dan kemudian mengukur BER pada titik V atau U. Nilai BER selama tahap operasional dapat dipantau dengan melakukan pengukuran BER pada berbagai titik sepanjang struktur penerima. Beberapa titik penting adalah sebelum Viterbi *decoder* (V) untuk pengukuran kinerja sistem tanpa pengodean, sebelum RS *decoder* (W) atau

X) untuk pengukuran kualitas *link* transmisi digital, dan setelah RS decoder (Z) untuk mengetahui pola-pola bit yang menyebabkan *error*.

Dengan menggunakan alat ukur TV digital, pengukuran BER dapat pula dilakukan secara *on-line*. Gambar 5.22 menunjukkan contoh *display* pengukuran BER serta indikator kinerja lainnya dari DVB-T seperti yang terukur oleh *Pixelmetrix™*. Konstelasi sinyal yang ditampilkan diambil dari tahap-tahap setelah koreksi kanal. Titik-titik kuning yang tersebar di sekitar titik-titik konstelasi menunjukkan adanya pengaruh derau maupun distorsi kanal yang tidak dapat sepenuhnya dikompensasi oleh penerima, sehingga mempengaruhi besarnya MER dan BER.



Gambar 5.22: Contoh pengukuran konstelasi sinyal dan kinerja BER DVB-T

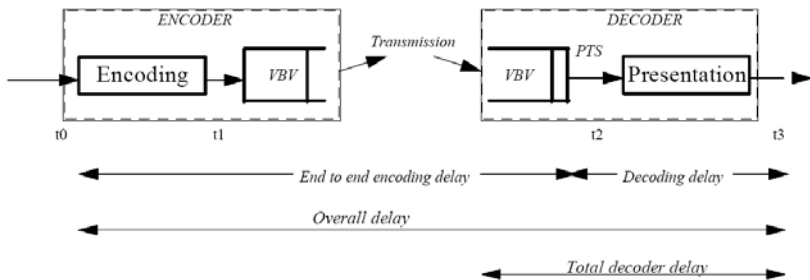
j. Delay

Bagi jaringan SFN, *delay* sinyal pada pemancar sangat penting untuk diatur guna mencapai sinkronisasi antarpemancar. Harga *delay* ini bervariasi antara satu pemancar dan pemancar lain karena perbedaan *delay* fisik pada bagian analog, termasuk lebar kabel antena, dan berbagai *buffer* yang digunakan untuk proses modulasi OFDM. *Delay* total antara TS *input* pada pemancar dan TS *output* pada penerima dapat diperoleh dengan mengukur *delay*

yang diperlukan untuk menyesuaikan pola data *input* dan *output*. Jika *delay* pada penerima diketahui, maka *delay* pada pemancar dapat dihitung.

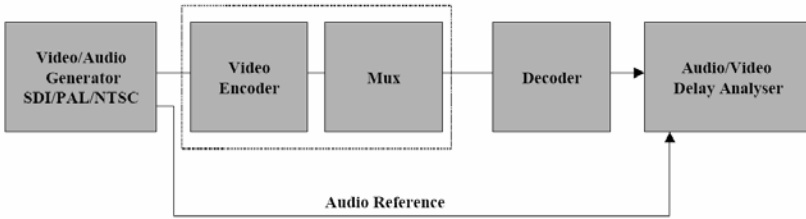
Cara lain adalah dengan pengoperasian *test mode* di mana pengiriman MIP (*Megaframe Initialization Packet*) pada *input* TS menyebabkan pulsa yang dapat digunakan untuk memicu operasi osiloskop. Pengiriman *megaframe* berikutnya digunakan untuk mengirim pulsa khusus, seperti simbol *null*. Dengan demikian *delay* antara pulsa pemicu dan pemancaran pulsa RF dapat diukur.

Dalam kaitannya dengan *delay* pada keseluruhan sistem, dapat diklasifikasikan *delay* berdasarkan faktor penyebabnya, yaitu *overall delay*, *end-to-end encoder delay*, *total decoder delay*, dan *relative audio/video delay* atau *lip sync*. Yang terakhir ini menyatakan beda *delay* antara lintasan audio dan video. Parameter-parameter *delay* ini ditunjukkan pada Gambar 5.23.



Gambar 5.23: Parameter-parameter *delay* [ETSI, 2001]

Overall dan *end-to-end encoder delay* diukur dengan mendeteksi transisi audio atau video pada TS yang membangkitkan pulsa *trigger* untuk memicu perekaman TS. Deteksi ini dilakukan pada saluran *input* encoder, *output multiplexer*, dan *output* dari dekoder. Dengan perangkat *audio/video analyzer*, pengukuran ini dapat dilakukan dengan menerapkan konfigurasi pada Gambar 5.24. Sedangkan pengukuran *delay* relatif antara video dan audio (*lip sync*) dapat dilakukan dengan konfigurasi pada gambar 5.25.



Gambar 5.24: Konfigurasi pengukuran overall *delay* [ETSI, 2001]



Gambar 5.25: Konfigurasi pengukuran *delay* relatif audio/video [ETSI, 2001]

k. Interferensi

Keberadaan interferensi koheren dapat dilakukan dengan menghubungkan *spectrum analyzer* pada titik N atau P pada penerima. Dengan penyempitan resolusi *bandwidth* setahap demi setahap maka seharusnya level terukur setiap *subcarrier* termodulasi akan menurun. Adanya interferensi oleh sinyal CW (*carrier-wave*) dapat langsung diketahui karena sinyal jenis ini tidak terpengaruh oleh proses penyempitan *bandwidth*.

I. Sinkronisasi jaringan SFN

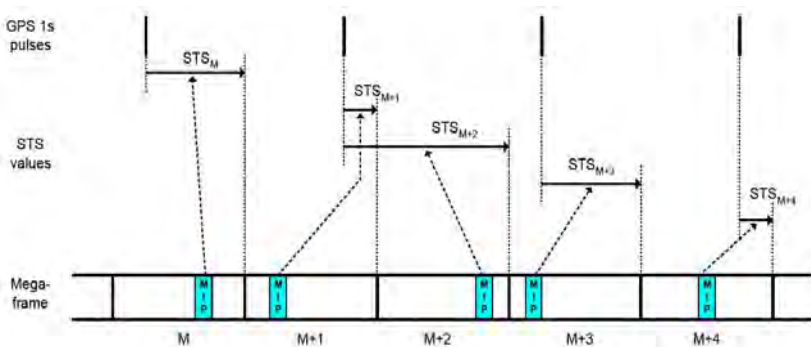
Guard interval pada sinyal OFDM berfungsi untuk mendeteksi *echo* yang terjadi karena *multipath*. *Echo* tersebut terdeteksi sebagai duplikat sinyal yang datang lebih kemudian dibanding sinyal utama. *Guard interval* akan mampu mendeteksi *echo* jika selisih waktu antara sinyal utama dengan *echo* tersebut lebih pendek dari *guard interval*. Hasil deteksi *echo* ini berupa respon impuls kanal yang justru dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja S/N melalui ekualisasi OFDM.

Jika DVB-T bekerja dalam jaringan SFN, maka suatu pesawat TV dapat menerima sinyal dari lebih dari satu stasiun pemancar pada frekuensi yang sama. Akibatnya penerima TV seolah-olah menerima *echo* berupa duplikat sinyal utama. Dengan demikian agar jaringan SFN ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan kinerja S/N sinyal OFDM, maka jarak antarstasiun harus sedemikian hingga duplikat sinyal yang datang dari pemancar yang lebih jauh datang dengan selisih waktu kurang dari durasi *guard interval*.

Prasyarat untuk sinkronisasi jaringan pemancar pada SFN adalah bahwa nilai STS (*Synchronous Time Stamp*) yang dibawa oleh MIP (*Mega-frame Initialization Packet*) benar dan konsisten. Pengukuran dilakukan pada titik A dan Z dengan mengecek beda waktu antara dua STS yang dibawa oleh MIP yang berurutan. Besarnya haruslah sama dengan durasi satu Mega-frame ditambah kelipatan bulat dari waktu antarpulsa GPS. Caranya adalah dengan lebih dulu mengekstrak STS dari 3 *megaframe* yang berurutan, kemudian menguji berlakunya hubungan:

$$STS_3 - STS_2 = STS_2 - STS_1 + n \times T$$

dengan n menyatakan suatu bilangan bulat dan $T = 1$ detik. Gambar 5.26 mengilustrasikan hubungan waktu antara ketiga *mega-frame*.



Gambar 5.26: Hubungan waktu antara *Mega-frame* dan pulsa GPS

Pengukuran lainnya yang berkaitan dengan sinkronisasi SFN adalah pengujian struktur, periodisitas, dan jumlah MIP per *frame*, perhitungan panjang dan waktu awal/akhir *Mega-frame* berdasarkan *pointer* pada MIP, serta konsistensi laju data TS terhadap *mode* DVB-T yang terdefinisi dalam MIP.

Peran TV Digital pada Konvergensi Teknologi Informasi dan Komunikasi

6.1. Menuju Konvergensi

Keberadaan sistem TV digital memberikan banyak keuntungan dari segi kinerja dan kualitas penyiaran dibandingkan dengan sistem TV analog. Digitalisasi sinyal memungkinkan kompresi data dan transmisi yang jauh lebih efisien, sehingga lebih banyak kanal frekuensi yang tersedia dibandingkan dengan kondisi pada sistem analog. Selain itu, sistem TV digital juga lebih tahan terhadap pengaruh interferensi yang memungkinkan pemanfaatan pita frekuensi menjadi lebih optimal. Sistem TV digital juga memungkinkan sinyal TV diterima dengan baik pada penerima yang bergerak. Konsekuensinya, pada sistem TV digital dapat dilakukan pengiriman informasi yang jauh lebih besar sehingga memungkinkan terwujudnya berbagai layanan inovatif yang sebelumnya hanya tersedia pada media layanan lainnya.

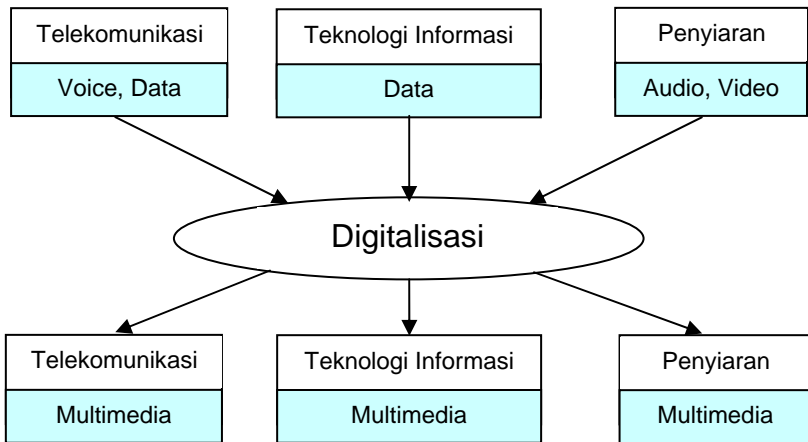
Awalnya media penyiaran hanya ditujukan untuk penyiaran gambar (*video*) dan suara (*audio*), namun digitalisasi memungkinkan berbagai layanan interaktif sebagaimana yang tersedia pada media teknologi informasi dan komunikasi. Penyertaan berbagai data digital pada media penyiaran biasa disebut dengan *data casting*. Kondisi itu mendorong arah perkembangan berbagai layanan

menuju layanan multimedia atau konvergensi (*convergence*) layanan. Konvergensi tiga layanan tradisional (telekomunikasi, teknologi informasi, dan penyiaran) ditunjukkan pada gambar 6.1. Fenomena konvergensi ini, dengan berbagai kesempatan dan tantangannya, dapat memberikan ekstra stimulasi bagi kelayakan bisnis dari implementasi TV digital.

Sifat generik dari jaringan penyiaran adalah *one-to-many* yakni pengguna terhubung ke titik distribusi jaringan, dan menggunakan sumber daya jaringan (*network resources*) bersama-sama. Secara teoritis, *capacity-per-user* pada jaringan penyiaran adalah rendah, sehingga memang lebih cocok digunakan untuk layanan-layanan yang umum diminati khalayak ramai.

Konvergensi layanan dapat mendorong perkembangan berbagai layanan yang semula tidak dirancang untuk jaringan penyiaran, misalnya fasilitas interaktif dengan menggunakan *return channel*. Personalisasi layanan seperti ini memerlukan pengembangan aplikasi yang spesifik pada kerangka kerja penyiaran TV digital, terlepas dari standar TV digital yang diadopsi. Kelebihan jaringan penyiaran adalah dalam penetrasi penggunaannya, karena sifat isi layanannya yang umum diminati. Bahkan suatu hasil penelitian di Inggris menunjukkan bahwa pertumbuhan penggunaan TV digital melebihi penggunaan komputer [Sandbank, 2001].

Bab ini memberikan gambaran peranan TV digital pada proses konvergensi sebagai sarana penyampaian multimedia data, mengikuti alur layanan penyiaran pada gambar 6.1. Untuk meletakkan landasan konvergensi multimedia, pada sub-bab 6.2 dijelaskan layanan/aplikasi khususnya yang bersifat interaktif pada media TV digital. Kemudian pada sub-bab 6.3 akan dijelaskan tentang konsep *middleware* yang berperan besar pada pengembangan berbagai *software* aplikasi untuk TV digital. Penjelasan tentang *middleware* lebih difokuskan pada salah satu *middleware* terbuka yang banyak digunakan, yaitu MHP (*Multimedia Home Platform*). Bab ini diakhiri oleh sub-bab 6.4. yang menggambarkan secara sekilas tentang model konvergensi teknologi informasi dan komunikasi beserta tantangan dan problemnya terutama dalam penyelarasan regulasi.



Gambar 6.1: Digitalisasi mendorong konvergensi layanan multimedia.

6.2 Layanan Interaktif melalui Media TV Digital

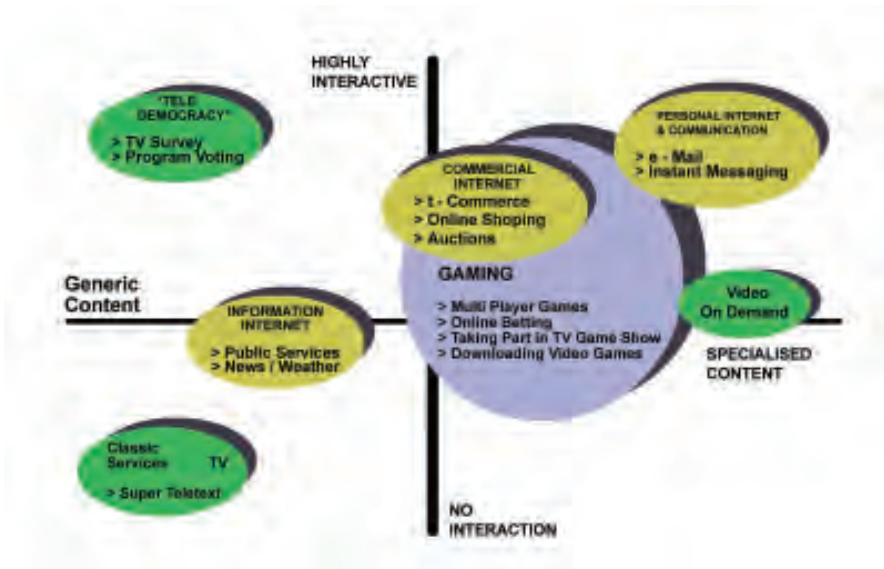
Agar dapat menggunakan media TV digital secara optimal, diperlukan suatu pemetaan karakteristik dari berbagai aplikasi yang dapat digunakan. Pemetaan ini terutama membantu dalam perancangan *software set-top box* sesuai dengan kebutuhan pasar, walau *hardware set-top box*-nya telah ditetapkan sesuai dengan standar yang diadopsi. Dengan digitalisasi *content*, ada dua istilah yaitu layanan (*service*) dan aplikasi (*application*) yang dapat digunakan bergantian. Sebagai contoh, suatu layanan dapat merujuk kepada sebuah siaran TV reguler atau suatu siaran *enhanced* yang berisi audio, video dan aplikasi yang menggunakan DVB-*Java* sebagai bagian dari *software* pada *set-top box* pengguna. Secara umum, faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan dan implementasi aplikasi-aplikasi TV digital selain konten dari aplikasi itu sendiri adalah *user interface*, sistem arsitektur yang menjalankan aplikasi dan protokol-protokol komunikasi.

Beberapa layanan umum yang tersedia pada sistem TV digital adalah *electronic program guide* (EPG), *video-on-demand* (VOD), tayangan berbayar (*pay-per-view*), *multi-camera-angle sporting*

events, koneksi Internet, layanan *e-commerce* seperti *home billing*, *home shopping*, *online entertainment* seperti *online games*, *TV chat*, dan sebagainya. Dengan kemampuan mobilitasnya, potensi perkembangan layanan dan aplikasi melalui media TV digital makin terbuka luas. Dari layanan dan aplikasi yang dikembangkan, akan muncul industri sebagaimana dikembangkan melalui media internet, dan mendapat *prefix e*, seperti *e-commerce*, *e-education* dan sebagainya. Dalam dunia TV digital, mereka diberikan *prefix T* atau *Tele*, seperti *T-commerce*, *T-education*, dan sebagainya.

Pemetaan aplikasi interaktif pada media TV digital ditunjukkan pada gambar 6.2. Pada gambar tersebut terlihat variasi jenis aplikasi mulai dari yang kontennya bersifat generik untuk keperluan banyak orang sampai yang sangat spesifik ke tiap individu, dari yang tanpa interaksi seperti pada penyiaran tradisional sampai yang sangat interaktif yang memerlukan respon dari pemirsa atau pengguna. Fenomena konvergensi juga ditunjukkan pada gambar 6.2. Layanan TV tradisional (*classic*), *tele-democracy*, dan *video-on-demand* dapat dikatakan generik pada media TV, namun munculnya layanan-layanan lainnya yang berbasis internet menunjukkan melebarnya peranan TV digital. Selain itu, munculnya layanan-layanan *gaming* meningkatkan isi dan kualitas hiburan dari TV digital. Aplikasi-aplikasi futuristik diprediksi akan menambahkan fitur-fitur *virtual reality* menjadi TV digital tiga dimensi yang berperan besar pada layanan seperti hiburan dan pendidikan [Zuffo]. Pengembangan aplikasi dari yang tidak interaktif sampai ke yang sangat interaktif biasanya dibantu oleh ketersediaan profil-profil dari *middleware* yang tersedia.

Selain layanan/aplikasi yang sifatnya umum, keberadaan TV digital dapat mendukung berbagai aktivitas yang sifatnya lebih spesifik. Beberapa proyek TV digital yang berguna untuk kepentingan umum di Indonesia misalnya adalah *e-Gov*, manajemen bencana, pendidikan jarak jauh, penyediaan informasi kesehatan jarak jauh, dan sebagainya. Menariknya, pengembangan aplikasi pada TV digital dengan teknologi yang sifatnya terbuka kebanyakan didasarkan pada pengembangan *software* berbasis teknologi *Java*. Dengan banyaknya pengembang *Java* pada komunitas teknologi



Gambar 6.2: Klasifikasi layanan dan aplikasi.
 Sumber: [Spieker, 2001]

informasi dan komunikasi di Indonesia, maka ketersediaan TV digital diharapkan akan memperluas peluang bisnis dan memunculkan aplikasi-aplikasi baru yang berguna.

6.2.1 Model Komunikasi untuk Return Channel

Secara umum, sebagaimana telah dijelaskan di bab-bab terdahulu, sistem penyiaran digital meliputi:

A. Broadcaster head-end system

Komponen ini bertugas menghasilkan MPEG-2 *transport stream* dari berbagai masukan program TV dan mengirimkannya ke pengguna tanpa kesalahan. Komponen ini telah dijelaskan di bab-bab sebelumnya yang meliputi topik-topik kompresi, *multiplex*, pengoreksian kesalahan, modulasi, pengodean kanal, dan sebagainya.

Dikarenakan MPEG-2 *transport stream* adalah aliran data penyiaran (*broadcast* atau *multicast*), maka data tidak ditujukan kepada pengguna spesifik. Untuk penyampaian data ke pengguna spesifik, diperlukan fungsi-fungsi untuk mengendalikan dan mengatur MPEG-2 *stream*. Untuk itu, pada standar DVB, dikembangkan protokol-protokol DSM-CC (*Digital Storage Media Command and Control*). MPEG-2 *stream* pada kanal *broadcast* memiliki bagian spesifik yang disebut MPEG-2 *private sections* yang *encapsulate* bagian-bagian DSM-CC, di mana pengguna dapat mengaksesnya untuk mendapatkan layanan yang spesifik.

B. Receiver

Komponen RF pada *receiver* (penerima) melakukan pemilihan frekuensi (*tuning*), demodulasi dan koreksi kesalahan pada sinyal MPEG-2 yang datang. Setelah itu, sinyal yang masuk menjadi aliran data digital yang siap untuk di-*demultiplex* dan dikembalikan ke sinyal semula, baik itu sinyal audio, video ataupun data dari suatu aplikasi.

C. Conditional access system

Komponen ini digunakan untuk mengendalikan akses penggunaan aliran data untuk layanan berbayar sehingga dapat menjamin sumber pemasukan bagi penyedia layanan. Penggunaan *conditional access* juga dapat memudahkan penyediaan layanan yang menargetkan segmen pelanggan tertentu.

Data broadcasting (datacasting)

Komponen ini menyertakan data aplikasi pada MPEG-2 *transport stream*. Pengiriman data dapat dilakukan dengan hanya pengiriman yang bersifat *asynchronous* dan dititipkan pada *payload* dari MPEG-2 *transport stream* (*data piping*), dan dapat pula yang mensyaratkan suatu aliran dari ujung ke ujung (*data streaming*) disertakan pada paket-paket PES (*Packetised Elementary Stream*). Selain itu data yang dikirim dapat pula berupa datagram dari suatu protokol komunikasi (*mutiprotocol encapsulation*). Dikarenakan kapasitas penyimpanan dan memori dari *set-top box* umumnya tidak sebesar komputer personal, maka

pada sistem TV digital dapat dilakukan transmisi modul data (dapat berupa data yang sama) secara periodik (data dan *object carousel*). Untuk sistem DVB, data dan *object carousel* didasarkan atas spesifikasi DSM-CC data dan *object carousel*.

Melengkapi komponen-komponen tersebut, untuk implementasi layanan-layanan interaktif pada media TV digital diperlukan sarana supaya pengguna bisa mengirim respon atau perintah kembali ke penyedia layanan. Sarana ini yang lazim disebut ***return channel*** dapat dirancang dari berbagai sarana komunikasi yang tersedia. Gambar 6.3 menunjukkan model layanan interaktif pada standar DVB dengan menambahkan aliran data kembali dari pengguna ke penyedia layanan interaktif melalui panah yang lebih kecil. Sedangkan panah yang lebih besar menunjukkan komponen utama aliran data penyiaran (*broadcast*) digital ke pengguna, yang meliputi komponen-komponen yang telah dijelaskan sebelumnya.

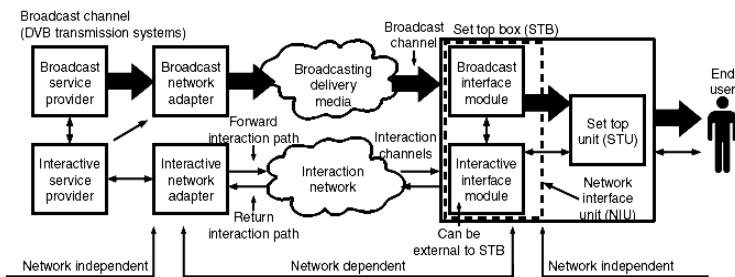
Karakteristik interaksi bergantung pada aplikasi yang digunakan oleh pengguna. Interaksi yang paling sederhana adalah ketika semua data dari suatu layanan dikirimkan dan disimpan pada *set-top box*, sehingga interaksi sifatnya lokal antara pengguna dan *set-top box*. Pada aplikasi-aplikasi tertentu yang memerlukan interaksi lebih lanjut antara pengguna dengan penyedia layanan, diperlukan suatu protokol spesifik untuk interaksi dan *return channel*.

Mengacu pada model referensi layanan interaktif, DVB telah mendefinisikan beberapa kelompok protokol mulai dari *Network Independent Protocol* (DVB-NIP) dan beberapa protokol yang spesifik dengan jenis *return channel* yang digunakan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 6.1. *Network independent protocol* diperlukan supaya aplikasi-aplikasi interaktif yang telah dikembangkan dapat berjalan di berbagai pilihan sarana komunikasi untuk *return channel* tanpa pemrograman ulang.

Tersedia beberapa pilihan untuk *return channel*, baik menggunakan media satelit, jaringan kabel ataupun berbagai pilihan teknologi menggunakan media nirkabel terestrial. Tiap pilihan memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga implementasinya disesuaikan dengan tujuan dan jenis layanan interaktif yang akan ditawarkan.

Secara umum ada tiga faktor yang mendasari pemilihan *return channel* yaitu waktu reaksi (*time reaction*), akurasi dan biaya investasi. Waktu reaksi didefinisikan sebagai waktu yang disediakan untuk menyimpan, memproses dan melaporkan semua reaksi dari pengguna. Ini juga tergantung dengan skala waktu dari aplikasi interaktif. Misalnya untuk aplikasi *T-Polling*: waktu bereaksi untuk *polling* menjelang pemilihan umum dapat lebih lama misalnya, dibandingkan *polling* untuk pemilihan *Indonesian Idol*. Keakuratan dari hasil *polling* dapat diturunkan dari jumlah maksimum respon yang dapat diproses oleh sistem. Faktor waktu reaksi dan akurasi (*quality of service* dari suatu layanan) bergantung kepada kapasitas dari *return channel*, yang terkait dengan biaya investasi.

Penggunaan PSTN/ISDN sebagai *return channel* sangat umum digunakan terutama di negara-negara maju yang memiliki infrastruktur telepon yang mapan, dengan laju data maksimum mencapai kira-kira 150kbps. Biaya investasi untuk menggunakan PSTN relatif kecil, namun kapasitasnya terbatas untuk penggunaan layanan yang intensif pada daerah dengan kepadatan pengguna tinggi. Kapasitas *return channel* yang lebih besar ditawarkan oleh media satelit, walau harga perangkatnya lebih mahal. Penggunaan media nirkabel seperti GSM atau DECT memberikan opsi penggunaan layanan interaktif melalui media TV digital dengan mobilitas terbatas, walau perlu diingat bahwa kapasitas koneksi GSM atau DECT tidaklah lebih baik daripada PSTN/ISDN.



Gambar 6.3. Model layanan interaktif pada standard DVB.
 Sumber: [Rao, 2006]

Dari berbagai pilihan *return channel*, DVB-RCT memberikan opsi yang menarik karena selain menggunakan media terestrial, sistem ini menggunakan pita frekuensi bersama dengan layanan penyiaran. Baik pengiriman dan penerimaan data interaktif menggunakan antena yang sama. Sistem ini berpotensi menjadi medium komunikasi dua arah pita lebar (*broadband*) dan dapat bersaing dengan layanan *broadband wireless access* lainnya. Untuk itu, DVB-RCT dibahas tersendiri, dengan berbagai pilihan media untuk *return channel*, *set-top box* dengan kemampuan interaktif akan dilengkapi berbagai jenis *interface* seperti modem telepon, *port* untuk DSL atau *port* untuk *satellite transceiver*, *ethernet* modem kabel, dan sebagainya.

DVB Terrestrial Return Channel System (DVB-RCT)

Model referensi untuk DVB-RCT adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.4. Sistem ini memungkinkan layanan interaktif memanfaatkan infrastruktur yang telah digunakan oleh jaringan DVB. Pada sistem ini, terdapat dua kanal antara penyedia layanan dan pengguna. Yang pertama adalah kanal penyiaran yang *unidirectional* untuk memancarkan program-program TV digital dari penyedia layanan ke pengguna. Sedangkan kanal yang kedua adalah kanal *bidirectional* untuk keperluan interaksi.

Kanal interaksi terdiri dari *forward interaction channel (downstream)* yang didasarkan atas MPEG-2 *transport stream* dan ditransmisikan melalui jaringan penyiaran terestrial DVB-T, sedangkan *return interaction (upstream)* dikirim melalui transmisi terestrial pada kanal-kanal yang tidak terutilisasi pada pita frekuensi VHF/UHF.

Standar DVB-RCT menggunakan skema modulasi OFDM untuk *downstream (fully DVB-T compliant)* dan *upstream*. Untuk *upstream* terdapat beberapa *carrier paralel* dan *time-slot* yang berbeda untuk mengirimkan data dan perintah kembali ke *base station*. Penggunaan OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) dan TDMA seperti ini menawarkan saluran nirkabel dengan *bandwidth* yang lebar, dan cocok digunakan untuk interaksi secara *real-time*. Untuk tiap *carrier*, frekuensi, rentang

Tabel 6.1. Beberapa spesifikasi *return channel* untuk layanan interaktif pada standard DVB.

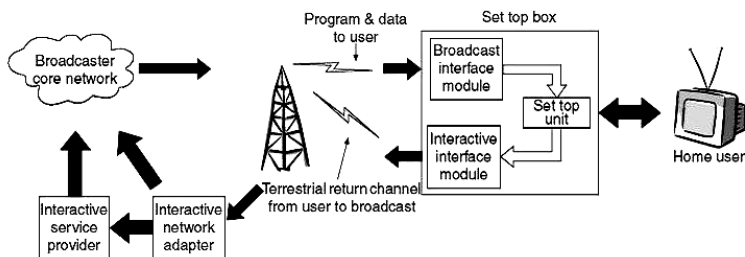
Standard	Return Channel	Keterangan
DVB-NIP	-	<i>Network independent protocol</i> untuk layanan interaktif
DVB-RCC	CATV	<i>Return channel</i> DVB untuk sistem distribusi TV kabel
DVB-RCCS	SMATV	<i>Return channel</i> DVB untuk sistem distribusi Satellite Master Antenna TV (SMATV)
DVB-RCD	DECT	<i>Return channel</i> melalui jaringan Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)
DVB-RCG	GSM	<i>Return channel</i> melalui jaringan Global System for Mobile Communications (GSM)
DVB-RCL	LMDS	<i>Return channel</i> melalui Local Multipoint Distribution System (LMDS)
DVB-RCP	PSTN/ISDN	<i>Return channel</i> melalui Public Switched Telecommunications Network (PSTN)/Integrated Services Digital Networks (ISDN)
DVB-RCS	Satelit	<i>Return channel</i> melalui satelit
DVB-RCT	VHF dan UHF	<i>Return channel</i> melalui jalur nirkabel terrestrial pada pita VHF dan UHF menggunakan Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)

daya dan pewaktuan dari modulasi disinkronisasikan oleh *base station*.

Beberapa kelebihan dari sistem DVB-RCT ini adalah sbb.:

- Penggunaan spektrum lebih efisien, dan biaya terminal yang lebih rendah.
- Dapat melayani *cell* yang relatif lebih luas, dengan radius dapat mencapai 65 km dan kapasitas *bit-rate* mencapai

- beberapa kilobits per detik. Maksimum kapasitas *bit-rate* dapat mencapai beberapa megabits per detik, untuk *cell* yang lebih kecil dengan maksimum radius mencapai 3,5 km.
- Dapat menangani peningkatan trafik yang tinggi, dan dirancang untuk memroses sampai 20.000 respon singkat tiap detik untuk layanan *tele-polling*.
 - Dirancang untuk menggunakan kanal yang kosong atau tidak terutilisasi pada *band* III, IV dan V tanpa menimbulkan interferensi pada layanan lainnya pada *band* tersebut yang sifatnya primer.
 - Mendukung portabilitas karena digunakan di mana saja selama sinyal dari penyiaran digital terestrial dapat diterima.
 - Dapat digunakan di berbagai negara yang menggunakan versi DVB yang berbeda, baik yang menggunakan kanal 6, 7, atau 8 MHz.
 - *Power* yang diperlukan tidak lebih dari 0,5W rms untuk transmisi dari *set-top box* ke *base station*.



Gambar 6.4: Sistem Jaringan DVB beserta Terrestrial Return channel (DVB-RCT). Sumber: [Rao, 2006]

6.3. Middleware pada Set-Top Box

Konsep-konsep untuk perangkat keras pada TV digital sudah dijelaskan pada bab-bab terdahulu dan infrastruktur untuk layanan interaktif telah didiskusikan pada sub-bab sebelumnya. Hal yang masih kurang adalah pengembangan perangkat lunak *set-top box* untuk aplikasi interaktif.

Gambaran umum *layering* untuk pengembangan perangkat lunak *set-top box* adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.5.

Layer terbawah adalah *set-top box* yang melakukan proses pengiriman dan penerimaan data digital, dengan berbagai komponennya misalnya *tuner*, *demodulator*, *demultiplexer*, *decryptor*, pemrosesan data MPEG, pembaca *smart card*, media penyimpanan, dan sebagainya. *Layer* di atas *hardware*, mulai dari *device drivers* sampai aplikasi mulai digolongkan pada *layer software*. *Device drivers* memberikan modul *library* spesifik untuk *device hardware* tertentu yang hendak diakses oleh aplikasi.

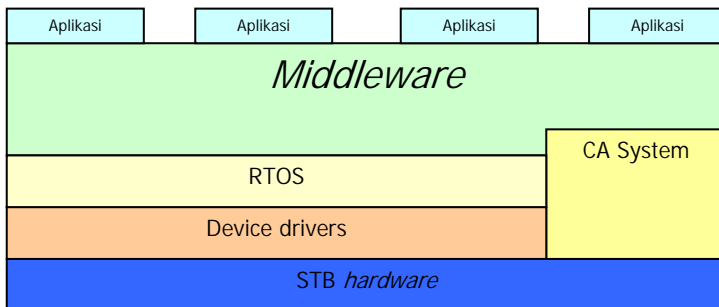
Selanjutnya, terdapat RTOS (*Real-Time Operating System*) yang memberikan dukungan pada sistem level, misalnya dalam hal pengalokasian sumber daya, untuk aplikasi yang sedang berjalan. Untuk *conditional access*, dibuat *layer* tersendiri di mana dimungkinkan *middleware* untuk dapat langsung mengakses sumber daya pada *layer hardware*. Dalam penggunaannya, sering terdapat kombinasi antar *middleware* dan sistem *conditional access* tertentu. Satu *layer* penting yang akan dibahas dengan lebih detail pada sub-bab ini adalah *layer middleware* sebagai *layer software* yang menjembatani *layer* aplikasi dengan *layer-layer* lainnya.

Dengan adanya *middleware*, pengembang aplikasi dapat berkonsentrasi penuh pada konten dan tidak perlu repot-repot dengan hal-hal yang sifatnya *low* seperti protokol komunikasi, sistem operasi dan sumber daya perangkat keras lainnya. Hal ini dimungkinkan karena *middleware* memberikan abstraksi atas fungsi-fungsi di *layer* bawah dan sebagai gantinya menyediakan fungsi-fungsi *interface* untuk mengaksesnya.

Selain itu, keberadaan *middleware* dengan profil-profil yang diberikan membantu pengembangan aplikasi-aplikasi yang kompleks, menjamin portabilitas saat aplikasi digunakan pada *hardware* atau sistem operasi yang berbeda dan interoperabilitas antara aplikasi yang satu dan yang lainnya. Kondisi di mana beberapa aplikasi berjalan secara bersamaan tanpa ada konflik juga dibantu dengan keberadaan *middleware*, yang umum disebut sebagai *application manager*.

Beberapa layanan yang diberikan oleh *middleware* diantaranya akses ke MPEG *decoder/demux*, akses ke fitur-fitur grafik/video,

akses ke service information, manajemen memori, akses ke *return channel*, lingkungan pengembangan *software* dalam bahasa C/C++, *Java*, HTML, dsb, beserta profil untuk akses internet.



Gambar 6.5: Gambaran *layering* untuk pengembangan aplikasi

Middleware yang tersedia ada dua jenis, yaitu *proprietary middleware* dan *open middleware*. *Proprietary middleware* biasanya dirancang oleh suatu perusahaan yang telah memiliki segmen pasar yang cukup besar, dan lisensinya kemudian dipakai oleh pembuat *set-top box*. *Proprietary middleware* umum digunakan pada jaringan TV berbayar.

Permasalahan dengan *proprietary middleware* di antaranya adalah biaya lisensi yang tinggi yang menaikkan harga *set-top box*. Selain itu, aplikasi yang dikembangkan terkunci pada *vendor-vendor* tertentu dan harus dikembangkan lagi dari awal bila hendak dipasarkan pada pengguna atau pasar yang berbeda. Beberapa contoh dari *proprietary middleware* adalah PowerTV, Liberate, Microsoft TV, MediaHighway, dan OpenTV Core yang merupakan *iTV middleware* dari Microsoft.

Sedangkan *open middleware* distandarisasi oleh konsorsium industri atau lembaga internasional yang sifatnya nirlaba, dan dapat diimplementasikan oleh siapa saja tanpa lisensi atau dengan biaya lisensi yang rendah. *Open middleware* umum digunakan untuk aplikasi pada jaringan TV bebas (*free-to-air*). Tantangan dari *open middleware* adalah bagaimana keterbukaannya dapat memperbesar pasar.

Popularitas dari *open middleware* dapat membuat keseluruhan industri mengubah model bisnisnya, karena pasar yang sebelumnya bersifat vertikal, kini menjadi horisontal dengan interoperabilitas antarproduk dari *vendor-vendor* baru. *Set-top box* akan dijual secara retail, sehingga pengguna memiliki banyak pilihan dan tidak lagi terikat dengan penyedia jaringan. Beberapa contoh *open middleware* adalah MHEG, DAVIC (MHEG + Java), MHP, OCAP, ACAP, dan JavaTV. OCAP adalah standar terbuka untuk pasar TV kabel di Amerika Serikat, ACAP adalah standar *middleware* untuk ATSC, dan MHP adalah standar *middleware* yang awalnya dirancang untuk DVB dan telah memperoleh dukungan luas dari industri dan juga menjadi acuan dari standar-standar yang lain.

Untuk memperoleh dukungan yang lebih luas, DVB juga telah merilis MHP dengan spesifikasi GEM (*Globally Executable MHP*), dengan menghilangkan bagian-bagian yang spesifik DVB sehingga dapat dikustomisasi untuk standar yang lain. Pengembangan *software* sangatlah penting untuk menilai skala ekonomi dari implementasi TV digital. Oleh karena itu, dalam mempelajari suatu standar, perlu mempertimbangkan keseluruhan *protocol stack* dari *layer* terbawah sampai ke *layer* aplikasi.

Akan menjadi suatu pertanyaan yang menarik apakah Indonesia perlu juga mendefinisikan standar *software set-top* sendiri yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Sebagai contoh, negara Brasil melakukan penyesuaian standar baik di level *hardware* maupun *software* dan menyebut *middleware* versi Brasil yang didasarkan atas GEM dengan nama GINGA [Zuffo]. Dalam buku ini, MHP dipilih untuk dijelaskan lebih lanjut karena sifatnya yang terbuka, serta dapat dikembangkan dan diselaraskan dengan standar DVB.

6.3.1. Multimedia Home Platform (MHP)

Dibandingkan dengan *open middleware* yang lain MHP terlihat lebih menonjol dan diterima oleh berbagai kalangan. Ini dikarenakan MHP yang lebih mendekati ke pasar, dan menyediakan *platform* yang sifatnya umum untuk pengembangan aplikasi pada TV digital. Karena sifatnya yang terbuka, spesifikasi standar ini disediakan

secara gratis dan pengembang bebas mengimplementasikannya. Biaya yang muncul hanya untuk pengujian *compliance* supaya aplikasi yang dibuat memenuhi spesifikasi MHP dengan benar. Secara umum biaya pengujian *compliance* lebih murah dibandingkan dengan lisensi untuk *proprietary middleware*.

Walau MHP dikembangkan dengan standar DVB, namun telah dilakukan harmonisasi standar sehingga spesifikasinya lebih bersifat global. Dengan menghilangkan spesifikasi-spesifikasi MHP yang spesifik DVB (misalnya DVB *service information API*), forum standarisasi DVB kemudian merilis spesifikasi *Globally Executable MHP (GEM)*. Spesifikasi ini juga diakui oleh ITU sebagai Rekomendasi ITU-T J.202.

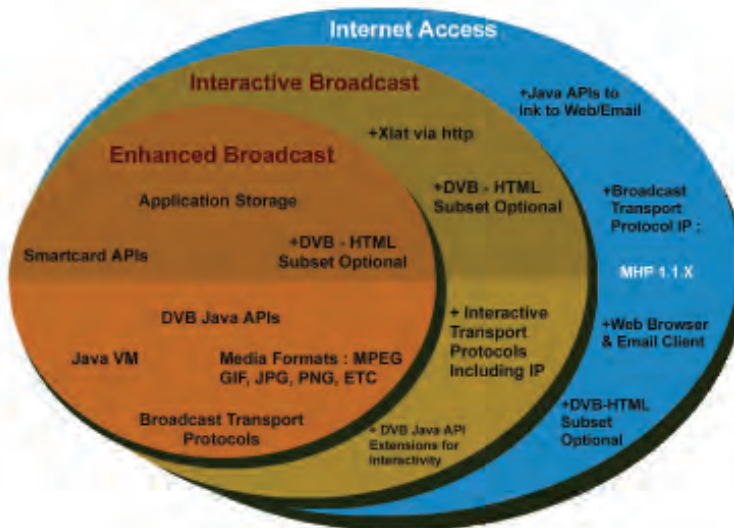
Spesifikasi GEM tidaklah berdiri sendiri, namun dapat digunakan oleh organisasi standar lainnya sebagai basis standar mereka, dan dimungkinkan penggantian elemen-elemen GEM dengan teknologi yang lebih relevan dengan pasar mereka. Sebagai contoh, ATSC, ARIB dan CableLabs telah menggunakan pendekatan ini dan menggunakan GEM sebagai basis untuk standar ACAP, ARIB B23 dan OCAP.

Keberadaan GEM menguntungkan pengembang aplikasi karena aplikasi yang dibuat akan kompatibel pada *platform* GEM apa saja, demikian juga dengan pengembang *middleware* karena dapat menggunakan GEM sebagai *core* (inti) dari produk-produk mereka dan kustomisasi sesuai dengan pasar yang ada. Jadi, MHP tidak semata menjadi pengganti berbagai solusi *proprietary* yang telah ada, namun digunakan untuk menyempurnakan dan menjamin interoperabilitas antaraplikasi di masa depan.

Spesifikasi MHP menyediakan profil-profil berikut ini:

- *Enhanced broadcast*.
Profil ini ditujukan untuk memberikan nilai tambah pada layanan penyiaran tradisional yang satu arah (*broadcast*). Pada profil ini, data *stream* video dan audio dikombinasikan dengan aplikasi yang dapat di-*download* sehingga interaksi lokal dapat terwujud antara pengguna dan *set-top box*.

- *Interactive broadcast*
 Profil ini menyediakan berbagai layanan interaktif dari penyedia layanan interaktif yang dapat terpisah dengan penyedia layanan penyiaran. Profil ini mensyaratkan keberadaan *return channel*.
- *Internet services*
 Profil ini ditujukan untuk penyediaan layanan internet. Keberadaan profil ini memungkinkan MHP menggunakan berbagai protokol komunikasi generik pada jaringan internet.

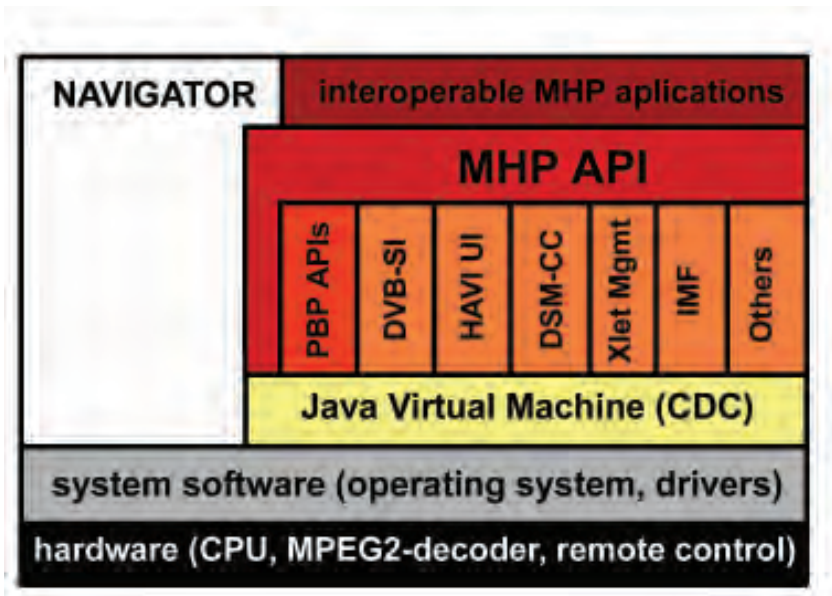


Gambar 6.6: Profil-profil pada standar MHP.
 Sumber: [MHP]

Klasifikasi profil-profil MHP dengan beberapa aplikasinya ditunjukkan pada gambar 6.6. Pada gambar tersebut juga ditunjukkan perkembangan standar MHP di mana dengan makin lengkapnya profil layanan internet akan mencakup semua layanan yang ada, dengan tentunya tetap mempertimbangkan sumber daya yang spesifik untuk layanan TV.

Agar dapat melihat pengorganisasian MHP secara lebih efektif, dan hubungannya dengan komponen-komponen *software* lainnya,

maka diperlukan suatu abstraksi pelapisan (*layering*) dari suatu terminal berbasis MHP sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.7. Spesifikasi MHP memberikan suatu lingkungan eksekusi (*excution environment*) untuk aplikasi yang tidak tergantung dengan perangkat keras atau perangkat lunak dari *vendor* tertentu. Untuk itu, digunakan lingkungan eksekusi JVM (*Java Virtual Machine*) yang dikembangkan pada kerangka kerja CDC (*Connected Device Configuration*) sebagai bagian dari *Java™ Mobile Edition (Java ME)*. Teknologi yang didasarkan atas CDC ditujukan untuk perangkat-perangkat *embedded* seperti komunikator cerdas, PDA dan *set-top box*.



Gambar 6.7: Arsitektur *software* pada terminal berbasis MHP.

Setiap aplikasi memiliki persyaratan tersendiri yang disesuaikan dengan kebutuhannya. Untuk itu, di atas JVM disediakan API (*Application Programming Interface*) generik untuk MHP yang menyediakan akses ke sistem dan sumber daya *hardware*, dan menjamin interoperabilitas antaraplikasi MHP. Selain API generik untuk MHP, tersedia juga berbagai *add-on* API untuk memudahkan akses ke berbagai informasi lainnya. Pada gambar 6.7, ditunjukkan beberapa *add-on* API seperti PBP (*Personal Basis Profile*), DVB-

SI (*Service Information*), HAVI-UI (*Home Audio Video Interoperability-User Interface*), Xlet Management, JMF (*Java Media Framework*), dan sebagainya.

Penggunaan PBP untuk lebih melengkapi fitur-fitur yang ditawarkan oleh *Java* versi ringan untuk perangkat *embedded*. Beberapa fitur tambahan dari PBP adalah dukungan yang lebih baik untuk peng-*input*-an dan tampilan teks, dan dukungan pada penggunaan IPv6 yang sangat diperlukan apabila jumlah *device* yang terhubung makin banyak.

DVB-SI dan HAVI-UI digunakan oleh aplikasi MHP untuk mengakses layanan informasi dari *transport stream*, misalnya untuk EPG (*Electronic Program Guide*) dan aplikasi berita atau ramalan cuaca yang meliputi informasi video dan audio juga ada opsi pemilihan data yang lebih spesifik. Pada SI terdapat metadata yang diperlukan untuk melokasikan, menyesuaikan dan menampilkan layanan pada terminal, dan data tersebut disebar di berbagai tabel seperti EIT (*Event Information Table*), SDT (*Service Description Table*), dan BAT (*Bouquet Allocation Table*). Sedangkan HAVI API diperlukan untuk penampilan grafik dan teks pada layar.

Pada sistem TV digital juga disediakan mekanisme penyampaian obyek secara mengalir (*carousel-like fashion*). Contoh penggunaannya adalah saat suatu aplikasi interaktif harus disinkronkan dengan sebuah acara TV, misalnya acara kuis. Untuk ini, aplikasi harus bereaksi pada waktu yang tepat, dan disesuaikan dengan jadwal *event* yang disampaikan melalui DSM-CC.

Sebagaimana disampaikan di atas, sistem TV digital harus mengendalikan baik video, audio, *subtitle*, dan data-data lainnya. Salah satu media pengaturan ini adalah melalui JMF (*Java Media Framework*). Beberapa fungsi spesifik untuk aplikasi TV telah ditambahkan ke JMF, misalnya penyampaian *subtitle*, peletakan dan skala, konversi format *decoder*, dan metode referensi konten. Untuk dapat menggunakan fitur JMF, disediakan JMF API yang diakses melalui MHP API.

Arsitektur *layering* pada gambar 6.7 menunjukkan fleksibilitas MHP dengan berbagai API *plug in* yang dapat disertakan, walau tidak

semua API pada terminal MHP disertakan. Pada gambar tersebut juga disertakan suatu *layer* untuk aplikasi-aplikasi yang sifatnya generik seperti navigator yang spesifik *vendor* dan memiliki akses langsung ke sistem dan sumber daya pada *hardware*. Karena spesifik *vendor*, umumnya aplikasi-aplikasi generik ini tidak berinteraksi langsung dengan aplikasi MHP, namun secara tidak langsung dapat terjadi melalui sistem apabila mereka mengakses layanan yang sama.

6.3.2 Aplikasi berbasis MHP

Keberadaan *middleware* MHP menjamin interoperabilitas antaraplikasi dan membantu *developer* untuk fokus pada pengembangan aplikasi. Aplikasi MHP sendiri dapat ditulis dengan *script* HTML atau bahasa pemrograman *Java*. Kedua jenis aplikasi ini umum dinamakan aplikasi DVB-HTML dan DVB-*Java* (DVB-J). Untuk DVB-HTML, aplikasi disusun sebagai kumpulan halaman HTML yang dikirim sebagai bagian dari layanan. Spesifikasinya didasarkan atas versi modular dari XHTML 1.1, dan juga termasuk CSS 2.0, DOM 2.0 dan ECMAScript. Sayangnya, spesifikasi HTML pada profil MHP awalnya hanya bersifat opsional, sehingga kurang populer pada industri *set-top box*. Selain itu, pengembang aplikasi merasakan penggunaan HTML pada media TV sangat kompleks dan susah untuk diimplementasikan. Kelemahan HTML adalah tidak tersedianya komputasi lokal sehingga mempersulit pengembangan aplikasi interaktif. Selain itu, tampilan halaman pada layar TV berbeda dengan layar komputer, sehingga memerlukan penyesuaian lagi atas berbagai konten HTML yang tersedia pada jaringan internet.

Aplikasi DVB-*Java* juga disebut dengan istilah *Xlet*, karena konsepnya mirip dengan *Java applet*, yaitu kode-kode yang dipindahkan melalui jaringan dan dieksekusi pada *browser* lokal. Untuk aplikasi *Xlet*, *application manager* pada *set-top box* akan mengatur eksekusinya. Keuntungan penggunaan *Java* adalah karena sifatnya yang portabel, sehingga pengembang hanya perlu menulis kode aplikasinya sekali, dan dapat dieksekusi di semua jenis terminal dan tidak tergantung dengan sistem operasi dan konfigurasi *hardware* yang digunakan. Kelemahan HTML juga teratasi karena *Java* memungkinkan komputasi lokal yang

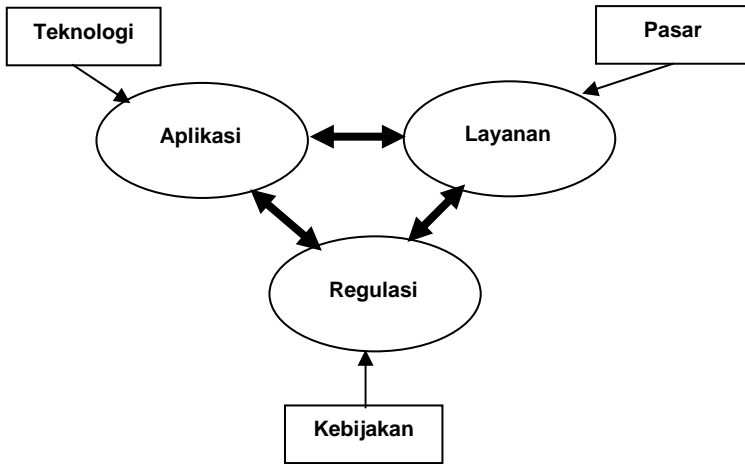
menunjang berbagai interaksi tingkat lanjut dan pengaturan grafik yang lebih optimal dalam perancangan *user interface*, navigasi, penyusunan dan pemindahan konten.

Dikarenakan penggunaan TV dan komputer personal sangatlah berbeda, pengembang aplikasi pada *set-top box* harus mempertimbangkan beberapa kendala dan kriteria dalam hal: ukuran layar, kompleksitas peng-*input*-an data melalui *remote control*, konteks data dengan isi program TV, dan tentu saja keterbatasan sumber daya dari *set-top box* dan jaringan TV seperti memori, media penyimpanan, *latency* dan *bandwidth*. Kendala-kendala di atas memberikan tantangan untuk pengembang-pengembang yang inovatif. Untuk melatih penggunaan MHP, pembaca dapat mencoba *software* OpenMHP yang merupakan proyek *open-source* untuk lingkungan pengembangan aplikasi berbasis MHP [OpenMHP].

6.4 Model Konvergensi Teknologi Informasi dan Komunikasi

Kita telah menyaksikan bagaimana teknologi yang tersedia pada sistem TV digital memungkinkan pengembangan layanan-layanan interaktif berbasis multimedia, dan berpotensi tumpang tindih dengan layanan pada media komunikasi lainnya. Selain itu, kita juga dapat menyaksikan bahwa konten dari TV digital dalam bentuk MPEG *transport stream* tidak harus selalu dikirimkan melalui media penyiaran (*broadcasting*), namun dapat dikirimkan melalui media komunikasi lainnya. Konvergensi pada teknologi informasi dan komunikasi ini merupakan fenomena yang memerlukan kajian tersendiri dikarenakan besarnya peranan pasar dan regulasi, selain teknologi, yang mempengaruhi arah perkembangannya. Untuk itu, sub-bab ini akan membahas model konvergensi teknologi informasi dan komunikasi yang dapat dijadikan acuan bagi para pelaku industri TV digital.

Pada paparan sebelumnya, konvergensi hanya dilihat dari aspek teknologi, di mana digitalisasi memungkinkan perpindahan konten dalam bentuk multimedia. Namun, pengertian konvergensi sendiri amatlah luas dan belum ada suatu standar definisi yang baku. Selama ini konvergensi dapat dilihat dari berbagai sudut pandang yang berbeda tergantung kepentingannya.



Gambar 6.8. Faktor-faktor pendorong konvergensi menuju pertumbuhan ekonomi. Sumber: [Henten,2002].

Definisi yang cukup generik diberikan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) yang mengartikan konvergensi sebagai kemampuan untuk mengintegrasikan teknologi, pasar, kebijakan dan regulasi yang sebelumnya didefinisikan pada struktur industri yang terpisah. ITU juga mengaitkan konvergensi dengan proses globalisasi konten dan layanan teknologi informasi dan komunikasi.

Untuk melihat faktor-faktor pendorong konvergensi, konsep yang merujuk pada *network* ekonomi dapat dijadikan rujukan. Pada konsep ini, keluaran yang dilihat adalah nilai tambah ekonomi, dengan menempatkan teknologi, kebijakan dan kondisi pasar sebagai masukan. Ketiga masukan di atas dapat dianggap sebagai peluang ekonomi yang harus diimplementasikan menjadi suatu aplikasi, layanan dan regulasi yang efektif, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.8. Adanya sinergi antara aplikasi, layanan, dan regulasi yang efektif akan mendorong pertumbuhan ekonomi yang nyata.

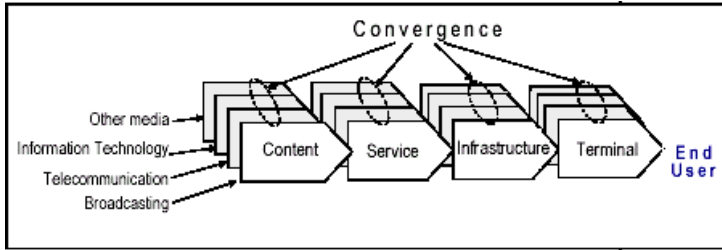
Dari ketiga faktor pendorong tersebut, tidak dapat ditentukan yang mana yang lebih tepat untuk didahulukan. Semua itu kembali ke

strategi yang diterapkan pada tiap negara. Dapat saja perkembangan teknologi yang pesat menciptakan berbagai aplikasi yang direspon dengan cepat oleh pasar, sebelum regulasi yang diperlukan berjalan, namun dapat juga regulator yang proaktif untuk membuat berbagai regulasi lebih dahulu sebagai antisipasi perkembangan teknologi yang diikuti oleh minat investasi. Pendekatan awal melalui regulasi lebih banyak dilakukan di negara-negara berkembang dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat, yang selain menata regulasinya, juga untuk menarik minat investasi dan menstimulasi berbagai aktivitas ekonomi.

Dari beberapa model konvergensi TIK yang ada, semuanya terlihat menuju ke suatu model yang hampir serupa didasarkan atas konsep di atas. Perbedaannya adalah dalam bagaimana implementasi model yang mirip itu pada klasifikasi industri yang diinginkan. Perbedaan ini secara umum disesuaikan dengan kondisi pihak-pihak yang merancang dan mengimplementasikan model konvergensi itu sendiri.

Dalam mengklasifikasikan suatu industri dalam menuju konvergensi, umumnya mengacu ke model pada gambar 6.9. Pada model ini, sektor industri yang dipilih adalah penyiaran (*broadcasting*), telekomunikasi (*telecommunication*), teknologi informasi (*information technology*) dan berita (*media*). Terlihat bahwa konvergensi dapat terjadi antar industri (konvergensi horisontal) ataupun antarlevel yang berbeda pada satu industri (konvergensi vertikal atau konglomerasi). Namun, tidak tertutup pula kemungkinan disintegrasi (*divergence*), di mana terjadi pemisahan aktivitas oleh pelaku tertentu pada satu industri, dalam rangka efisiensi kerja dan pencapaian pertumbuhan ekonomi yang lebih optimal.

Salah satu model untuk kondisi Indonesia adalah yang diusulkan oleh Masyarakat Telekomunikasi Indonesia, yang pada dasarnya selaras dengan konvergensi rantai nilai pada gambar 6.9. Mastel memilah industri teknologi informasi dan komunikasi ke segmen-segmen sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.10. Pembagian segmen-segmen tersebut adalah sebagai berikut:

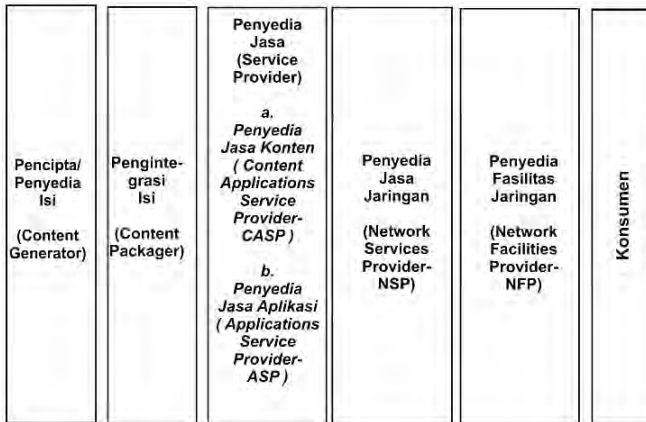


Gambar 6.9. Konvergensi pada rantai nilai (*value chain*) industri teknologi informasi dan komunikasi. Sumber: [Henten,2002].

- Segmen industri yang masuk ke blok *content* adalah industri pencipta/penyedia isi (*content generator*) dan pengintegrasian isi (*content packager*).
- Segmen industri yang masuk ke blok *service* adalah industri penyedia jasa (*service provider*) seperti penyedia jasa konten dan penyedia jasa aplikasi.
- Segmen industri yang masuk ke blok infrastruktur adalah penyedia jasa jaringan (*network service provider*) dan penyedia fasilitas jaringan (*network facilities provider-NFP*).
- Segmen industri yang masuk ke blok terminal adalah industri perangkat yang akan digunakan atau terkait langsung dengan konsumen.

Dari masing-masing segmen industri ini seperti penyiaran, telekomunikasi, teknologi informasi dan lainnya tentunya harus dikelompokkan menjadi segmen yang sesuai dengan segmen yang ada. Seperti misalnya, semua industri penyedia isi di industri telekomunikasi, penyiaran, teknologi informasi dan lainnya harus dikelompokkan ke segmen ini. Sehingga tidak ada lagi suatu industri menguasai semua segmen yang ada.

Namun, dengan pembagian ke dalam segmen-segmen ini semua industri yang ada tersebut harus dapat saling bersinerji untuk memberikan yang terbaik bagi konsumen. Permasalahan yang ada sekarang adalah satu industri pada umumnya menguasai semua aktivitas dari hulu ke hilir. Kondisi seperti ini menyebabkan beberapa hal, antara lain:



Gambar 6.10. Segmen-segmen industri Teknologi Informasi dan Komunikasi versi Masyarakat Telekomunikasi Indonesia. Sumber: [Mastel, 2005].

- Menyulitkan pemain baru untuk ikut bersaing dalam bisnis yang sama terutama dalam biaya investasi, infrastruktur, menggaet konsumen dan lain-lain.
- Menghambat penetrasi penggunaan aplikasi teknologi informasi dan komunikasi yang sangat dibutuhkan pada saat ini.
- Menghambat tumbuhnya inovasi-inovasi baru di bidang teknologi informasi dan komunikasi.

Dari penjelasan model konvergensi tersebut, terlihat bahwa sistem TV digital memiliki peranan yang cukup besar. Berbagai teknologi dan model usaha pada sistem TV digital yang telah dijelaskan sebelumnya, memungkinkan pembagian segmen industri seperti pada model konvergensi di atas, dan dapat memberikan nilai tambah ekonomi untuk tiap transisi antarsegmen sebelum mencapai konsumen.

6.4.1. Problem Regulasi

Untuk tercapainya berbagai layanan yang bersifat konvergensi, diperlukan suatu pemetaan atas regulasi-regulasi yang ada. Beberapa undang-undang dan peraturan pemerintah turunannya

yang terkait dengan teknologi informasi dan komunikasi adalah sbb.:

- UU Nomor 36 tahun 1999 tentang *Telekomunikasi*.
- UU Nomor 32 tahun 2002 tentang *Penyiaran*.
- PP Nomor 52 tahun 2000 tentang *Penyelenggaraan Telekomunikasi*.
- PP Nomor 53 tahun 2000 tentang *Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit*.
- PP Nomor 49 tahun 2005 tentang *Pedoman Kegiatan Peliputan Lembaga Penyiaran Asing*.
- PP Nomor 50 tahun 2005 tentang *Penyelenggaraan Penyiaran Lembaga Penyiaran Swasta*.
- PP Nomor 51 tahun 2005 tentang *Penyelenggaraan Penyiaran Lembaga Penyiaran Komunitas*.
- PP Nomor 52 tahun 2005 tentang *Penyelenggaraan Penyiaran Lembaga Penyiaran Berlangganan*.

Selain regulasi yang spesifik telekomunikasi dan penyiaran, terdapat rencana regulasi yang masih dalam bentuk rancangan undang-undang yaitu RUU tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE).

Dapat terlihat bahwa telah disusun suatu regulasi untuk tiap sektor industri. Namun, perlu dikaji dampak berbagai konvergensi yang telah dijelaskan, dan apakah terjadi tumpang tindih atau kerancuan di antara regulasi yang ada.

Secara tradisional, regulasi penyiaran biasanya ada pada kerangka kerja regulasi layanan radio dan TV. Namun, dengan adanya konvergensi diperlukan suatu regulasi baru ataupun penyesuaian atas regulasi-regulasi yang telah ada. Sebagai contoh, apakah penyediaan fitur interaktif pada layanan TV diatur pada regulasi penyiaran atau telekomunikasi, dan bagaimana pula dengan penyiaran TV melalui infrastruktur telekomunikasi pita lebar.

Penyesuaian regulasi tiap sektor ataupun penyusunan regulasi super yang memayungi konvergensi antarsektor memerlukan kajian lebih lanjut, agar keberadaan teknologi TV digital dengan berbagai keuntungan yang ditawarkan dapat segera dimanfaatkan.

Perkembangan TV Digital di Dunia

Perkembangan sistem penyiaran TV digital di sebagian besar negara di dunia dalam beberapa tahun terakhir ini berlangsung begitu cepat. Beberapa negara bahkan telah melakukan atau sedang dalam persiapan untuk mematikan secara total (*switch off*) TV analognya. Belanda telah melakukan *switch off* pada 11 Desember 2006. Inggris akan melakukan *switch off* TV analog secara bertahap. Kongres Amerika Serikat telah memberikan mandat untuk menghentikan siaran TV analog secara total 2009, begitu pula Jepang (2011). Negara-negara Eropa lainnya dan Asia juga akan mengikuti migrasi total itu.

Banyak perhatian dan biaya dicurahkan negara-negara itu untuk mempercepat proses perkembangan TV digital, walaupun masing-masing negara memiliki alasan berbeda tentang tujuan migrasi. Namun paling tidak ada beberapa kesamaan alasan yang mendasari langkah mereka itu. Antara lain: efisiensi daya pemancar dan efisiensi dalam penggunaan pita frekuensi (*bandwidth*), peningkatan kualitas gambar dan suara, sinyal TV digital dapat ditangkap dalam keadaan TV bergerak (*mobile*), peluang terbuka untuk konvergensi dengan aplikasi lain (telepon selular dan komputer), layanan multimedia, *TV interaktif*, *TV on demand*.

Dalam bab ini dibahas perkembangan TV digital di beberapa negara, yang dikelompokkan berdasarkan kategori negara maju, kelompok negara berkembang, dan kelompok negara yang mengembangkan sendiri teknologinya.

7.1. Perkembangan TV Digital di negara-negara maju

Sebagian besar negara maju di dunia telah melakukan migrasi siaran TV dari analog ke digital. Bahkan ada beberapa yang sudah selesai melakukan *cut off* analog atau paling tidak sudah menentukan secara resmi kapan waktu penghentian siaran analog.

7.1.1. Perkembangan TV Digital di Inggris

Inggris memperkenalkan siaran digital terestrial dengan standar DVB-T sejak 1996, ketika pemerintah secara resmi mengumumkan pemberian lisensi untuk *multiplex*. Pada November 1998 sebuah stasiun TV mengudara dengan sistem tersebut yang diyakini merupakan siaran digital komersial pertama di dunia. Saat ini teknologi HDTV (*High Definition Television*) sedang diuji coba oleh beberapa stasiun penyiaran seperti BBC, ITV, Channel 4 dan Channel Five yang sudah mulai dapat dinikmati di beberapa kota. Uji coba DVB-H (*Digital Video Broadcasting – Handheld*) juga sudah dilakukan khususnya di Kota Oxford yang dilakukan oleh operator seluler O2 dan *broadcaster* Arqiva.

Di akhir September 2006 populasi pemirsa DVB-T telah mencapai 73%, dan tahun 2007 sudah berada dalam tahap persiapan *switch off* TV analog secara bertahap dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Namun pemerintah mensyaratkan paling tidak dua kriteria untuk dapat dilakukan *switch off*. Kriteria pertama *availability*; setiap orang yang sudah memperoleh layanan publik berupa siaran TV analog, harus dapat menerima siaran dalam format digital. Kriteria kedua: *affordability*; migrasi ke digital harus memberikan pilihan yang berguna kepada masyarakat luas.

Office of Communications (Ofcom) – lembaga independen yang mengelola regulasi dan kompetisi untuk industri komunikasi di Inggris – telah menetapkan dimulainya *Digital Dividend Review*

(DDR), berupa pengujian terhadap sisa spektrum yang ditimbulkan akibat migrasi ke digital. Migrasi penyiaran digital akan menggunakan spektrum 6 kali lebih hemat dibanding penggunaan spektrum analog. Hal ini membuat pemerintah dan para pelaku industri penyiaran publik terus melakukan sosialisasi TV digital kepada masyarakat, agar proses migrasi berlangsung dengan sukses.

Tabel 7.1: Perkembangan TV Digital di Inggris

Periode	Perkembangan Migrasi TV Analog ke TV Digital di UK
Oktober 1996	Pemerintah mengumumkan pemberian lisensi untuk <i>multiplex</i>
Desember 1997	British Digital Broadcasting (kemudian menjadi Ondigital dan ITV Digital) memperoleh tiga izin penyelenggaraan layanan TV digital
November 1998	Ondigital diluncurkan, menjadi lembaga penyiaran TV digital pertama di Inggris, bahkan di dunia
Mei 1999	STB (Set-top box) dibagikan bebas untuk waktu terbatas
September 2000	Ondigital membawa internet ke dalam TV
Desember 2000	Tercapai satu juta pelanggan
Maret 2002	STB untuk pertama kali tersedia di pasar dengan harga retail di bawah 100 poundsterling
Juli 2002	Tiga lisensi <i>multiplex</i> lain diberikan kepada konsorsium BBC (yang sudah memiliki satu izin layanan <i>multiplex</i>) dan Crown Castle
Maret 2004	Harga STB sudah mencapai di bawah 40 poundsterling
Februari 2005	Uji coba layanan HDTV dan DVB-H
September 2006	Populasi DVB-T telah mencapai 73% dari seluruh pemirsa TV

[Sumber: Dari beberapa sumber]

Kondisi pasar

Saat ini paling tidak ada 5 penyedia layanan TV analog untuk publik (*Public service broadcaster* - PSB) di Inggris dengan pelanggan sekitar 24,5 juta yang siap melakukan migrasi menuju TV digital.

Tabel 7.2: Pasar TV Analog

Channel analog terrestrial (nasional)	5
Public service broadcaster (PSB)	BBC
PSB analog (nasional)	5
Jumlah pelanggan TV	24,5 juta
Jumlah pelanggan TV khusus Terrestrial	14,1 juta
Jumlah pelanggan TV kabel	3,4 juta
Jumlah pelanggan DTH TV	7 juta

(sumber: dari beberapa sumber)

Model Bisnis TV Digital

Sejak pemberian lisensi penyelenggaraan *multiplex*, yang dibatasi 6 operator dan jumlah kanal per *multiplex* sebanyak 4-8 *channel*, pemerintah telah berperan besar terhadap terjadinya model bisnis TV digital berbasis *pay TV* dan *free to air* (FTA).

Tabel 7.3: Pemberian izin TV Digital

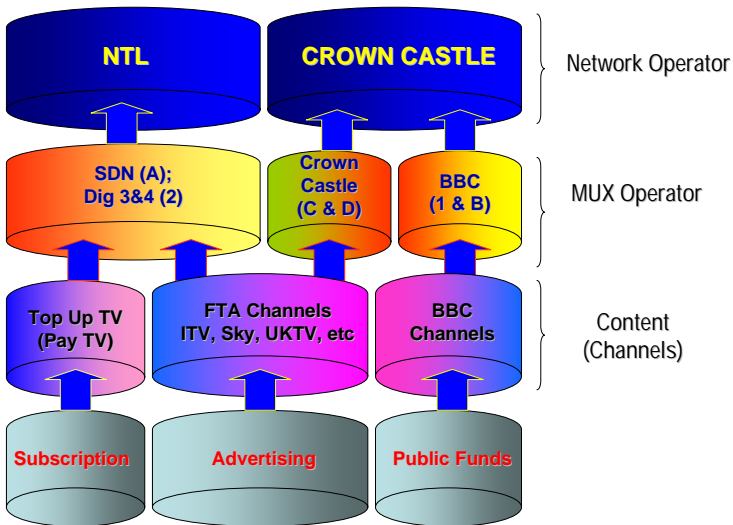
Jumlah penyedia <i>Multiplex</i>	6
Jumlah <i>Channels</i> per <i>multiplex</i>	4-8
Assignment mechanism	Per <i>multiplex</i>
Business model	Pay-TV, FTA sejak 2002
Target Jumlah Transmitter sites untuk DTV	1154 sites

Keenam operator *multiplex* tersebut, baik yang dimiliki pemerintah maupun swasta, telah berhasil membuktikan bahwa mereka mampu memberikan layanan yang optimal kepada para pelanggan dan terus berusaha untuk meningkatkan kualitas layanannya.

Tabel 7.4: Operator *multiplex*

Multiplex	Operator sebelum 1 Mei 2002	Operator sesudah 1 Mei 2002
1	BBC	
2	Digital 3 & 4 (untuk ITV & Channel 4)	
A	SDN (swasta dengan izin untuk <i>multiplex</i>)	
B	ITV Digital	BBC
C	ITV Digital	Crown Castle
D	ITV Digital	Crown Castle

Pemberian izin kepada enam operator membuat model penyelenggaraan penyiaran TV digital di Inggris berbeda dengan era penyiaran analog, yang bisa dikelompokkan jenis penyiaran berdasar *content* serta efisiensi penggunaan *bandwidth*.



Gambar 7.1: Model penyelenggaraan TV Digital Terrestrial di Inggris

Produksi konten (*content production*) merupakan pengeluaran yang paling dominan untuk *broadcaster*. Pada 2003, berdasarkan perhitungan Ofcom, lima penyedia siaran analog telah memberikan pendapatan sekitar £ 4.9 milyar, dari jumlah itu £ 2.9 milyar telah dikeluarkan untuk memproduksi konten. Ofcom juga

telah mengusulkan program *digital switch over*, dimulai 2008 dan selesai sekitar 2012.

Tabel 7.5: TV Digital di Inggris berdasarkan jenis Layanan

Layanan	Lembaga Penyiaran
Free to Air	BBC1, BBC2, BBC3, BBC4, ITV1, ITV2, <i>Channel</i> 4, Five, ftn, Sky Travel, UKTV Bright Ideas, UKTV History, Cbeebies, CBBC, The Hits, BBC News 24, BBC Parliament, Sky News, Sky Sports News, ITV News, Community <i>Channel</i> /QVC, Ideal World, Bid-up TV, Price-Drop TV, Screenshop, ABC1 (since September 2004)
Top Up TV (Pay-TV)	E4, UKTV Gold, UKTV Style, Discovery, Discovery Home & Leisure, TCM, Boomerang, Cartoon Network, Bloomberg, Television X: The Fantasy <i>Channel</i>
Layanan terprogram	ITV3 (November 2004), More 4 (2005)
Radio	BBC Radio 1, 1Xtra, Radio 2, Radio 3, Radio 4, Five Live, Five Live Sports Extra, Radio 6 Music, Radio 7, BBC Asian Network, BBC World Service, The Hits Radio, Smash Hits Radio, Kiss, Heat, Magic, Q, Oneword, Jazz FM, Mojo, Kerrang!, talkSport, 3c, Premier

TV Digital Mobile & Interaktif

Walaupun masih terbatas popularitasnya, solusi ITV digital telah menawarkan layanan interaktif yang lebih bervariasi seperti *internet access*, *email*, *sport interactivity*. Dengan layanan *sport interactivity* penonton dapat memperoleh data statistik selama pertandingan sepak bola, skor pertandingan lainnya dan berpartisipasi dalam berbagai kuis dan kompetisi interaktif.

Parameter Teknik

Untuk memperoleh efisiensi yang tinggi, pemerintah bekerja sama dengan masing-masing lembaga penyiaran telah memutuskan untuk menentukan beberapa parameter teknik yang digunakan dalam implementasi TV digital.(Tabel 7.7)

Switch over digital

Sejak TV digital diperkenalkan pada 1998, pertumbuhan jumlah konsumennya sangat tinggi. Hal itu antara lain karena tidak

Tabel 7.6: Parameter Teknik

Parameter	Detail
Tipe Modulasi	16QAM untuk <i>multiplex</i> 1, B, C dan D 64QAM untuk <i>multiplex</i> 2 dan A
Tipe Jaringan national	MFN
<i>Channel</i> bandwidth	8MHz pada UHF band
Mode carrier	Saat ini 2k, akan dirubah menjadi 8k pada 2012
FEC (redundancy)	3/4 untuk 16QAM, 2/3 untuk 64QAM
Guard interval	1/32
Transmitter ERP	20kW (max.)
Cakupan saat ini	Sekitar 80% untuk BBC <i>multiplex</i> (1 & 2); 73% untuk semua <i>multiplex</i>
Target cakupan	98.5% Digital TV Terrestrial coverage dari 3 <i>multiplex</i> Lembaga Penyiaran Publik (1, 2 dan B)

diperlukan lagi antena parabola, sebagaimana mutlak diperlukan pada DTH, dan kabel *coaxial* pada TV kabel. Proyeksi Ofcom mengindikasikan bahwa jumlah rumah tangga yang memiliki pesawat penerima TV digital akan naik 7-8 juta sampai akhir 2010.

Ofcom juga merekomendasikan rencana *switch over* secara regional seperti di Jerman. Diyakini bahwa dengan mengumumkan tanggal *switch over* akan mempercepat pertumbuhan TV digital. *Switch over* juga memungkinkan peningkatan *level power transmitter* pada siaran digital tanpa meningkatkan risiko interferensi terhadap sinyal TV analog.

7.1.2. Perkembangan TV Digital di Jerman

Jerman mengawali siaran TV digital terrestrial dengan standar DVB-T pada 2002. Migrasi ke digital dilakukan secara bertahap dari daerah satu ke daerah lainnya dengan periode waktu transisi yang cukup pendek. Bahkan di Berlin siaran analog sudah dimatikan pada Agustus 2003 dan sudah terdapat 28 program siaran digital dengan 7 kelompok *multiplex*. Sedangkan uji coba DVB-H telah dimulai sejak 2005 di beberapa kota besar seperti Berlin, Hamburg, Hannover, Munich dan beberapa kota besar di Jerman bagian utara. Sistem DVB-H sedang dipersiapkan untuk diluncurkan secara komersial tahun 2007.

Tabel 7.7: Perkembangan TV Digital

Tanggal	Perkembangan Migrasi ke TV Digital di Jerman
Agustus 1997	Uji coba pengoperasian <i>Digital TV Terrestrial</i> (DTT) dimulai dengan SFN network dalam suatu <i>pilot project</i> oleh Deutsche Telekom, MABB dan SFB; Uji coba lainnya dilakukan di bagian utara Jerman dan Bavaria.
17 Desember 1997	Dibentuk 'Digital Broadcasting' Initiative oleh kabinet untuk mengelaborasi strategi yang dapat mendukung terbentuknya siaran digital.
July 2001	MABB mengumumkan peraturan tentang DTT
17 Desember 2001	MABB's board (<i>media council</i>) memutuskan untuk mendukung secara finansial proses switch over ke DTT
13 February 2002	MABB, ARD, ORB, SFB, ZDF, ProSiebenSAT.1 dan RTL mengadakan perjanjian mengenai detail <i>switch-over</i> ke DTT di area Berlin-Brandenburg
Oktober 2002	<i>Regulatory Authority for Telecommunications and Posts</i> (RegTP) mengalokasikan frekuensi yang diminta oleh MABB untuk kepentingan pemerintah Berlin dan Brandenburg
28 February 2003	Transmisi analog untuk semua TV komersial siaran nasional diakhiri.; TV layanan publik yang menggunakan <i>high-power frequencies</i> (kecuali untuk <i>channel 39</i>) telah diubah menjadi siaran digital; Program-program layanan publik diubah menjadi kanal analog yang menggunakan <i>power</i> lebih rendah.
4 Agustus 2003	Transmisi TV analog terrestrial di Berlin-Brandenburg diakhiri
Mei 2004	DTT dimulai di Cologne Bonn, Bremen/Unterweser dan daerah-daerah Hannover/Braunschweig
November 2004	DTT dimulai di North Rhine-Westphalia
Mei 2005	Diluncurkan di Leipzig/Halle, Erfurt/Weimar dan Bavaria (Munich / Nuremberg)
Januari 2006	Diluncurkan di Stuttgart Mannheim/Heidelberg/Ludwigshafen
Maret 2007	DTT telah diluncurkan di Lüneburger Heide dan Wendland
April 2007	Regulator media untuk daerah Baden-Wuerttemberg, LFK, bersama dengan regulator media daerah lainnya menyiapkan prosedur yang diperlukan untuk melakukan seleksi terhadap penyedia layanan DVB-H. Semua kandidat dapat mengajukan permintaan izin penyelenggaraan DVB-H nasional, yang memungkinkan penyelenggaraan sampai 16 program siaran TV dan radio. Aplikasi harus dikirim kepada LFK pada 13 April 2007.

[Sumber: Dari beberapa sumber]

Proses Migrasi

Perkembangan migrasi TV analog ke digital di Jerman dimulai 1997, ketika dilakukan uji coba oleh Deutsche Telekom, MABB dan SFB. Uji coba lainnya dilakukan di bagian utara Jerman dan Bavaria. Sejak saat itu Jerman memberikan perhatian sangat besar bagi migrasi TV analog ke digital. Bahkan sampai pada akhir 2006 hampir seluruh pemirsa TV di kota-kota besar Jerman sudah dapat menikmati layanan TV digital berbasis teknologi DVB-T.

Kondisi pasar siaran TV

Saat ini paling tidak terdapat 5 penyedia layanan TV analog untuk publik di Jerman dengan total *channel* sekitar 12, dengan pelanggan sekitar 36,2 juta yang siap melakukan migrasi menuju era siaran TV digital.

Tabel 7.8: Pasar TV Analog di Jerman

Jumlah <i>channel</i> analog terrestrial	3–12
Public service broadcaster (PSB)	ARD, ZDF
Jumlah PSB <i>channel</i> analog	2–5
Rumah Tangga pelanggan TV	36.2 juta
Pelanggan TV Terrestrial	2.6 juta
Pelanggan Cable TV Kabel	20.6 juta
Pelanggan TV Digital Terrestrial	13 juta

(sumber: dari beberapa sumber)

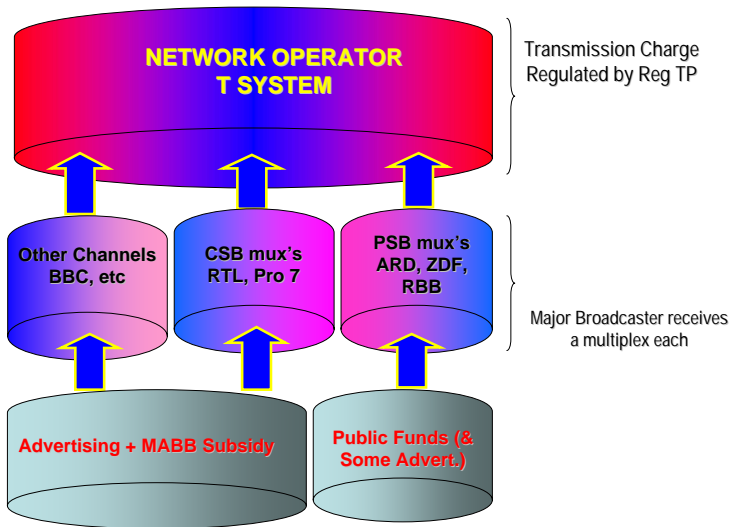
Model Bisnis TV Digital

Sejak memberikan lisensi penyelenggaraan *multiplex* – dengan pembatasan jumlah penyedia *multiplex* sebanyak 5-7 operator di tiap kota dan jumlah *channel* per *multiplex* sebanyak 4-5 –, Pemerintah Jerman memiliki peran besar dalam perubahan model bisnis TV digital berbasis FTA.

Tabel 7.9: Pemberian izin/lisensi TV Digital di Jerman

	Berlin	Bremen / Unterweser	Hannover	Cologne/ Bonn
Jumlah operator <i>multiplex</i>	7	5 - 7	5	6
Jumlah <i>channels</i> per <i>multiplex</i>	4	4 - 5	4	4
Mekanisme penunjukkan	Per <i>multiplex</i> dan per <i>channel</i>			
Business model	FTA (<i>Free to Air</i>)			

Ketujuh operator *multiplex* tersebut (Berlin) telah berhasil memberikan layanan yang optimal kepada para pelanggannya. Untuk dua operator *multiplex* telah ditetapkan *channel* secara individual, sementara lima operator *multiplex* lainnya kanal dipilih sendiri oleh operator *multiplex* tersebut.



Gambar 7.2: Model penyelenggaraan TV Digital Terrestrial di Jerman

TV Digital portable & Mobile

Terjadinya kombinasi layanan antara digital TV dan jaringan komunikasi *mobile*, misalnya yang disediakan oleh Vodafone, telah memberikan solusi TV digital yang lebih bervariasi. Aplikasi DVB-

T *portable* dapat dinikmati pelanggan di rumah dan DVB-H mampu memberikan layanan bergerak untuk pelanggan yang sedang dalam perjalanan.

Parameter Teknik TV Digital

Pemerintah Jerman dan para *broadcaster* bersama-sama telah menentukan parameter teknik yang digunakan dalam implementasi TV digital. (Tabel 7.10)

Tabel 7.10: Layanan TV Digital

Parameter	Detail
Jumlah <i>multiplex</i>	4 operator
Tipe Modulasi	16QAM
Tipe Network	SFN dalam area yang kecil, beberapa area MFN
<i>Channel BW</i>	8MHz UHF & 7MHz VHF
FEC	2/3 & 3/4 (redundancy)
Guard interval	1/8
Transmitter ERP	10kW VHF, 120kW UHF (maksimum)
Middleware	Akan diadopsi MHP (Multimedia Home Platform)
Cakupan saat ini	Mendekati angka 100% di Berlin-Brandenburg; 44% dari seluruh rumah tangga secara nasional
Target cakupan	100% di Berlin-Brandenburg; 55% dari seluruh rumah tangga secara nasional di tahun 2005

Switch over digital

Proses *switch over* secara regional pada perioda *simulcast* diyakini dapat memberikan keseimbangan antara kebutuhan biaya siaran dari sebagian besar operator TV dan ketersediaan spektrum pita frekuensi UHF. Sebab kanal UHF di Jerman telah digunakan secara intensif dan hampir semua kanal sudah terisi penuh. Hal ini menyebabkan hampir tidak mungkin lagi dilakukan *simulcast* dengan jumlah *multiplex* yang banyak. *Switch off* analog yang sudah, sedang atau akan dilakukan di masing-masing daerah secara regional diperkirakan akan selesai secara nasional pada tahun 2010.

7.1.3. Perkembangan TV Digital di Belanda

Digitienne operator *multiplex* TV digital terestrial (*Digital Terrestrial TV— DTT*) yang sudah mengantongi izin selama 15 tahun sejak 2002 dari Kementerian Ekonomi – lembaga pemerintah yang memiliki kewenangan pemberian izin – pada awalnya mengalami kesulitan untuk mendapatkan pelanggan. Karena sebagian besar (92 %) rumah tangga di Belanda sudah merasa nyaman berlangganan televisi kabel analog. Sementara itu operator TV kabel digital dan TV Satelit DTH (*Direct to Home*) juga mengalami kegagalan karena selama beberapa tahun beroperasi hanya mendapatkan sekitar 100.000 pelanggan untuk TV kabel digital dan sekitar 400.000 untuk DTH.

Untuk mengatasi hal tersebut, Digitienne berupaya mendapatkan pelanggan dengan terus memberikan informasi tawaran kelebihan layanannya, seperti penerimaan *portable*, di samping kelebihan lainnya dalam hal inovasi teknologi digital terestrial.

Proses Migrasi TV Digital

Belanda merupakan salah satu negara yang sangat cepat dalam melakukan proses migrasi siaran TV analog ke digital. Dalam waktu hanya empat tahun, telah dilakukan persiapan, uji coba sampai implementasi siaran DTT. (Tabel 7.12)

Kondisi pasar siaran TV

Saat ini kondisi pasar TV digital di Belanda cukup kondusif, yang diramaikan oleh lima operator *multiplex* termasuk satu penyedia layanan TV untuk publik yang sebelumnya memiliki 3 kanal analog dengan pelanggan sekitar 6,7 juta.

Model Bisnis TV Digital

Terdapat 5 operator *multiplex*, 4 operator di antaranya berada di bawah bendera Digitienne, satu sisanya di bawah NOS yang merupakan satu-satunya lembaga PSB di Belanda. (Tabel 7.13)

Tabel 7.11: Tahap perkembangan TV Digital

Tanggal	Perkembangan DTT di Belanda
Agustus 2001	Pendirian Digitienne
Januari 2002	Digitienne mendapat izin sebagai operator DTT
April 2003	Peluncuran DTT pada tanggal 23 April 2007
Januari 2004	Digitienne diperkirakan telah memiliki 40.000 pelanggan
Mei 2004	Peningkatan cakupan layanan menjadi 2,7 juta pelanggan di rumah di sekitar Amsterdam, Den Haag dan Utrecht
November 2004	Peningkatan cakupan layanan menjadi sekitar 3 juta pelanggan termasuk di daerah Rotterdam
Desember 2005	Operator Telekomunikasi KPN mengakuisisi 100% saham operator jaringan penyiaran Nosema yang memiliki 40% saham di Digitienne, untuk mengembangkan siaran berbasis DVB-H.
11 November 2006	Belanda menjadi negara pertama di dunia yang melakukan analog <i>switch off</i> menuju siaran TV digital
Maret 2007	KPN yang memiliki izin operasi DVB-H, mengundang seluruh <i>broadcaster</i> di Belanda untuk berpartisipasi dalam siaran DVB-H.

[Sumber: Analysys, DVB.org]

Tabel 7.12: Kondisi pasar siaran TV di Belanda

Jumlah channel analog terrestrial	3 <i>channel</i>
Public Service Broadcaster (PSB)	NOS
Jumlah PSB <i>channel</i> analogue	3 <i>channel</i>
Jumlah penduduk	16.1 juta (UN 2003)
Pelanggan TV	6.700.000
TV Terrestrial	100.000
Pelanggan TV kabel	6.200.000
Pelanggan DTH TV	500.000

[Sumber: DVB.org]

Tabel 7.13. Mekanisme pemberian izin siaran TV di Belanda

Jumlah operator <i>multiplex</i>	5 operator
<i>Channel</i> per <i>multiplex</i>	5-6 <i>channel</i> (dipilih oleh <i>multiplex</i> operator)
Mekanisme izin	Per <i>multiplex</i>
Model Bisnis	Pay-TV

[Sumber: DVB.org]

Model bisnis TV digital yang diselenggarakan oleh Digitienne berbentuk *pay-TV*. Pelanggan dapat menikmati sekitar 25 program siaran dengan membayar uang langganan bulanan. Cara ini mudah diterima pelanggan TV di Belanda, karena mereka sudah terbiasa menyisihkan sebagian dari penghasilan bulannya untuk membayar iuran TV kabel. Selama ini pelanggan TV kabel biasanya dapat menikmati sekitar 30 program siaran.

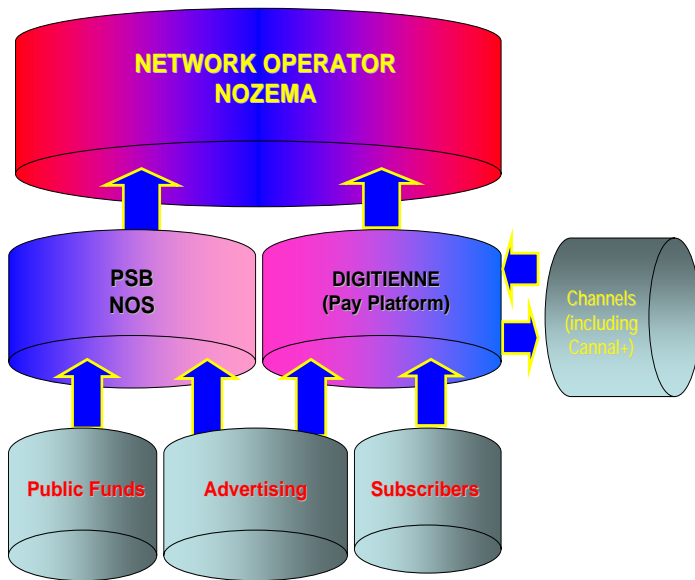
Dalam layanan TV digital penonton dapat memperoleh pilihan kombinasi program siaran antara paket program *basic* dan paket premium, di samping tambahan program siaran FTA yang disiarkan oleh lembaga layanan TV publik (PSB) NOS. Paket program premium yang ditawarkan Canal+ sebanyak 3 kanal memiliki tarif yang sama dengan siaran TV kabel. Tarif awal langganan bulanan yang ditetapkan oleh Digitienne sekitar • (Euro) 8,95 per bulan untuk paket satu set TV, • 11,95 untuk dua set TV dan •14.95 untuk tiga set TV. Sedangkan tarif langganan bulanan beberapa operator TV kabel sekitar •11 per bulan.

Perkembangan ke arah era konvergensi antara telekomunikasi dan penyiaran sudah mulai dapat dilihat di Belanda. Hal ini tercermin dari diakuisisinya kepemilikan 100% saham operator jaringan transmisi *broadcast* Nozema yang memiliki 40% saham di Digitienne oleh operator Telecommunication KPN (*Koninklijke KPN N.V.*). Nozema memegang lisensi izin operasi jaringan transmisi TV digital, yang untuk operasinya memperoleh kompensasi pembayaran dari Digitienne dan operator PSB NOS. Dapat diprediksi bahwa perkembangan jaringan transmisi TV digital ini akan disesuaikan dengan perkembangan jaringan transmisi telekomunikasi milik KPN. Saat ini KPN berkembang menjadi operator multimedia termasuk penyedia jaringan telepon

Tabel 7.14: Penawaran siaran TV digital di Belanda

Free to Air (FTA)	Paket <i>Basic</i>	Paket <i>Premium</i>
Nederland 1	Fox Kids	Canal+ Rood
Nederland 2	Nickelodeon	Canal+ Blauw
Nederland 3	Discovery <i>Channel</i>	Canal+ Geel
RTL4	Animal Planet	
RTL5	National Geographic	
SBS6	Eurosport	
Yorin	MTV	
NET5	TMF	
Veronica	CNN	
Regio TV	BBC World	
	Spice Platinum	

[Sumber: Digitienne]



Gambar 7.3: Model jaringan siaran TV digital di Belanda

tetap dan telepon selular, termasuk jaringan 2G dan 3G yang beroperasi di Belanda, Jerman dan Belgia [www.kpn.com].

Calon pelanggan TV digital mudah mendapatkan STB yang dijual di banyak toko pengecer. Harga STB berkisar • 149 sampai model yang lebih mahal sekitar • 676. Harga tersebut sudah termasuk *conditional access system* yang memungkinkan pelanggan menonton program yang di-*encrypt* pada kanal program premium. Harga STB di pasar Belanda lebih mahal dibanding di kawasan Eropa lainnya.

Parameter Teknik TV Digital

Pemerintah Belanda dan para *broadcaster* bersama-sama menentukan parameter teknik yang digunakan dalam implementasi TV digital di negeri tersebut. (Tabel 7.16)

Tabel 7.15: Parameter teknik siaran TV digital di Belanda

Cakupan siaran saat ini	45% dari seluruh rumah tangga
Target cakupan siaran	100%
Tipe Modulasi	64QAM
Tipe network	MFN dan local SFN
Transmitter power ERP	10kW (maximum)
Channel bandwidth	8MHz
Operation band	UHF
FEC (redundancy)	2/3
Guard interval	1/8
Tipe carrier	8k
Penerimaan	Tetap, portable dan mobile (DVB-H)
Middleware	MHP (dalam perencanaan & uji coba)

[Sumber: DVB.org]

Perluasan penerimaan di dalam ruangan (*indoor reception*) merupakan salah satu inovasi kunci di Belanda. Jaringan TV digital dirancang untuk penerimaan *indoor* pada *ground level* dengan cakupan sebesar 70% pada area yang diharapkan dapat dilakukan

penerimaan siaran TV, dan direncanakan 90-95% untuk penerimaan di daerah yang padat penduduk. Peningkatan daerah cakupan dilakukan dengan penambahan infrastruktur transmisi baik dengan penambahan perangkat transmiter utama maupun penambahan *gap filler*.

TV Digital Mobile

Sejak 2005 KPN yang memiliki izin operasi DVB-H, telah mengundang seluruh *broadcaster* di Belanda untuk berpartisipasi dalam siaran DVB-H. Ini dapat memberikan peluang bagi diterimannya siaran TV secara *mobile*. Saat ini siaran DVB-H sudah dapat dinikmati oleh sebagian besar pelanggan, menggunakan pesawat penerima yang diproduksi oleh Samsung.

7.1.4. Perkembangan TV Digital di Perancis

Di Perancis, DVB-T telah ditetapkan sejak 2000 dan diperbaharui tahun 2004. Lembaga otoritas regulasi penyiaran Perancis, CSA (*Conseil supérieur de l'audiovisuel*) telah menetapkan dan membagi siaran ke dalam 6 *multiplex*, untuk menyiarkan siaran TV digital di seluruh Perancis. Transmisi MPEG4 SDTV telah ditetapkan untuk dipergunakan oleh semua layanan komersial TV digital, namun CSA juga telah mengizinkan TPS *broadcast* untuk melakukan uji coba penerapan HDTV menggunakan sistem kompresi MPEG-4.

CSA juga telah memberikan izin kepada 3 lembaga penyiaran yaitu TDF, TPS dan Cannal + untuk melakukan uji coba DVB-H dan satu *broadcaster* lainnya untuk melakukan uji coba T-DMB yang semuanya dilakukan di Paris pada September 2005. Uji coba DVB-H memberikan hasil yang cukup memuaskan karena dari 500 pengguna, 73% mengatakan puas dan lebih dari 65% menyatakan akan berlangganan siaran DVB-H ini.

CSA juga telah memberikan izin kepada NRJ 12 untuk melakukan uji coba MHP (*Multimedia Home Platform*). CSA juga melakukan konsultasi publik untuk mengimplementasikan HDTV melalui jaringan DVB-T. Dalam implementasi TV digital ini Pemerintah telah menunjuk ART (*Agence de Régulation des*

Télécommunications) sebagai lembaga yang melaksanakan perencanaan jaringan TV di Perancis.

Proses Migrasi TV Digital

Prospek pasar TV digital di Perancis sangat cerah karena jumlah pemirsa TV sangat banyak yaitu sekitar 23,5 juta, jauh lebih banyak dibanding Inggris misalnya. Di samping itu, akibat rendahnya penetrasi layanan multikanal dari kabel TV dan DTH membuat peluang TV digital menjadi sangat menarik. Walau negara ini menganut sistem *per-channel licensing* yang dapat menghambat implementasi TV digital, namun proses migrasi TV digital yang dimulai pada awal Maret 2002 telah ditargetkan oleh pemerintah untuk diselesaikan dalam waktu lima tahun. (Tabel 7.16)

Pada bulan Februari 2007 Majelis Nasional Perancis menyetujui rancangan Undang-undang baru bernama "*Télévision du Futur*" yang mengatakan bahwa *switch off* analog akan dilakukan per daerah mulai 31 Maret 2008 dan selesai 30 Nov 2011. Mulai Desember 2007 semua pesawat TV yang dijual harus dilengkapi dengan *tuner* digital, televisi berformat HD akan dilengkapi dekoder HD MPEG4 AVC mulai 1 Desember 2008.

Setelah *switch off* analog, layanan TV digital akan dapat dinikmati oleh 95% penduduk dan 5% sisanya akan dapat mengakses siaran yang sama melalui transmisi satelit yang disediakan oleh pemerintah. Layanan satelit ini akan tersedia mulai Desember 2007. Penonton akan dapat memperoleh siaran dari 20 FTA dan TV digital berbayar.

Kondisi pasar siaran TV

Di Perancis, TV berbayar telah diperkenalkan oleh Canal+ pada 1984. Setelah Canal+ ada dua operator DTH yaitu TPS dan Canal Satellite, yang secara kolektif memiliki 4 juta pelanggan. Di samping itu terdapat sekitar 3,75 juta pelanggan TV kabel, 1 juta pelanggan di antaranya adalah pelanggan TV kabel melalui sambungan DSL yang baru saja diluncurkan oleh beberapa perusahaan seperti Neuf Telecom, Free, dan France Telecom yang semuanya menyediakan siaran FTA sebagaimana yang dilakukan juga oleh TPS dan Canal+.

Tabel 7.16: Perkembangan migrasi TV digital di Perancis

Tanggal	Perkembangan migrasi TV Digital
Maret 2002	70 <i>channel</i> /TV mengajukan izin layanan TV digital
Oktober 2002	CSA memilih 20 <i>channel</i> /TV digital (untuk menambah <i>channel</i> analog existing)
Juni 2004	Keputusan untuk DTT difinalisasi, <i>switch off</i> analog akan dilakukan 5 tahun setelah TV digital dimulai
Oktober 2004	Pemerintah mengeluarkan peraturan yang memberikan sinyal untuk menggunakan teknologi MPEG2 bagi TV digital FTA (<i>free to air</i>)
Oktober 2004	Pemerintah mencabut kembali 6 izin yang telah dikeluarkan
16 Des 04	CSA membuka tender baru untuk 6 <i>channel</i> /TV digital
28 Februari 2005	Hari terakhir untuk penerimaan aplikasi izin TV digital (dalam menanggapi tender oleh CSA)
17 May 05	Penerbitan izin baru untuk 6 <i>channel</i>
Maret 2005	Peluncuran layanan TV digital FTA berbasis MPEG2
Nov 2005	Peluncuran TV digital berbayar (<i>Pay Digital TV</i>) berbasis MPEG4
Jan 2006	Sebanyak 1,73 juta STB terjual sepanjang 2005
Maret 2006	Hasil uji coba DVB-H diumumkan dengan hasil sangat memuaskan
Maret 2006	NRJ 12 <i>broadcast</i> mendapat izin untuk melakukan uji coba MHP
April 2006	CSA memberikan izin untuk melakukan uji coba <i>HD digital TV</i> secara terbatas kepada 5 <i>broadcaster</i> untuk periode 28 Mei-17 Juli 2006
Mei 2006	Pemerintah melakukan proses konsultasi publik untuk melakukan peninjauan dan amendmen terhadap UU penyiaran tahun 1986.
September 2006	Uji coba HD digital TV berbasis MPEG-4 secara terbatas tahap kedua oleh 7 <i>broadcaster</i> untuk periode September 2006-Januari 2007
Feb 2007	Majelis Nasional Perancis menyetujui rancangan undang-undang baru bernama <i>Télévision du Futur</i> yang menetapkan <i>switch off</i> analog dilakukan per daerah mulai 31 Maret 2008 dan selesai 30 Nov 2011. Mulai Desember 2007 semua TV yang dijual harus dilengkapi dengan <i>tuner</i> digital.

[Sumber: DVB.org]

Model Bisnis TV Digital

Saat ini di Perancis terdapat 5 operator *multiplex*, yang dalam waktu dekat direncanakan bertambah menjadi 6. Masing-masing *multiplex* dapat menyiarkan antara 5-6 *channel* yang izinya

Tabel 7.17: Kondisi pasar siaran TV di Perancis

Jumlah <i>channel</i> analog	6
PSB	France Television
Jumlah kanal PSB analog	3
Populasi penduduk	60,1 juta
Pelanggan TV teresterial	23,5 juta
Pelanggan TV	15,7 juta
Pelanggan TV kabel	3.75 juta
Pelanggan DTH TV	4 juta

[Sumber: DVB.org]

diberikan per *channel*. Terdapat 3 operator jaringan yaitu TDF, Antalis dan Towercast yang dipilih oleh operator *multiplex*.

Tabel 7.18: Mekanisme pemberian izin siaran TV di Perancis

Jumlah penyedia <i>multiplex</i>	5 sudah beroperasi, direncanakan 6
Jumlah <i>channel</i> per <i>multiplex</i>	5-6
Mekanisme pemberian izin	Per <i>channel</i>
Model Bisnis	Hybrid, FTA dan TV berbayar

[Sumber: Analysys]

Pada saat peluncuran TV digital, direncanakan dapat diperoleh siaran sebanyak 15 kanal ditambah saluran TV berbayar, dengan target harga langganan sekitar •10 - •15 per bulan.

Dalam model bisnis siaran TV digital di Perancis, kanal siaran FTA dan TV berbayar disalurkan melalui beberapa *multiplex*. Kanal-kanal yang sama pada *multiplex* bekerja sama membentuk sebuah operator *multiplex*. Secara umum CSA telah memberikan izin kanal berdasarkan kedekatan hubungan (*affinity*) antarlembaga penyiaran, dengan cara mengelompokkan kanal dari lembaga penyiaran yang sama ke dalam *multiplex* yang sama.

Operator *multiplex* dapat memilih salah satu dari tiga operator yang ada, yaitu TDF, Antalis dan Towercast. ART sebagai lembaga

Tabel 7.19: Siaran TV digital di Perancis

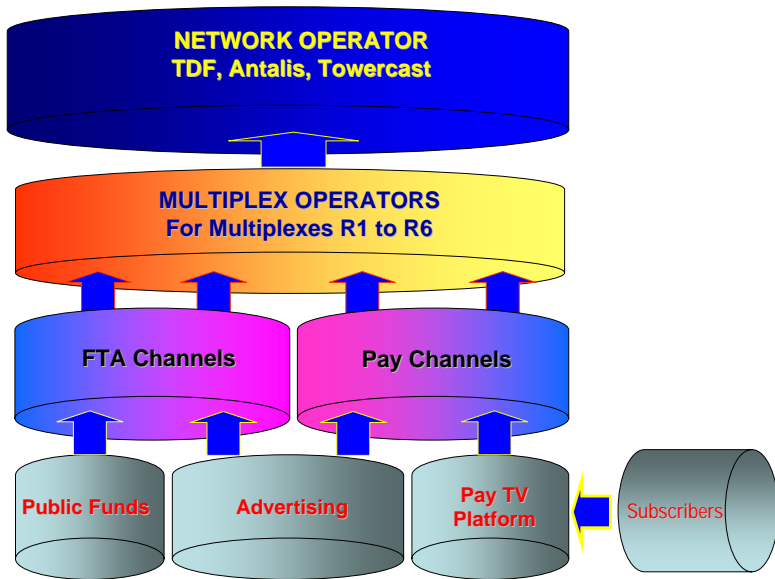
Free to Air (FTA)	Pay-TV <i>channels</i>
TF1	AB1
M6	Comédie !
Canal+	Cuisine TV
France 2	Eurosport France
France 3	LCI
France 5	Match TV
Festival	Paris Première
Arte	TF6
La Chaîne parlementaire	TPS Star
Direct 8	
M6 Music	
NRJ TV	
NT1	
TMC	

[Sumber: CSA]

yang melaksanakan perencanaan jaringan TV telah mengidentifikasi *site* mana yang akan dipergunakan dalam transmisi siaran. TDF sebagai penyedia jaringan televisi nasional dalam kenyataannya dapat mengontrol pengopersian *site* transmisi dalam jumlah besar, karena sebagian *site* tersebut saat ini berada di bawah pengawasannya.

Di Perancis sempat terjadi debat panjang di kalangan *stakeholder*, dalam rencana penggunaan standar kompresi MPEG2 atau MPEG4.10. Pada akhirnya pemerintah memutuskan untuk menggunakan MPEG2 pada TV digital FTA dan MPEG4.10 untuk siaran TV digital berbayar.

Mulai awal 2005, para pelanggan TV digital dapat memperoleh STB di pasaran dengan harga sekitar • 30 yang hanya dilengkapi fungsi dasar (tidak ada fasilitas interaktif). STB dengan kemampuan lebih lengkap akan mulai dipasarkan kemudian pada saat pasar TV digital sudah benar-benar siap.



Gambar 7.4: Model jaringan siaran TV digital di Perancis [Sumber: Analysys]

Parameter Teknik TV Digital

CSA dan para *broadcaster* bersama-sama menentukan parameter teknik yang digunakan dalam implementasi TV digital. (Tabel.20)

Tabel 7.20: Parameter teknik siaran TV digital di Perancis

Operational bands	UHF
Tipe Carrier	8k
Guard Interval (GI)	1/32 kecuali mux R1 di Paris GI = 1/8
FEC	2/3 kecuali mux R1 di Paris FEC=3/4
Modulation	64QAM
Tipe Jaringan	Sebagian besar MFN
Channel/bandwidth	8 MHz
Compression	MPEG-2 dengan MPEG-4pt.10 untuk Pay TV
Middleware	MHP (dalam perencanaan & uji coba)
Layanan Tambahan	HDTV, sedang diuji coba

[Sumber: DVB.org]

TV Digital penerimaan bergerak

CSA telah memberikan persetujuan untuk uji coba siaran TV untuk penerimaan bergerak. Ada empat program uji coba: tiga program menggunakan DVB-H, satu menggunakan T-DMB. Uji coba yang dipimpin oleh operator TDF menggunakan kanal 37 selama 9 bulan dimulai 15 September 2005 dan kemudian dalam *channel* yang sama dilakukan uji coba yang kedua dipimpin oleh TPS. Uji coba yang ketiga dipimpin oleh Canal+ menggunakan *channel* 29 selama 9 bulan. Uji coba ini memberikan hasil yang cukup memuaskan.

7.1.5. Perkembangan TV Digital di Denmark

Sejak 2002, TV digital sudah mulai dikembangkan di Denmark dengan dimulainya layanan TV digital terrestrial oleh lembaga penyiaran publik DR, DR2 dan TV2 dalam satu *multiplex*. Pada 2006 daya cakupan TV digital ini hampir sama dengan cakupan siaran TV analog. Para pelanggan dapat menikmati layanan interaktif dalam format DVB-MHP. Pada 22 Juni 2005 pemerintah Denmark telah mengumumkan pelaksanaan *switch off* TV analog pada bulan Oktober 2009.

Uji coba DVB-H telah dilakukan oleh konsorsium PSB Denmarks Radio, Nokia Corp dan Motorola yang dikoordinasi oleh the Technical University of Denmark untuk mengirimkan siaran video dan data melalui ponsel.

Kondisi pasar siaran TV

Dengan jumlah penduduk sekitar 5,5 juta dan populasi pelanggan TV sebanyak 2,4 juta, Denmark merupakan negara yang memiliki peluang cukup bagus untuk implementasi TV digital. Perincian kondisi pasar siaran TV adalah sebagai berikut. (Tabel 7.21)

Parameter Teknik TV Digital

Pemerintah dan para *broadcaster* bersama-sama telah menentukan parameter teknik yang digunakan dalam implementasi TV digital. (Tabel 7.22)

Tabel 7.21: Kondisi pasar siaran TV di Denmark

Jumlah Populasi penduduk	5.5 Juta (UN 2003)
Pelanggan TV terestrial	2.34 Juta (2002)
Pelanggan TV digital terestrial	Sekitar 600.000
Pelanggan TV kabel analog	Sekitar 1.3 juta
Pelanggan TV kabel digital	Sekitar 60.000
Pelanggan Satelit Digital	Sekitar 500.000

[Sumber: DVB.org]

Tabel 7.22: Parameter teknik siaran TV digital di Denmark

Lembaga penyedia <i>Multiplex</i>	Direncanakan 4, saat ini baru 1
Operational Band	UHF
Tipe Carrier	8k
Guard Interval	$\frac{1}{4}$
FEC	$\frac{2}{3}$
Tipe Modulasi	64QAM
Model Penerimaan TV	SDTV
Tipe Network	MFN dengan SFN
Transmitter ERP (maximum)	50kW
Middleware	MHP
<i>Channel</i> bandwidth	8MHz

[Sumber: DVB.org]

Saat ini siaran TV digital masih bersifat *basic*, namun uji coba MHP sedang dilakukan untuk persiapan siaran TV digital interaktif di masa mendatang.

7.1.6. Perkembangan TV Digital di Australia

Di Australia telah diluncurkan *Digital Action Plan* pada 23 November 2006, dengan tujuan untuk memberikan panduan bagi Australia untuk melakukan transisi ke televisi digital. Rencana aksi yang diberi nama "*Ready, Get Set, Go Digital!*" berisi garis besar dalam melakukan langkah-langkah migrasi ke digital, termasuk

pembentukan badan khusus migrasi yang bernama “Digital Australia”. Lembaga ini bertugas melakukan koordinasi dengan pemerintah, kalangan industri, pabrikan, regulator dan konsumen dalam persiapan migrasi.

Negara ini telah secara resmi menentukan standar DVB-T sejak 2001 dan *switch off* analog diharapkan dapat terjadi antara 2010 dan 2012. Pemerintah telah melakukan percobaan penyiaran digital sejak 1998 dan di akhir Juni 2006 diperkirakan sudah lebih dari 1,74 juta *digital TV receiver* terjual atau sekitar 23% dari 7,6 juta total populasi penduduk yang memiliki pesawat televisi. Negara ini juga telah melakukan uji coba DVB-H yang dilakukan oleh Bridge Networks dan uji coba MHP TV interaktif oleh stasiun TV SBS.

7.2. TV Digital di negara-negara berkembang

Sebagaimana negara-negara maju, sebagian negara berkembang di dunia juga telah melakukan migrasi siaran TV dari analog ke digital. Bahkan ada beberapa negara yang sudah menentukan secara resmi kapan waktu *cut off* analognya. Alasan utama migrasi adalah lebih disebabkan karena negara-negara maju sebagai pemasok utama perangkat penyiaran TV digital telah mulai beralih ke teknologi digital sehingga mengakibatkan mulai berkurangnya suplai perangkat dan komponen TV analog.

Alasan lainnya sama dengan negara maju yaitu peluang peningkatan nilai ekonomis dari implementasi TV digital yang diakibatkan oleh adanya peningkatan efisiensi daya pemancar dan efisiensi dalam penggunaan pita frekuensi (*bandwidth*), peningkatan kualitas gambar dan suara, penerimaan bergerak (*mobile*), konvergensi dengan aplikasi lain (ponsel, komputer), layanan multimedia, TV interaktif, *TV on demand* dll. Dalam sub bab berikut ini dibahas perkembangan migrasi siaran TV dari di India, Singapura, Malaysia dan Hongkong yang dapat digolongkan ke dalam kelompok negara-negara berkembang, khususnya dalam hal tingkat penguasaan teknologi TV digital.

7.2.1. Perkembangan TV Digital di India

India telah memilih standar DVB-T sejak Juli 1999 setelah melakukan telaah dan uji coba selama 18 bulan. Stasiun penyiaran milik pemerintah Doordarshan telah melakukan uji coba di New Delhi selama tahun 2002 yang diperluas ke Calcutta, Mumbai dan Chennai. Uji coba DVB-H akan dimulai awal 2007 yang dilakukan oleh Doordarshan dengan dukungan dari Nokia. DVB-H dimungkinkan akan menjadi standar tambahan bagi siaran TV digital di India khususnya untuk penerimaan bergerak. Negara dengan jumlah penduduk satu milyar ini memiliki jumlah penonton TV terestrial sekitar 700 juta dan TV kabel sekitar 29 juta.

7.2.2. Perkembangan TV Digital di Singapura

Siaran TV digital telah diluncurkan Singapura sejak Agustus 2004 dan saat ini kurang lebih ada 250.000 rumah yang telah menikmatinya. Siaran TV digital dipancarkan melalui jaringan TV terestrial melalui dua jaringan *multiplex* MFN (*Multi Frequency Network*) dan SFN (*Single Frequency Network*), bermodulasikan QPSK, 2K untuk penerimaan bergerak dan 64QAM, 8K untuk penerimaan tetap melalui *band* UHF. Sejak Juni 2006, MediaCorp yang merupakan perusahaan penyiaran terbesar di Singapura bekerja sama dengan Media Development Authority (MDA) sedang melakukan uji coba HDTV. Siaran HDTV ini dipancarkan secara terestrial oleh MediaCorp melalui kanal 38 UHF dan melalui kabel oleh StarHub. Saat ini MediaCorp menyiarkan 1 kanal *mobile TV* dan 5 *channel* SDTV berbasis teknologi DVB-T.

Tabel 7.23: Pasar siaran TV di Singapur [*Sumber: DVB.org*]

Jumlah penduduk	4.2 Juta
Jumlah pemirsa TV	796.000 (2002)
Pelanggan TV Kabel	250.000
Satelit digital	Tidak diizinkan

[*Sumber: DVB.org*]

Kondisi pasar siaran TV

Walau kondisi pasar siaran TV di Singapura termasuk relatif kecil, dengan jumlah penduduk sekitar 4,2 juta jiwa (tahun 2002) dan jumlah pemirsa sekitar 796.000, namun negara ini cukup berpotensi menjadi penentu pasar siaran TV digital. Pasalnya, beberapa lembaga penyiaran di Singapura telah mengembangkan bisnisnya di negara lain khususnya di kawasan Asia.

Parameter Teknik TV Digital

Negara ini telah melakukan uji coba siaran TV digital bergerak sejak 1999 dan dilanjutkan dengan uji coba siaran TV digital penerimaan tetap pada 2000. Pemerintah telah memberikan izin penyelenggaraan siaran TV digital *mobile* pada 1999 namun peluncuran secara komersial baru dilakukan pada 2001. Uji coba siaran HDTV juga sudah dilakukan sejak bulan Juni tahun 2006.

Tabel 7.24: Parameter teknik siaran TV digital di Singapura

Operational Band	UHF
Type carrier	2k untuk mobile, 8k untuk fixed
Guard Interval	1/4 mobile, 1/8 fixed
FEC	1/2 mobile, 2/3 fixed
Modulasi	QPSK mobile, 64QAM fixed
Model Penerimaan	Bebas
Type Network	MFN dan SFN
Transmitter ERP (maximum)	40kW
Middleware	OpenTV, direncanakan MHP
Channel bandwidth	8MHz

[*Sumber: DVB.org*]

Uji coba siaran HDTV ini melibatkan 2.000 pemirsa, 1.000 dari pemirsa TV digital terestrial dan 1.000 lainnya dari pelanggan TV kabel. Uji coba dilaksanakan selama jangka waktu enam bulan dan direncanakan segera dilanjutkan dengan peluncuran layanan secara komersial.

7.2.3. Perkembangan TV Digital di Malaysia

Dalam simposium yang diselenggarakan oleh *Asia-Pacific Broadcasting Union Digital TV*, di Kuala Lumpur pada April 2007, pemerintah Malaysia secara resmi telah mengumumkan untuk mengadopsi DVB-T sebagai standar bagi siaran TV digital. TV digital juga sudah dirintis sejak 1998. Mulai November 2006, secara resmi pemerintah melakukan uji coba siaran digital yang dilakukan di daerah Klang Valley dengan melibatkan sekitar 1.000 pemirsa di rumah. Uji coba menggunakan satu *multiplex* pada *channel 44* UHF menggunakan *mode 8k*, yang mampu menyediakan 5 program TV dan 7 program siaran radio, yang kemudian akan dikembangkan secara bertahap dengan dana awal 75 juta ringgit. Selama periode uji coba ini akan dilakukan beberapa tes termasuk uji coba layanan interaktif.

Pemerintah juga merencanakan akan mengadakan uji coba HDTV pada 2009. Pada 2007 pemerintah berencana untuk melakukan siaran digital secara nasional.

7.2.4. Perkembangan TV Digital di Hongkong

Pemerintah Hongkong telah mengadakan uji coba siaran digital menggunakan standar ISDB-T, ATSC dan DVB-T pada 1999. Uji coba siaran digital telah dilakukan untuk sistem DVB-T dan ISDB-T baik penerimaan tetap maupun penerimaan bergerak sementara untuk sistem ATSC 8-VSB hanya dilakukan untuk penerimaan tetap saja. Pada tahun 2000 pemerintah telah mempublikasikan *consultation paper* yang pertama dilanjutkan yang kedua pada 5 Desember 2003. Walaupun sistem DVB-T telah dipilih namun merujuk kepada hasil tanggapan atas *consultation paper* oleh ATV dan TVB, pemilihan standar diundur sambil menunggu perkembangan standar di China. Sampai saat ini sistem DVB-T masih digunakan dengan pemahaman bahwa akan segera diganti dengan perangkat yang kompatibel dengan standar yang digunakan di China bila sudah tersedia. Di samping itu potensi model bisnis baru berdasarkan keinginan pasar juga sedang diujicoba sebelum standar yang baru tersedia.

7.3. Negara-negara yang mengembangkan Teknologi TV digital

Ada beberapa negara telah berhasil mengembangkan sendiri teknologi TV digitalnya, baik yang secara khusus mampu menciptakan dan membangun teknologinya, maupun yang hanya melakukan modifikasi terhadap teknologi yang sudah diciptakan dan dibangun oleh negara lain.

Amerika Serikat (AS) dikenal pengembang teknologi ATSC, Jepang mengembangkan teknologi ISDB-T, China mengembangkan teknologi DMB-T dan Korea Selatan (Korsel) mengembangkan teknologi T-DMB.

Alasan utama mereka melakukan migrasi dengan mengembangkan sendiri atau melakukan modifikasi karena potensi pasar domestiknya besar. Alasan ini terkait dengan nilai tambah yang akan didapat untuk ekonomi domestiknya bila mengimplementasikan TV digital menggunakan standar yang dikembangkan sendiri.

7.3.1. Perkembangan TV Digital di Amerika Serikat

Negara ini berhasil mengembangkan sendiri teknologi TV digital ATSC (*Advanced Television Systems Committee*). Sistem ini diberlakukan sejak 16 Desember 1995, ditandai dengan dirilisnya dokumen A/53 tentang Standar Televisi Digital oleh ATSC. Setelah AS memakai sistem itu lantas menyusul beberapa negara seperti Kanada, Meksiko, Korsel dan terakhir Honduras sejak 16 Januari 2007.

7.3.2. Perkembangan TV Digital di Jepang

Jepang yang dikenal sebagai negara yang mengembangkan teknologi ISDB, memiliki potensi pasar siaran TV yang tinggi. Sejak diperkenalkan setengah abad lalu, TV siaran terestrial telah menjadi pilihan utama bagi masyarakat Jepang dalam memperoleh informasi melalui TV. Walaupun luas daratan di Jepang hanya $\frac{1}{4}$ luas daratan AS misalnya, namun kondisi topografi yang sebagian besar pegunungan dan memiliki banyak pulau yang terisolasi,

membuat negara ini memerlukan stasiun relai yang relatif banyak, hampir dua kali yang dibutuhkan AS.

Sebagian dari stasiun tersebut bahkan memerlukan frekuensi yang berbeda-beda untuk mengurangi interferensi. Kondisi seperti inilah yang membuat teknologi TV digital terestrial menjadi hal yang sangat penting dan menjadi harapan bagi solusi keterbatasan jumlah siaran.

Perkembangan TV digital di Jepang secara resmi ditandai dengan dikeluarkannya keputusan mengenai proses perizinan stasiun penyiaran digital terestrial pada 27 September 2002 oleh MPHPT (*the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications*). Keputusan itu sejalan dengan rencana dasar penyiaran untuk melakukan migrasi penyiaran analog ke digital secara dini dan lancar. Pelaksanaan siaran dilakukan pada 2003 di kota-kota metropolitan Kanto, Chukyo dan Kinki, dan daerah lain pada 2006.

Perizinan itu mensyaratkan paling tidak dua kondisi yaitu penyiaran program sebagaimana yang secara umum ada dalam siaran analog, dan penyiaran program seperti pada penyiaran HDTV. Dalam hal ini stasiun penyiaran harus memerhatikan sejumlah kewajiban antara lain; menyediakan siaran *simulcast* identik seperti pada siaran analog paling tidak 2/3 dari waktu siaran harian, harus menyediakan siaran HDTV paling tidak 50% dari siaran mingguan, dan paling tidak 10% dari siaran mingguan harus mengandung unsur program edukasi dan 20% mengandung unsur budaya. Pengajuan aplikasi izin siaran digital dimulai pada 11 November 2002.

Menindaklanjuti aplikasi yang telah dilakukan oleh NHK dan 16 lembaga penyiaran swasta, pada 18 April 2003, MPHPT telah mengeluarkan izin siaran TV digital kepada total 20 lembaga penyiaran di daerah Kanto, Chukyo, dan Kinki. Penyiaran digital terestrial ini termasuk siaran HDTV, *data broadcasting*, dan layanan EPG (*Electronics Program Guide*) serta beberapa layanan baru seperti *multi-channel broadcasting*, *interactive programs*, dan *broadcasting for mobile technologies*.

Penyiaran dilakukan melalui 8 *channel* UHF (*channel* 20-27) di daerah Kanto (Tokyo) dan 7 *channel* UHF (*channel* 13, 18-23) di daerah Chukyu (Nagoya) dan 7 UHF *channel* (13-18, dan 24) di daerah Kinki (Osaka).

Sejak dikeluarkannya izin ini, perkembangan siaran TV digital di Jepang berlangsung sangat cepat, yang ditandai dengan uji coba implementasi siaran HDTV melalui penerimaan bergerak dan TV digital yang dilengkapi akses Internet.

Pada 29 Januari 2003, dengan dukungan dari Toyota CRDL Inc dan *Telecommunication Advancement Organization of Japan* (TAO) telah dilakukan uji coba siaran untuk penerimaan bergerak di Nagoya. Hasil yang didapat sangat memuaskan. Siaran HDTV dapat ditangkap dengan bagus walau pesawat penerima bergerak di daerah perkotaan di antara bangunan-bangunan yang tinggi. Uji coba menggunakan *high-sensitivity glass antenna* yang dipasang di kendaraan ini dilakukan di *channel* 15 UHF, *mode* 3, dengan *guard interval* 1/8, modulasi 64QAM, *coding rate* 3/4, dan 13 *segments* menggunakan *bandwidth* 6 MHz. *Data bit rate* yang digunakan adalah 18 Mbps (dengan sebuah *bit rate* HDTV 15 Mbps). [www.dibeg.org].

Pada September 2004 diluncurkan layanan multikanal ETV (*Educational TV channel*), menggunakan siaran TV digital. Penonton dapat menikmati dua sampai tiga siaran saluran pada saat bersamaan hanya dengan menggunakan satu *channel*/HDTV. ETV-1 bersiaran *simulcast* (analog dan digital secara bersamaan) sementara ETV-2 dan ETV-3 dikhususkan untuk menyiarkan beberapa variasi program seperti ilmu pengetahuan, hobi, permainan dan program latihan bahasa asing.

Saat ini sejalan dengan sangat tingginya penetrasi layanan *broadband* di Jepang yaitu sekitar 23,2 juta (data akhir Maret 2006) – berarti lebih dari setengah rumah tangga di Jepang sudah menikmati layanan *broadband*, dimana lebih dari 87% - nya adalah layanan *mobile broadband* – perkembangan TV digital juga sangat dipengaruhi olehnya. Bahkan menurut NTT, pemerintah sedang menyiapkan “*Roadmap for Building the Next-Generation Network (NGN)*”.

Perkembangan lanjut “jaringan generasi mendatang” itu antara lain jaringan telepon tetap yang akan bermigrasi ke jaringan berbasis *Internet Protocol (IP-based networks)* yang kemudian akan dikombinasikan dengan jaringan komunikasi *mobile* secara menyeluruh. Jaringan telepon lokal akan menjadi jaringan *broadband* yang dihubungkan dengan jaringan FTTH (*fiber to the Home*) dan jaringan penyiaran TV analog akan bermigrasi secara total ke siaran TV digital. Saat ini perjalanan menuju konvergensi komunikasi dan penyiaran, dan bahkan konvergensi beragam teknologi seperti jaringan kabel dan nirkabel dan komputer dan barang-barang elektronik sedang mengalami proses yang sangat cepat dan signifikan di Jepang. [www.soumu.go.jp].

Sejak April 2006, Jepang juga sudah mengimplementasikan layanan *one-seg service* yang menggunakan satu dari 13 *segment* pada total satu *bandwidth* 6Mhz UHF, yang dipergunakan oleh siaran TV digital (5,6 MHz digunakan untuk penerimaan tetap dan 429 kHz untuk penerimaan bergerak). Siaran ini mampu mengirim informasi gambar dari TV digital terestrial ke ponsel, pesawat penerima siaran TV di mobil, komputer dan sebagainya. Layanan ini juga dilengkapi “sistem peringatan dini”. Fasilitas layanan ini sangat membantu bila terjadi keadaan darurat misalnya gempa bumi dan angin topan, karena memberikan informasi mengenai rute evakuasi, keamanan anggota keluarga dsb, walaupun penerimaan sinyal pesawat telepon kurang baik.

Direncanakan pada awal 2007 seluruh rumah tangga di Jepang sudah bisa menerima layanan TV digital dan direncanakan siaran analog akan dimatikan secara total pada 24 Juli 2011.

7.3.3. Perkembangan TV Digital di China

China yang merupakan negara dengan jumlah pemilik TV terbanyak di dunia yaitu sekitar 340 juta, memiliki strategi migrasi TV digital melalui tiga tahapan. Tahap pertama yaitu peluncuran TV kabel digital pada 2003. Tahap kedua peluncuran layanan DTH dan uji coba TV digital terestrial pada 2005. Tahap ketiga mempromosikan layanan TV digital terestrial dan menyediakan program HDTV pada 2008. China sudah merencanakan untuk melakukan *swich off* layanan TV analog pada 2015.

Pada 18 Agustus 2006, pemerintah China, mengeluarkan standar untuk penyiaran TV digital terestrial. Standar dengan nomor GB20600-2006 tersebut bernama *Framing structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting*. Standar tersebut dikenal dengan nama DMB-T/H (*Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial/Handheld*). Standar ini dihasilkan atas kerja sama dua universitas kenamaan di China yaitu Tsinghua University yang berlokasi Beijing dan Jiaotong University yang berada di Shanghai.

Standar ini merupakan integrasi dari pengembangan dua sistem modulasi yang berbeda: sistem milik Tsinghua yaitu TDS-OFDM (*Time Domain Synchronous OFDM*) yang menggunakan *multicarriers* seperti pada DVB-T dan ISDB-T milik Jepang, dengan milik Jiatong yang menggunakan ADTB-T (*Advanced Digital Television Broadcast Terrestrial*) yang merupakan *single carrier vestigial sideband system* berbasis pada standar 8-VSB milik AS.

Regulator industri penyiaran China SARF (*State Administration of Radio, Film and Television in China*) juga mengabarkan pengembangan teknologi yang memungkinkan penyelenggara layanan ponsel melakukan penyiaran TV untuk ponsel. Standar baru tersebut bernama StiMi (*Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure*) yang saat ini sudah mulai digunakan secara luas di China.

7.3.4. Perkembangan TV Digital di Korea Selatan

Negeri ini pada 1997 mengadopsi standar ATSC berbasis modulasi 8-VSB dari AS, yang diluncurkan secara komersial di Seoul dan dikembangkan di sekitar Provinsi Kyonggi pada 2002. Pada 2003 komunitas penyiaran Korea, dibawah koordinasi Badan Penyiaran Korea melakukan peninjauan kembali standar ATSC karena kualitas teknologinya dinilai kurang memuaskan. Namun setelah melalui beberapa uji coba dan diskusi di beberapa level pengambil keputusan dalam kalangan industri, penggunaan standar ATSC tetap dipertahankan.

Sejak 2003 di samping terus melakukan *roll out* berbasis standar ATSC yang difokuskan kepada uji coba ATSC-HDTV, beberapa

kalangan juga melakukan uji coba beberapa standar khususnya untuk penerimaan bergerak baik DVB-H maupun standar baru berbasis DAB yaitu T-DMB (*Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting*).

Walau pemerintah Korsel sedang berkonsentrasi untuk mengembangkan teknologi DMB, pada 2005 dibentuk suatu satuan tugas untuk melakukan uji coba DVB-H yang beranggotakan unsur dari Kementerian Informasi dan Komunikasi, Komisi Penyiaran Korea), KBS (*Korean Broadcasting System*) dan lainnya. Uji coba ini dilaksanakan sampai pertengahan 2005.

Standar TV digital T-DMB yang diluncurkan pada 1 Desember 2005 lebih menitikberatkan pada aplikasi penerimaan bergerak (*mobile*) dengan memanfaatkan jaringan DAB. Sistem ini mulai berkembang setelah mendapat dukungan yang kuat dari para pelaku industri manufaktur yang memproduksi perangkat-perangkat elektronik seperti ponsel, perangkat navigasi GPS, komputer, kamera digital, pemutar MP3 dan *set-top box* yang modul-modulnya dikembangkan untuk dapat bersinergi dengan teknologi T-DMB ini. Setelah 6 bulan diluncurkan sistem berbasis T-DMB diperkirakan telah mempunyai 1 juta konsumen. Awal 2007 ini paling tidak ada 7 kanal televisi dan 13 kanal radio yang telah beroperasi menggunakan teknologi ini.

7.4.5. Perkembangan TV Digital di Brasil

Pemerintah Brasil yang menyadari bahwa potensi pasar TV domestiknya sangat besar – lebih dari 120 juta penonton TV – sejak semula telah merencanakan untuk memiliki standar TV digital sendiri. Penjajakan pun telah dilakukan terhadap kemungkinan penggunaan standar TV digital yang sudah ada yaitu ISDB, ATSC 8-VSB dan DVB-T. Namun, upaya untuk mengembangkan standar sendiri masih terus diintensifkan di tengah keterbatasan dana penelitian.

Setelah melalui serangkaian uji coba, telaah mendalam terhadap sistem DVB, ATSC dan ISDB dan studi banding ke Eropa, AS dan Jepang, pemerintah Brasil mengambil keputusan. Pada 29 Juni

2006 Presiden Luiz Inacio Lula da Silva menandatangani keputusan akhir penggunaan standar baru TV digital untuk negerinya. Standar yang bernama *Sistema Brasileiro de Televisao Digital Terrestre* (SBTD-T) ini berbasis ISDB-T dari Jepang yang dikembangkan berdasar permintaan khusus dari Brasil, atas kerja sama dengan pemerintah Jepang. Standar ini menggunakan kompresi baru berbasis MPEG-4, H.264 AVC dan *Brazilian Middleware*.

Sistem yang mirip ISDB-T ini mampu mentransmisikan beberapa program video dengan *bit rate* rendah ke pesawat penerima yang bersifat *mobile* dan pada saat bersamaan dapat mengirimkan sinyal video kualitas lebih tinggi ke pesawat penerima tetap. Sistem ini juga mampu mengirim sinyal ke perangkat ponsel tanpa harus melalui infrastruktur jaringan telekomunikasi, yang membuat sistem ini sangat menarik bagi para pelaku industri penyiaran.

Dalam perjanjian antara pemerintah Brasil dan Jepang ditawarkan pengecualian dalam pembayaran royalti kepada pemerintah Jepang dan pembangunan fasilitas pabrik semikonduktor di Brasil sebagai kompensasi penerapan teknologi berbasis ISDB-T ini. Di samping itu lembaga keuangan Jepang JBIC bekerja sama dengan bank pembangunan Brasil, BNDES, memfasilitasi peralihan standar TV analog PAL-M menjadi SBTD-T.

Diperkirakan masa peralihan TV digital ini akan dapat diimplementasikan di seluruh Brasil dalam waktu sepuluh tahun. Namun beberapa kalangan di Brasil menganggap bahwa keputusan pemilihan standar berbasis ISDB-T ini akan sangat memberatkan para pemilik TV, sebab harga pesawat penerima (STB) relatif mahal karena belum ada negara lain yang mengadopsinya.

Brasil yang merupakan negara pertama di luar Jepang yang mengadopsi standar ISDB-T diperkirakan akan terus bekerja sama dengan Jepang dalam pembangunan dan pengembangan sistem tersebut agar lebih sempurna dan sesuai yang diharapkan.

Penerapan Sistem Penyiaran TV Digital di Indonesia

8.1. Media akses informasi TV

Jaringan media informasi TV merupakan salah satu sarana media informasi yang paling banyak penggunaannya di Indonesia. Bahkan penetrasi penyebaran pengguna atau pemirsa TV di Indonesia lebih merata dibanding dengan pengguna media informasi lain seperti internet dan telepon tetap (*fixed telephone*). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik 2004, jumlah pesawat televisi di Indonesia antara *69 – 147 buah per 1.000 penduduk*. Dengan populasi Indonesia dewasa ini sekitar 230 juta orang, maka jumlah pesawat TV berkisar antara 16 juta – 33,8 juta buah.

Jumlah kepemilikan TV sebanyak itu tentu saja merupakan pasar yang sangat potensial bagi Industri teknologi, informasi dan komunikasi (TIK) dan TV digital. Media TV digital akan bisa dimanfaatkan sebagai salah satu media akses informasi yang mempunyai prospek tinggi di samping media akses informasi internet.

Media TV digital bakal menjadi salah satu alternatif teknologi transpor digital yang mampu membawa muatan konten yang besar di masa mendatang. Dengan penambahan fitur-fitur interaktif dan

sesuai kebutuhan penggunaannya, seperti *video on demand*, maka media TV akan menjadi salah satu pesaing atau komplementari bagi teknologi akses *broadband* lainnya.

Berdasarkan Data Indikator Teknologi Informasi dan Komunikasi BPPT 2005 mengenai tingkat aksesibilitas informasi di Indonesia, angka akses ke informasi sudah berkisar antara 40 - 50 juta saluran yang berasal dari berbagai media akses seperti telepon tetap, telepon seluler, televisi, radio serta dari media *wireless* lainnya. Di era digital saat ini aspek yang paling tepat untuk melihat indikator pengguna TIK adalah bukan lagi hanya melalui penetrasi telepon tetapi "*accessibility numbers*".

Istilah tingkat penetrasi pengguna telepon kini juga sudah tidak dipakai lagi oleh International Telecommunication Union (ITU) dan badan-badan regulator lainnya, dan diganti dengan istilah aksesibilitas yaitu apakah masyarakat bisa atau tidak mendapatkan akses informasi. ITU menyatakan, aksesibilitas ke sumber informasi di jaringan internet tidak selalu harus melalui *fixed* telepon. Akses atau penyebaran informasi juga bisa melalui berbagai media seperti jaringan TV.

Akses informasi berbasis teknologi internet yang cukup populer saat ini adalah melalui *broadband wireless*. Akses ini – disebut *hot spot* atau *wifi* yang menggunakan kanal frekuensi radio 2,4 GHz ke atas – lebih banyak dinikmati masyarakat di kota-kota besar. Bagi masyarakat Indonesia, terlebih yang tinggal di kota kecil dan terpencil atau di desa, infrastruktur *broadband* nirkabel selain terbatas juga mahal. Data 2006 menyebutkan, biaya minimum per jam akses internet melalui telepon (*dial up*) Rp 6.000 dengan *bit rate* rata-rata 56 Kbps, sedangkan biaya *broadband wireless* rata-rata mencapai Rp 2.000.000 per bulan dengan *bit rate* 64-128 Kbps.

Konvergensi antara teknologi telekomunikasi dan penyiaran sudah tidak bisa dihindarkan. Hal ini tampak dengan menyatunya akses multi layanan aplikasi berbagai jenis data dan informasi melalui beragam Infrastruktur jaringan, baik itu jaringan telekomunikasi, jaringan internet-data maupun jaringan penyiaran. Jadi, akses ke program TV tidak lagi harus melalui jaringan TV tetapi bisa melalui

jaringan internet atau jaringan telepon bergerak. Begitu pula akses ke jaringan internet-data tidak selalu harus melalui komputer yang terhubung ke internet, tapi pula bisa melalui ponsel atau televisi di rumah dengan TV interaktif. Fenomena konvergensi inilah yang disebut dengan “*Open Platforms Access*”.

Sistem jaringan TV digital untuk akses televisi di rumah diarahkan menjadi layanan multimedia. Artinya layanan ini bisa sekaligus untuk keperluan telefoni, akses data internet, juga siaran televisi dengan kualitas gambar yang semakin mendekati realita melalui pesawat TV –*Ultra High Definition*. Perkembangan layanan ini biasa disebut dengan konsep “*extended home*”, dimana para pengguna bisa menikmati akses berbagai konten multimedia (data teks, suara, audio dan video). Selain itu, layanan TV digital tidak lagi melulu bersifat *fixed access*, tetapi juga *mobile access* yang bisa digunakan kapan saja, di mana saja hanya dengan menggunakan satu terminal saja. (Lihat gambar 6.2)

8.2. Kesenjangan Informasi

Masyarakat Indonesia masih belum semuanya dan juga belum sepenuhnya dapat memanfaatkan TIK, khususnya teknologi internet dengan mudah dan murah dibandingkan dengan masyarakat di negara-negara tetangga dekat seperti Malaysia, Singapura, Australia dan bahkan Filipina. Padahal internet sangat penting untuk mengakses informasi publik yang bermanfaat seperti informasi pendidikan, kesehatan ataupun informasi lainnya yang bisa meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan.

Perkembangan TIK saat ini hanya bisa dirasakan di kota-kota besar di Jawa dan hanya di beberapa ibukota provinsi di luar Jawa. Untuk daerah yang berada di luar kota besar, kondisinya masih jauh dari memadai dalam akses internet dengan mudah dan murah. Kondisi inilah yang sering disebut dengan “kesenjangan (informasi) akses digital” alias *digital divide*.

Apa boleh buat. Jangankan kesenjangan digital, kesenjangan analog pun masih sangat terasa. Masyarakat di daerah perbatasan, terpencil dan tertinggal masih sulit memperoleh siaran televisi. Hampir semua program TV nasional yang disiarkan dari Jakarta

dan ibukota provinsi cakupannya hanya bisa diterima di ibukota provinsi saja. Ada saluran nasional TVRI tetapi jangkauan dan waktu siarannya masih sangat terbatas. Kesenjangan akses ini sangatlah ironis apabila dikaitkan dengan akses informasi yang bersifat strategis seperti pendidikan, kesehatan dan berita-berita peringatan bencana atau *early warning*.

Masyarakat di kota besar lebih diuntungkan. Mereka bisa lebih mudah dan bisa lebih murah dalam mendapatkan akses informasi dan membeli perangkat TIK dan TV. Di sisi lain pendapatan per kapita masyarakat di kota besar umumnya lebih besar dibanding masyarakat di daerah. Namun, dalam menempuh sistem penjenjangan pendidikan yang bersifat nasional, masyarakat daerah diperlakukan sama dan setara dengan masyarakat di kota besar. Tentu saja sistem ini sangat merugikan masyarakat di daerah yang kurang mendapatkan layanan akses informasi yang seharusnya bersifat universal.

Berdasarkan realita tersebut, tak heran peringkat DOI (*Digital Opportunity Index*) Indonesia, yang dibuat ITU, berada di posisi ke-38, di bawah Singapura (peringkat 8), Malaysia (24), Thailand (29) dan Filipina (37). DOI merupakan salah satu indikator dari perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada suatu negara. DOI diukur berdasarkan 3 kategori yaitu **peluang**, **infrastruktur** dan **utilitas**. Ini berarti Indonesia tergolong sebagai salah satu negara yang tingkat kesenjangan digitalnya masih cukup tinggi.

Peringkat tersebut bisa ditingkatkan bila Pemerintah pusat dan daerah mampu mendayagunakan seluruh potensi dan sumber daya manusia yang dimiliki untuk bersama-sama menciptakan peluang, memanfaatkan segala utilitas dan infrastruktur yang ada. Upaya bersama itu lebih khusus terfokus pada penguasaan dan pemanfaatan teknologi komunikasi dan informasi (TIK). Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa di era informasi keunggulan dan kemajuan sebuah negara diukur dari aspek ini, yang berbasis masyarakat ber-ilmu pengetahuan (*knowledge-based communities*).

Kunci keberhasilan pemanfaatan TIK, pertama adalah membangun

infrastruktur jaringan TIK sebanyak mungkin di daerah-daerah, baik itu jaringan telefoni, jaringan internet sampai jaringan TV. Kedua, memperbanyak pemanfaatan piranti lunak sistem operasi dan sistem aplikasi yang berbasis *open source*. Ketiga, digitalisasi dan memperbanyak konten yang bersifat lokal, khususnya konten ilmu pengetahuan, sehingga bisa diakses secara cepat, baik oleh terminal komputer ataupun TV.

Pada saat ini pipa jaringan untuk akses internet dan TV memang belum menyatu. Artinya saluran transmisi untuk mengakses data dan TV-video secara fisik masih berbeda protokol jaringannya. Hal ini dikarenakan belum terpadunya kebijakan atau regulasi, mahalnya *bandwidth* dan aspek-bisnisnya. Namun, dengan perkembangan teknologi TV digital dan akses *broadband* internet generasi terbaru atau yang disebut dengan *Next Generation Convergence Networks (NGcN)* yang semakin murah dan cepat maka satu pipa dengan multi konten akan lebih mudah disatukan.

8.3 Sistem Penyiaran TV Nasional

Sistem penyiaran TV merupakan sarana penyebaran informasi yang paling ampuh di antara media lainnya. Keunggulannya dalam menyajikan sekaligus teks, suara, dan gambar bergerak, serta kecepatannya dalam mengirim informasi itu, menjadikan media ini alat yang amat efisien dan efektif dalam mempengaruhi opini publik. Dengan demikian keberadaan media ini sangat strategis, baik bagi rakyat maupun pemerintah, sehingga diperlukan pengaturan tersendiri.

Dunia penyiaran televisi diatur berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2002 tentang Penyiaran. Pada pasal 13 ayat 1 tentang jasa penyiaran dinyatakan bahwa jasa penyiaran terdiri atas Jasa Penyiaran Radio dan Jasa Penyiaran Televisi. Kemudian pada ayat (2) dinyatakan bahwa Jasa Penyiaran sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diselenggarakan oleh :

- Lembaga Penyiaran Publik
- Lembaga Penyiaran Swasta
- Lembaga Penyiaran Komunitas dan
- Lembaga Penyiaran Berlangganan

Dinyatakan dalam UU tersebut bahwa yang dimaksud dengan Sistem Penyiaran Nasional adalah tatanan penyelenggaraan penyiaran nasional berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku menuju tercapainya asas, tujuan, fungsi, dan arah penyiaran nasional sebagai upaya mewujudkan cita-cita nasional sebagaimana tercantum dalam Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Sedangkan Tatanan Informasi Nasional yang adil, merata, dan seimbang adalah kondisi informasi yang tertib, teratur, dan harmonis terutama mengenai arus informasi atau pesan dalam penyiaran antara pusat dan daerah, antarwilayah di Indonesia, serta antara Indonesia dan dunia internasional.

Isi siaran wajib mengandung informasi, pendidikan, hiburan, dan manfaat untuk pembentukan intelektualitas, watak, moral, kemajuan, kekuatan bangsa, menjaga persatuan dan kesatuan, serta mengamalkan nilai-nilai agama dan budaya Indonesia.

Berpijak kepada makna dan tujuan sistem Penyiaran nasional, itu jelas bahwa masyarakat haruslah terbantu dengan adanya informasi yang berasal dari siaran televisi dan radio, sehingga masalah kesenjangan informasi di Indonesia bisa teratasi melalui siaran televisi dan radio.

Namun, kondisi penyiaran televisi nasional dewasa ini masih jauh dari harapan yang diinginkan dalam UU No 32/2002 tersebut, ditinjau dari aspek budaya, sosial, ekonomi, ideologi, politik, dan keamanan negara. Dari sisi sosial, ekonomi dan budaya tampaknya dunia penyiaran TV nasional masih didominasi oleh kepentingan bisnis-ekonomi dibandingkan dengan sisi edukasinya. Memang diakui bahwa untuk menghasilkan suatu konten program TV membutuhkan dana yang tidak sedikit.

Salah satu stasiun TV menyebut angka Rp. 50.000.000 untuk membuat suatu program yang sangat sederhana seperti peliputan dengan waktu tayang 1 jam. Di sisi lain, terjadi persaingan sengit antarstasiun TV dalam berebut iklan di program *prime time*. Karena itu sulit dihindari faktor bisnislah yang menentukan bentuk konten dalam suatu program.

Faktor bisnis semata tentunya dapat berpengaruh kurang baik karena mengakibatkan program siaran, termasuk juga produksi lokal, lebih bermuatan budaya konsumtif, dan kurangnya muatan inovatif, edukatif dan variatif. Di samping itu kuatnya budaya asing dalam konten yang terkadang bertentangan dengan budaya dan etika nasional kita.

Keterbatasan cakupan siaran juga berdampak kurang menguntungkan dari sisi politik dan pertahanan negara. Masih banyak daerah terpencil, dan daerah-daerah perbatasan yang belum bisa menikmati secara utuh siaran nasional TVRI, dan stasiun televisi swasta. Di daerah perbatasan dengan Malaysia di Kalimantan, misalnya, tidak bisa menerima siaran nasional. Sedangkan program siaran TV dari Malaysia hampir seluruh kanalnya bisa diterima dengan jelas dan baik kualitasnya. Hal ini bisa mengakibatkan kurang tercapainya keseimbangan informasi bagi masyarakat di daerah-daerah perbatasan dan terpencil tersebut, yang bisa berpengaruh negatif pada ketahanan nasional. Memang tidak semua program-program siaran televisi nasional belum memuaskan masyarakat.

Ada beberapa program TV nasional yang cukup baik dan edukatif. Hanya sayangnya jumlah program tersebut masih terbatas serta kemasannya kurang menarik. Boleh dikata, hampir semua penyelenggara siaran “berwajah” sama, kecuali satu yang mengkhususkan program siarannya bersifat informasi yang informatif dan berita atau “news TV”. Umumnya semua program siaran TV mempunyai karakter yang hampir sama sehingga keberagaman isi siaran (*diversity of content*) hampir tidak ada walaupun jumlah lembaga penyiaran sudah begitu banyak.

Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan pemanfaatan penyiaran TV nasional masih belum mendukung program siaran yang memberi edukasi kepada masyarakat secara optimal, yaitu berorientasi pada pendidikan demi *nation and character building*. Kondisi penyiaran televisi baik yang berada di pusat maupun di daerah, sedang mengalami euforia kebebasan yang luar biasa. Mereka kurang memahami tanggung jawab yang inheren dalam kebebasan tersebut. Ada kecenderungan, khususnya penyelenggara penyiaran di daerah, masih belum

memahami secara menyeluruh arti, hakikat dan tujuan dari sistem Penyiaran Nasional.

8.3.1. Indikator Sistem Penyiaran TV Nasional

Pada saat ini jumlah penyelenggara siaran TV nasional ada 11 stasiun yang terdiri dari 1 lembaga penyiaran TV publik yaitu TVRI dan 10 Lembaga Penyiaran TV swasta yaitu (sesuai abjad): ANTV (Anteve), Global TV (TVG), Indosiar, Lativi, Metro TV, RCTI, SCTV, TPI, Trans TV dan TV7. Selain itu, terdapat kurang lebih 70 penyelenggara siaran TV lokal.

Semua penyelenggara siaran itu menggunakan jaringan transmisi terestrial *free to air terestrial*. Standar sistem transmisi TV analog di Indonesia adalah *Analogue transmission 625 lines System B* (VHF, *channels 2-12*) atau *System G* (UHF *channels 21-69, channels 22-62*) yang secara resmi dialokasikan untuk pemanfaatan siaran TV dengan PAL *colour*.

Ada pula siaran TV yang bisa diterima melalui satelit dan kabel dengan menggunakan sistem berlangganan (*Pay per View TV*). Penyelenggara siaran TV-berlangganan adalah : Indovision, Telkomvision, Astro, dan Cablevision, dengan total pelanggan diperkirakan sekitar 1 juta.

Hampir semua stasiun nasional telah memanfaatkan teknologi digital khususnya pada sistem perangkat studio untuk memproduksi program, melakukan *editing*, perekaman dan penyimpanan data. Di samping itu untuk pengiriman sinyal gambar, suara dan data sekalipun telah digunakan sistem transmisi digital melalui satelit yang umumnya dimanfaatkan sebagai siaran TV berlangganan. Sistem transmisi digital melalui satelit ini menggunakan standar DVB-S (*Digital Video Broadcast-Satellite*). Sistem transmisi melalui satelit siaran TV-berlangganan juga dikirimkan melalui transmisi kabel yang di beberapa lokasi sudah menggunakan sistem digital dengan memanfaatkan standar DVB-C (*Digital Video Broadcast -Cable*).

Tabel 8.1: Lembaga Penyiaran Di Indonesia

Lembaga Penyiaran Publik:

- TVRI,
- 24 Stasiun Penyiaran,
- ± 376 Satuan Transmisi.

Lembaga Penyiaran Swasta:

- 10 Stasiun: RCTI, SCTV, INDOSIAR, ANTEVE, TPI, METROTV, TV7, TRANSTV, LATIVI, GLOBALTV,
- ± 300 Satuan Transmisi.

Lembaga Penyiaran Komunitas: Sekolah dan kampus

[Sumber TVRI-Pusat]

8.3.2. Kondisi Kanal TV

Layanan TV terestrial di Indonesia sampai saat ini masih sepenuhnya menggunakan sistem analog. Standar TV analog yang digunakan untuk VHF adalah PAL-B dengan *bandwidth* 7 MHz. Penggunaan pita VHF diawali oleh TVRI sebagai stasiun penyiaran nasional, dan saat ini jangkauan siarannya telah mencapai sekitar 80% wilayah Indonesia. Dengan penetrasi yang sedemikian besar, dapat dikatakan penggunaan kanal VHF untuk penyiaran TV di Indonesia sudah padat.

Dengan padatnya pita VHF, pilihan selanjutnya adalah menggunakan pita UHF. Keperluan penggunaan pita UHF juga didorong dengan munculnya layanan TV swasta. Secara perlahan sejak 1990 dilakukan pembuatan *master plan* frekuensi TV UHF, di mana standar TV analog yang digunakan untuk UHF adalah PAL-G dengan *bandwidth* 8 MHz. Pada perencanaan awal disediakan 7 kanal frekuensi UHF untuk 5 penyelenggara TV swasta nasional dan 2 kanal UHF untuk TVRI. Dalam perkembangan selanjutnya, semakin banyak izin penyelenggaraan TV swasta yang dikeluarkan, sehingga secara teknis sudah sulit untuk diakomodasi.

Karena jalur UHF juga sudah penuh sesak maka *master plan* pita UHF secara perlahan mengalami modifikasi, yang tertuang dalam Keputusan Menteri Perhubungan No: KM76/2003 tentang Rencana Induk (*Master Plan*) Frekuensi Radio Penyelenggaraan Telekomunikasi khusus untuk Keperluan Televisi Siaran Analog. Keputusan menteri ini juga telah mempertimbangkan kemungkinan migrasi ke sistem digital, dengan mempersiapkan kanal yang dapat digunakan untuk proses transisi ke sistem digital.

Tabel 8.2: Kanal Penyiaran TV Di Indonesia [Setiawan-2003]

Pita Frekuensi	Batas Frekuensi (MHz)	Bandwidth Saluran (MHz)	Nomor Saluran	Jumlah Saluran
VHF Band I	54 – 68	7	2 dan 3	2
VHF Band III	174 – 230	7	4 s/d 11	8
UHF Band IV & V	478 – 806	8	22 s/d 62	41

Jenis layanan dan penggunaan spektrum frekuensi diatur oleh ITU secara internasional. Pada tingkat nasional, pemerintah mengusahakan sedapat mungkin mengacu pada pengaturan ITU tersebut. Pita-pita spektrum yang dipertimbangkan untuk digunakan oleh sistem penyiaran digital adalah pita MF, HF, VHF I, II dan III, pita UHF IV dan V dan pita 1,5 GHz, 2,5GHz dan 3,5 GHz.

Pita-pita frekuensi di atas digunakan bersamaan dengan layanan komunikasi radio, dan dalam beberapa kasus, layanan sekunder seperti radio amatir, mikrofon nirkabel dan perangkat pengawasan. Selain itu, Indonesia memiliki kondisi geografis yang berbatasan dengan sejumlah negara, yaitu Singapura, Malaysia, Timor Leste, Papua Nugini, Filipina dan Australia, sehingga perlu diperhatikan dalam koordinasi penggunaan frekuensi internasional di daerah perbatasan, termasuk frekuensi penyiaran. Asumsi penjatahan kanal frekuensi UHF (Tabel 8.3).

Tabel 8.3: Asumsi Penjatahan Kanal pada Master Plan UHF
[Setiawan, 2003]

	Jumlah Kanal TV Swasta	Jumlah Kanal TVRI	Jumlah Kanal TV Digital	Jumlah Kanal TV Lokal
Jabotabek dan Ibu-Kota Provinsi	10	1	2	1
Daerah lainnya	5	0	1	1

Regulasi *Master Plan* Frekuensi berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 76/2003 tentang: Rencana Induk (Master Plan) Frekuensi Radio Penyelenggaraan Telekomunikasi Khusus untuk Keperluan Televisi Siaran Analog pada Pita *Ultra High Frequency* (UHF) menurut Bab III Pasal 6 adalah sebagai berikut:

- Wilayah layanan yang dialokasikan sebanyak 13 (tiga belas) atau 14 (empat belas) kanal frekuensi, 2 (dua) kanal frekuensi di antaranya disediakan untuk kanal transisi televisi digital sebagaimana tercantum dalam lampiran IV keputusan ini.
- Wilayah layanan yang dialokasikan sebanyak kurang dari atau sama dengan 7 (tujuh) kanal frekuensi, 1 (satu) kanal frekuensi di antaranya disediakan untuk kanal transisi televisi digital sebagaimana tercantum dalam Lampiran IV keputusan ini.
- Kanal transisi televisi digital sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) dan (2) merupakan kanal frekuensi peralihan untuk pengoperasian/pemancaran televisi siaran digital pada pita UHF dimana televisi siaran digital dan televisi siaran analog dapat beroperasi bersama-sama pada kanal frekuensi yang berbeda (*simulcast*).

- O Ketentuan penggunaan kanal transisi televisi digital sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) dan ayat (2) diatur dengan Keputusan tersendiri.

Belakangan ini semakin banyak lagi permohonan izin penyiaran TV yang diajukan oleh banyak pihak di daerah, termasuk juga untuk TV komunitas dan lembaga penyiaran daerah. Keinginan untuk memiliki layanan penyiaran daerah dan komunitas ini didorong oleh perkembangan otonomi daerah dan keinginan yang sangat tinggi dari komunitas masyarakat beserta jajaran pimpinan di daerah agar bisa menyebarkan secara cepat dan langsung program-program komunitas dan kedaerahan mereka. Namun permohonan izin tersebut masih belum bisa diproses oleh Departemen Komunikasi dan Informatika karena keterbatasan kanal yang tersedia.

Patut dicermati pula adanya konflik pada kanal 27 untuk area cakupan Jakarta dan sekitarnya yang oleh Departemen Komunikasi dan Informatika digunakan untuk uji coba dan transisi TV digital, akan tetapi sudah digunakan oleh suatu lembaga penyiaran swasta lokal yang memperoleh izin penyiaran dari Dinas Perhubungan DKI Jakarta. Berbagai fenomena di atas mendorong solusi penggunaan penyiaran digital, yang menjanjikan penggunaan kanal frekuensi yang lebih optimal, dengan tetap mempertimbangkan aturan dan layanan yang telah ada.

Namun, sebelum memutuskan alokasi kanal frekuensi dan perizinan, haruslah lebih dulu dilakukan kajian yang mendalam yang tentang tingkat kesesuaian, atau ketidaksesuaian, pita-pita frekuensi tersebut bagi sistem penyiaran digital di Indonesia. Selain itu, harus pula dipertimbangkan kesesuaian dengan standar TV digital yang dipilih dan persinggungannya dengan layanan telekomunikasi lainnya. Sejumlah alternatif untuk memungkinkan tersedianya spektrum frekuensi dan pengkalan yang tepat bagi layanan penyiaran digital di Indonesia antara lain:

- Mencari spektrum yang bersebelahan (*adjacent channels*) dengan layanan penyiaran yang sudah ada di sejumlah pita frekuensi;
- Menggeser layanan yang sudah ada ke pita-pita yang lain;

- Menukar layanan dalam suatu pita supaya tersedia spektrum yang memadai dan bersih untuk layanan penyiaran digital;
- Membatasi jumlah radio analog atau TV analog dalam pita-pita frekuensi yang terkait.
- Memperketat pengawasan dan pelaksanaan aturan yang telah dibuat atau akan dibuat untuk memberikan layanan yang baik bagi pihak badan penyiaran maupun pengguna layanan TV atau radio (pemirsa atau pendengar).

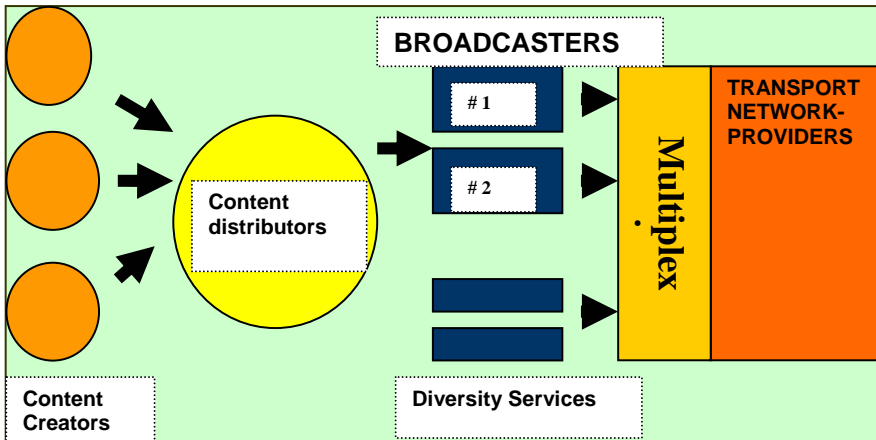
8.4. Model Struktur Bisnis Penyiaran TV-Digital

Bentuk jasa pelayanan sistem penyiaran TV digital akan sangat berbeda dibandingkan dengan bentuk jasa pelayanan sistem penyiaran TV analog. Bentuk jasa sistem penyiaran TV analog umumnya bersifat vertikal. Artinya, para pemilik lembaga penyiaran tersebut di samping menyediakan konten program siarannya harus pula menyediakan infrastruktur jaringannya mulai dari pemancar, *relay* sampai ke transponder di satelit. Sedangkan pada sistem penyiaran TV digital para pemilik konten program (*content provider*) tidak harus memiliki infrastruktur jaringan TV.

Pada layanan sistem penyiaran TV digital secara blok jaringan akan terpisah-pisah yaitu mulai dari penyedia program atau yang biasa disebut "*content creator* atau *content provide*" kemudian akan dikirim ke "*content agregator*" yang berfungsi sebagai pendistribusi program yang kemudian program tersebut diubah dalam bentuk format MPEG2 atau MPEG4 untuk dikirim ke *MPEG multiplexer provider* dan kemudian disalurkan ke pemirsa melalui jaringan pemancar TV digital oleh *network transport provider* . Masing-masing bentuk layanan tersebut bisa membentuk badan usaha yang disesuaikan dengan kompetensi layanannya. (Lihat gambar 8.1).

Semua aktivitas layanan jasa itu memang dimungkinkan untuk ditangani oleh satu badan usaha seperti pada era sistem TV penyiaran analog, tetapi tentu akan diperlukan modal usaha yang sangat besar. Dengan pemisahan ini maka masing-masing bisa lebih berkonsentrasi pada bidang bisnisnya sendiri, sehingga masyarakat pemirsa TV akan memperoleh kualitas layanan yang lebih beragam dan tentunya lebih baik.

Gambar 8.1: Model Struktur Bisnis Penyelenggaraan TV Digital.



Sistem penyiaran TV digital membuka jasa layanan baru seperti informasi laporan lalu lintas, ramalan cuaca, berita, olah raga, pendidikan, bursa saham, kesehatan dan informasi-informasi layanan masyarakat lainnya. Para penyedia *content* hanya terkonsentrasi pada isi program saja dan tidak perlu mengurus penyiapan infrastruktur jaringan dan pengoperasiannya, cukup membayar sewa jaringan transmisi saja atau bisa dijual kepada *content distributor*.

Migrasi dari sistem penyiaran analog ke sistem digital diharapkan akan diikuti oleh terjadinya konvergensi layanan TV yang lebih mengarah kepada layanan yang lebih atraktif, interaktif dan variatif, bahkan layanan yang bersifat *on demand*. Di samping itu sistem penyiaran digital juga menawarkan keuntungan-keuntungan yang tidak dimiliki oleh sistem analog seperti:

- Pemanfaatan kanal frekuensi yang lebih hemat, karena 1 kanal analog bisa dimanfaatkan 4 sampai 6 program siaran
- Layanan bergerak (*mobile TV*) dengan kualitas yang jauh lebih baik dari analog
- Adanya *electronic program guide* yang bisa memberikan keterangan atau informasi berharga tentang materi atau konten dari program siaran tersebut.

- Layanan berbentuk data sebagai fitur untuk akses data dan pesan atau yang biasa disebut sebagai *data casting*.
- Layanan berbasis *high definition television* untuk program-program yang bersifat hiburan.

Dari keuntungan-keuntungan ini siaran TV digital tentunya akan menyebabkan pergeseran karakteristik pola-pola siaran program televisi seperti:

- Berkembangnya layanan televisi yang sebelumnya bersifat *free to air* berpindah menjadi layanan yang bersifat langganan (*pay per view*).
- Layanan yang sebelumnya hanya bersifat satu arah bisa menjadi lebih interaktif dengan pola transmisi *hybrid (return channel path)* yang berbeda dengan kanal siaran), yang memungkinkan interaksi antara program dengan pemirsanya.
- Peluang bisnis baru melalui media elektronik yang semakin atraktif seperti *tele-advertising*, *tele-education* dan *tele-shopping*
- Semakin tipisnya perbedaan batas layanan media baik yang melalui saluran telekomunikasi maupun saluran televisi, khususnya untuk layanan yang berbasis *video streaming*.

Pergeseran pola-pola layanan di atas tentunya akan berdampak kepada tumbuhnya pola-pola bisnis baru di bidang multimedia seperti layanan *tele-advertising* yang bisa langsung masuk ke rumah dengan teknologi *multimedia home platform (MHP)* yang lebih atraktif dibanding dengan layanan iklan sebelumnya dan layanan ini lebih bersifat personifikasi yang lebih menarik bagi para pemirsanya.

Layanan tele-edukasi yang sebelumnya menggunakan jaringan Internet pun bisa dimanfaatkan lewat jaringan TV digital dengan tambahan fitur interaktif. Juga layanan *electronic government* untuk keperluan informasi perizinan dan sosialisasi pada publik dan lain-lain.

Dari pergeseran pola-pola layanan yang semakin interaktif tersebut tentunya akan berdampak pada bentuk dan pola kebijakan

pemerintah (*policy*) dan peraturan (*regulation*) demi penyelarasan layanan-layanan itu, khususnya interaksi antara layanan yang berbasis pada televisi dengan telekomunikasi.

Oleh sebab itu, negara-negara berkembang yang cepat atau lambat harus menjalani migrasi dari sistem analog ke sistem TV digital itu perlu merencanakan dengan lebih matang dan terperinci agar tidak merugikan atau membebani masyarakat, bahkan malah menimbulkan kesenjangan baru (*digital divide*) bagi masyarakat dalam mengakses siaran televisi. Apalagi, agenda dari negara-negara maju yang pasti berkepentingan terhadap migrasi tersebut, pada dasarnya sarat dengan kepentingan ekonomi, sosial-budaya dan ideologi-politiknya.

Sejumlah negara maju seperti, Kanada dan Australia, telah melakukan kajian mendalam tentang migrasi ke sistem TV digital dan konvergensi. Di dua negara tersebut berkembang berbagai wacana untuk dapat merumuskan kebijakan-kebijakan yang tepat guna mengantisipasi transisi tersebut. Salah satu wacana yang mengemuka adalah peran sosial dan budaya dari media dalam era digital/ konvergensi. Terdapat kekhawatiran bahwa aturan yang sudah ada dalam UU penyiaran mereka tidak akan sesuai lagi bila dipakai dalam era media digital/konvergensi. Dikhawatirkan kecenderungan dominasi pendekatan komersial akan mengabaikan fungsi sosial dan budaya dari media khususnya media penyiaran.

Australia sudah punya *guidance* tentang fungsi dan tujuan sosial-budaya dari penyiaran, yang dirumuskan sebagai berikut:

- Penyiaran memiliki peranan penting dalam membangun karakter nasional sebagai sumber dari informasi publik dan pemanfaatan pengalaman serta sebagai ekspresi dari identitas budaya nasional dan sebagai cara menjembatani perbedaan serta membangun komunikasi antara daerah maju dan tertinggal.
- Penyiaran ditujukan sebagai media yang sangat strategis dalam mengekspresikan budaya, dan penyiaran memiliki kapasitas dalam mempertahankan keanekaragaman budaya.
- Penyiaran dimaksudkan untuk meningkatkan kehidupan berkewarganegaraan, mempromosikan secara benar

informasi yang terkait dengan pengetahuan tentang demokrasi, menciptakan pengetahuan umum dan bisa merefleksikan dan mengomunikasikan cara pandang yang berbeda-beda.

- Penyiaran dimaksudkan untuk membentuk standar komunitas tentang pembentukan cita-rasa dan tata-kesopanan.
- Industri penyiaran dimaksudkan untuk berkembang dan berjalan lebih kompetitif, efisien dan responsif.

8.4.1. Kerangka Kebijakan

Indonesia belum memiliki kebijakan formal yang mengatur khusus tentang penyiaran digital. UU No 32 Tahun 2002 tentang Penyiaran belum membahas penyiaran digital secara khusus. Padahal penyiaran digital mempunyai karakteristik tersendiri dan membutuhkan kebijakan yang spesifik setelah proses konsultasi publik dilakukan. Sebagai alternatif dapat digunakan kebijakan penyiaran yang sekarang berlaku untuk mengakomodasi seoptimal mungkin penyiaran digital.

Kebijakan penyiaran digital diperlukan untuk mendukung proses migrasi dari analog ke digital pada saat yang bersamaan di masa depan. Ketika pemegang lisensi penyiaran yang sekarang akan mengajukan pembaharuan lisensi, maka pemohon lisensi yang tidak berkomitmen untuk migrasi ke digital mempunyai keunggulan kompetitif terhadap pemohon yang mempunyai komitmen untuk migrasi. Oleh karena itu sebaiknya setiap pemohon lisensi harus memasukkan proposal untuk dapat memberikan layanan *simulcast*. Usulan ini dapat menjadi momentum untuk penyiaran digital.

Kerangka hukum untuk penyiaran di Indonesia dilakukan melalui dua produk hukum yaitu :

1. **UU No. 36 Tahun 1999** tentang **Telekomunikasi** yang mengatur tentang penyelenggaraan Telekomunikasi baik berupa Jaringan, Jasa dan Telsus; Standarisasi (Sertifikasi); penggunaan spektrum frekuensi radio, yang dilaksanakan oleh Dirjen Postel.

2. **UU No. 32 Tahun 2002** tentang **Penyiaran** yang mengatur tentang penyiaran radio dan televisi baik publik, swasta, berlangganan dan komunitas, dan dalam hal ini dilaksanakan oleh Direktorat Penyiaran Direktorat Jenderal Sarana Komunikasi dan Diseminasi Informasi. Namun UU ini tidak secara khusus membahas penyiaran digital.

Saat ini Dirjen Postel yang berada di bawah Departemen Komunikasi dan Informatika hanya memberikan lisensi penyiaran kepada lembaga penyiaran analog. Meskipun UU Penyiaran tidak mengatur mengenai teknologi akan tetapi perkembangan teknologi baru membutuhkan perubahan payung hukum. Kebutuhan-kebutuhan tersebut termasuk penggunaan spektrum frekuensi dan *bandwidth*, lisensi perizinan untuk stasiun penyelenggara penyiaran digital, prosedur kebijakan migrasi analog ke digital, masa transisi penggantian pesawat penerima analog, penggunaan *single frequency network* dan lain-lain. Untuk membahas masalah tersebut dibutuhkan pengkajian kembali produk hukum yang ada, untuk membuat produk hukum yang baru.

Regulasi di bidang penyiaran saat ini membentuk suatu struktur industri yang terhubung secara vertikal dalam satu kesatuan antara lembaga penyiaran, konten penyiaran, fasilitas jaringan, dan akses spektrum frekuensi. Konsekuensinya, setiap operator *broadcasting* harus memiliki infrastruktur transmisi sendiri dengan menggunakan kanal frekuensi radio sendiri untuk setiap lokasi dalam mengirimkan program kepada pemirsanya. Jenis hubungan seperti ini sudah tidak sesuai lagi dalam era konvergensi.

Regulasi penyiaran saat ini tidaklah mudah dalam menyelesaikan permasalahan penyelenggaraan layanan multimedia yang telah mengalami konvergensi dari sisi konten. Konten baik untuk komunikasi maupun untuk penyiaran dapat dikirimkan melalui banyak alternatif jaringan transportasi seperti *fixed services*, *satellite*, *broadband ADSL*, *Wireless broadband*, *Digital televisi* dan *mobile telephony*.

Dalam kaitan untuk kepentingan nilai atau kompetisi dalam pemanfaatan spektrum frekuensi, regulasi dalam penyiaran tidak mengenal kepentingan di atas. Frekuensi untuk penyiaran harus

dialokasikan terpisah dengan pemanfaatan yang diperuntukkan hanya khusus untuk siaran baik TV maupun radio. Pemanfaatan sumber daya frekuensi di kanal-kanal UHF oleh institusi-institusi penyiaran dipandang tidaklah setara dengan nilai sumber daya kanal frekuensi yang mereka pakai, mengingat kanal-kanal UHF yang dipakai pada sistem penyiaran TV sangatlah bernilai tinggi apabila dimanfaatkan bagi penyelenggaraan jaringan telekomunikasi dan multimedia bergerak.

Tren regulasi internasional sangatlah mendorong adanya konvergensi karena dalam pengaturannya akan terjadi pemisahan antara penyelenggara konten dengan penyelenggara jaringan. Ini berarti layanan konten ke depan akan diregulasi sesuai dengan sifat dari konten itu sendiri. Hal ini juga berarti bahwa regulasi dan akses terhadap jaringan akan didominasi oleh interkoneksi kepada jaringan dan akses kepada infrastruktur. Kerangka ini tentunya akan menjadikan sumber daya spektrum frekuensi menjadi suatu aset yang bernilai baik bagi negara dan masyarakat. [sumber: ITU dan ditjen postel]

8.4.2. Kerangka Lisensi

Dengan tren internasional yang mendorong adanya layanan yang berbentuk konvergensi maka perlu dipakai pendekatan model *horizontal* untuk suatu regulasi dalam sistem penyiaran digital, yaitu dengan melakukan pemisahan antara jenis-jenis layanan, konten, *mux operator* dan *network operator*. Jadi ke depan nantinya untuk penyiaran TV digital terestrial terdapat tiga jenis layanan yang akan muncul yaitu layanan *multiplex*, layanan program televisi dan layanan tambahan.

1.Operator Multiplex

Operator *multiplex* bertugas menggelar jaringan pemancar digital terestrial, mengatur alokasi kapasitas kanal dari *multiplex* untuk layanan program televisi maupun layanan tambahan dan memancarkan layanan tersebut. Meskipun tidak berhubungan langsung dengan pemirsa, namun operator *multiplex* merupakan penghubung antara pemirsa dengan penyedia jasa layanan program televisi dan atau penyedia jasa layanan tambahan.

2.Penyedia Layanan Program Televisi

Penyedia jasa program televisi menyediakan layanan televisi termasuk data program. Penyedia layanan program televisi juga sebagai penanggung jawab isi dari layanan program.

3.Penyedia jasa layanan tambahan.

Melalui aplikasi teknologi digital, data-data selain program, televisi juga dapat dipancarkan dan diterima oleh pesawat penerima tanpa mempengaruhi kualitas gambar meskipun menggunakan kanal frekuensi yang sama. Layanan tambahan meliputi *home banking*, *home shopping*, layanan interkatif dan multimedia. Layanan tambahan dapat meningkatkan fitur layanan penerimaan teknologi digital ini untuk pemirsa.

8.4.3. Pendekatan Lisensi-Perizinan

Untuk pemberian lisensi-perizinan terhadap tiga jenis layanan tersebut terdapat dua pendekatan. Pendekatan pertama yaitu lisensi kombinasi yang mana lembaga penyiaran diberi lisensi untuk menyediakan layanan program televisi dan menggelar serta mengoperasikan *multiplex* untuk menyiarkan layanan program mereka sendiri. Kapasitas *multiplex* yang tersisa dapat digunakan oleh penyedia layanan program lainnya atau untuk penyedia layanan jasa tambahan. Pendekatan ini sama dengan layanan program televisi analog yang sekarang diberikan kecuali bahwa pemegang lisensi analog tidak diperkenankan untuk menyewakan kapasitas pemancarnya kepada penyedia jasa lainnya.

Pendekatan yang kedua adalah memisahkan antara lisensi operator *multiplex*, penyedia jasa layanan program televisi dan penyedia jasa layanan tambahan. Untuk pendekatan ini kanal frekuensi tidak dialokasikan bagi lembaga penyiaran tetapi diberikan kepada operator *multiplex* yang mengatur (berdasarkan kontrak bisnis) layanan program televisi maupun layanan tambahan pada tiap kanal frekuensi. Dengan pendekatan ini penyedia jasa layanan mungkin tidak ingin terlibat dalam pengoperasian *multiplex*. Namun, perusahaan yang berminat untuk menjadi operator *multiplex*

sekaligus menjadi penyedia layanan program dapat memohon lisensi keduanya.

Kedua pendekatan tersebut tentunya perlu dikonsultasikan terlebih dahulu kepada publik atau *stakeholder* terkait. Berikut ini berapa masukan yang bisa dipakai sebagai Rekomendasi untuk Lisensi :

- Pemberian lisensi untuk penyiaran TV digital sebaiknya menggunakan pendekatan terpisah yaitu lisensi untuk operator *multiplex*, penyedia jasa layanan program dan penyedia jasa layanan tambahan.
- Sebuah perusahaan tidak diizinkan untuk meminta lebih dari dua lisensi untuk operator *multiplex*.
- Jumlah lisensi untuk penyedia jasa layanan program televisi akan dibatasi oleh ketersediaan spektrum frekuensi.
- Pemegang lisensi penyedia jasa layanan program televisi baik berbayar ataupun *free to air* tidak diperbolehkan memenuhi kapasitas lebih dari satu *multiplex*.
- Pemegang lisensi operator *multiplex* diperbolehkan untuk menyediakan maksimal 25% dari kapasitasnya untuk memberikan jasa layanan tambahan.

Untuk itu perlu disempurnakan atau disusun regulasi baru dalam penyiaran yang bersifat horizontal, yakni terjadinya pemisahan aturan yang terkait paling tidak antara konten, layanan dengan infrastruktur jaringan. Dengan regulasi yang mengedepankan model horizontal ini maka penyiaran digital bisa disalurkan melalui berbagai media seperti *3G mobile telephony*, *Cable TV*, *Broadband Wireless Access* dan jaringan terestrial TV digital itu sendiri.

8.5. Strategi Implementasi Penyiaran TV Digital

Pada Maret 2007 Pemerintah telah memutuskan sistem penyiaran TV digital, melalui Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomer: 07/P/M.KOMINFO/3/2007, tentang Standar Penyiaran Digital Terestrial Untuk Televisi Tidak Bergerak di Indonesia. Sistem Penyiaran Digital Terestrial untuk TV tidak bergerak yang akan dipakai adalah : DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terestrial*). Disebutkan pula pada Peraturan Menteri tersebut, sebagai konsekuensi diputuskannya sistem DVB-T, yaitu

mengenai beberapa hal yang terkait dengan penyelenggaraan penyiaran TV digital terestrial, seperti:

1. Rencana Induk (*Master Plan*) Frekuensi Penyiaran Digital Terestrial.
2. Standarisasi perangkat penyiaran digital terestrial tersebut
3. Jadwal (*time schedule*) proses pelaksanaan peralihan (migrasi) dari sistem penyiaran analog ke sistem penyiaran digital termasuk masa transis penyelenggaraan penyiaran analog dan digital secara bersamaan (*simulcast periode*).

Dengan keputusan tersebut maka akan terjadi proses perubahan yang sangat berarti bagi Indonesia. Perubahan-perubahan akan terjadi baik di sisi teknis implementasi, kebijakan regulasi, sampai pada sisi bisnis aplikasinya. Proses peralihan (migrasi) ini sebaiknya harus disikapi oleh Pemerintah dengan sangat hati-hati, mengingat dampak ekonomi, sosial politik dan budaya dari proses digitalisasi media penyiaran ini akan sangat berpengaruh bagi masyarakat.

Pemerintah melalui Departemen Komunikasi dan Informatika, sejak Juni tahun 2004 telah membentuk Tim Nasional Migrasi Penyiaran Sistem Analog ke Digital. Tim ini beranggotakan sejumlah pejabat dan para pakar yang mewakili unsur-unsur pemerintah, akademisi, lembaga riset, industri, serta asosiasi-asosiasi di bidang TIK dan Penyiaran seperti antara lain Direktorat Jenderal Postel, Direktorat Jenderal Sarana Komunikasi dan Diseminasi Informasi, Departemen Perindustrian, Departemen Keuangan, BPPT, Bappenas, TVRI, RRI, ATVSI, ATVLI, PRSSNI, AEBI, PT LEN, PT Elektrindo Nusantara dan lainnya.

Tugas utama Tim ini adalah mempelajari berbagai aspek migrasi, di antaranya mempelajari kesiapan regulasi, kesiapan penyelenggara siaran, kesiapan industri dalam kaitan dengan *set-top box* dan pesawat TV, kesiapan masyarakat baik dari segi teknis maupun sosial, budaya, dan ekonomi. Tim juga membuat pertimbangan dari aspek politis berkaitan dengan sinkronisasi sistem standar dengan negara tetangga. Selain itu, Tim juga merencanakan transisi analog ke digital yang diawali dengan masa *simulcast* selama beberapa tahun. Pada masa transisi ini sistem

analog dan digital dipancarkan bersamaan sampai akhirnya sistem analog dihentikan (*analog cut off*).

Salah satu tugas dari Tim adalah melaksanakan uji coba penggunaan sistem TV digital di Jakarta. Uji coba telah dilaksanakan sejak tahun 2006 oleh Tim Nasional bekerja-sama dengan TVRI-Pusat Jakarta, lembaga riset-BPPT dan Kementerian Riset & Teknologi dibantu beberapa akademisi dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) dengan menggunakan perangkat Pemancar DVB-T dari Rohde&Shwarz dan Thales serta pemancar DMB-T dari China milik PT Supersave dengan perangkat *preventif monitoring* dari Pixelmetrix milik Alphatron Asia-PTE Ltd. Uji coba ini cukup memuaskan (*lihat Bab 5*).

8.5.1. Proses Migrasi sebagai Momentum Nasional

Sistem penyiaran digital akan mengubah secara signifikan pemanfaatan kanal frekuensi. Penggunaan kanal menjadi sangat efisien. Dengan sistem penyiaran analog saat ini 1 kanal frekuensi hanya bisa diisi oleh satu program. Namun, dengan sistem penyiaran digital 1 kanal frekuensi akan bisa diisi antara 4 sampai 6 program sekaligus. Sebagai contoh, 10 program siaran TV swasta nasional saat ini menduduki 10 kanal di UHF, kelak dengan sistem digital hanya akan menduduki 2 atau 3 kanal saja.

Sistem transmisi analog juga boros kanal. Karena, dari dua kanal frekuensi yang digunakan selalu harus ada 1 kanal kosong sebagai kanal perantara atau disebut *guard channel*, atau *taboo channel*. Sedangkan pada sistem transmisi digital kanal perantara tidak ada. Artinya kanal-kanal frekuensi di sistem digital bisa dimanfaatkan secara bersebelahan.

















Sebagai ilustrasi penggunaan alokasi kanal UHF untuk area pelayanan di Jakarta. Kanal-kanal yang tidak digunakan di *band* UHF bisa dimanfaatkan untuk siaran TV digital secara *simulcast*, misalnya kanal 34, 36, 38 dan 40. Kanal-kanal tersebut akan dimanfaatkan sebagai *Multiplexer 1*, *Multiplexer 2*, *Multiplexer 3* dan *Multiplexer 4* yang masing-masing *multiplexer* tersebut bisa menyalurkan minimal 4 program siaran sekaligus. Sehingga hanya

dengan 4 kanal saja kita sudah bisa menikmati 16 program siaran di Jakarta untuk siaran *simulcast* nanti. [sumber: presentasi Tim Nasional Migrasi Sistem Digital & TVRI di Bali Nopember 2006]

Gambar 8.2: Model-Illustrasi Pemanfaatan 4 kanal MUX untuk 16 program [sumber E.Tobing-TVRI-Pusat]

Effisiensi Penggunaan Frekuensi

PERIODE TRANSISI ~ 4 MUX(JAKARTA) (Ilustrasi)

MUX 1	Ch 34				
MUX 2	Ch 36				
MUX 3	Ch 38				
MUX 4	Ch 40				

12/12/2006
TIM NASIONAL MIGRASI SISTEM PENYIARAN
38

Proses migrasi dari sistem penyiaran analog ke digital tentu saja menyebabkan penambahan anggaran atau biaya pada operator *broadcasting* dan masyarakat. Operator penyiaran perlu menambah investasi peralatan pemancar digital, sedangkan masyarakat perlu membeli peralatan penerima sinyal digital (*set-top box*).

Untuk itu, sebelum memasuki era penyiaran digital penuh, Pemerintah perlu menggariskan proses transisi migrasi (*simulcast*) Tujuannya adalah meminimalkan risiko kerugian pada operator TV (*broadcaster*) maupun masyarakat pemirsa.

Masa transisi *simulcast*, yaitu masa dimana sebelum masyarakat mampu membeli pesawat penerima digital atau alat tambahan yang diperlukan, pesawat penerima analog yang dimilikinya harus tetap dapat dipakai menerima siaran (analog) dari pemancar TV yang menyiarkan siaran digitalnya.

Masa transisi ini juga sebagai uji coba agar proses digitalisasi sistem penyiaran berjalan sesuai dengan tahapan yang dikehendaki serta selaras dengan peraturan yang berlaku. Contoh proses tahapan dalam digitalisasi TV terestrial yang perlu dilalui adalah pemanfaatan *single frequency networks*, penggunaan *portable* atau *mobile TV* dan bahkan *ke interactive access*, serta *High Definition Television Program* dan lain-lain.

Arah dan pentahapan menuju era penyiaran tersebut jelas sangat kompleks, dan menyangkut kepentingan yang strategis. Karena itulah peran Pemerintah dalam memberi arah menjadi amat *crucial*.

Mengingat nilai strategisnya, maka sudah sewajarnya Pemerintah bisa memanfaatkan masa transisi ini sebagai momentum bagi perkembangan sistem penyiaran nasional. Era ini bisa dijadikan momentum bagi Pemerintah untuk memacu perkembangan industri dalam negeri baik dari sisi penyediaan perangkat keras, perangkat lunak dan sumber daya manusianya. Dengan demikian kandungan lokal pada sistem penyiaran digital kelak menjadi optimum, yang tentu saja akan menguntungkan ekonomi nasional. Pemilihan standar tentunya perlu dilakukan dengan persiapan dan pengkajian secara komprehensif. Karena begitu sistem penyiaran digital dipilih dan mulai diimplementasikan perlu didukung oleh perangkat peraturan perundang-undangan yang telah dipersiapkan secara matang sehingga semua pihak dapat ikut berperan serta secara aktif serta dapat berkontribusi sesuai dengan kompetensi yang dimiliki.

Sebagai contoh, pihak akademisi membantu dari segi penelitian dan pengembangan teknologi, pihak industri berperan dalam memproduksi perangkat digital baik perangkat pemancar maupun penerima, *broacaster* berperan menambah konten siaran yang lebih variatif, selektif dan terfokus, Pemerintah bertugas

memberikan kebijakan dan peraturan yang lebih berpihak kepada masyarakat dan industri dalam negeri.

Dalam hal keseriusan dalam memasuki era digital tersebut, kita patut mencermati negara tetangga; Malaysia dan Singapura. Pemerintah dua negara ini menjadikan momentum migrasi sebagai ajang peningkatan kemampuan industri mereka baik industri manufaktur dan jasa di bidang perangkat keras, perangkat lunak, sumber daya manusia dan industri konten sekaligus.

Kedua negara ini sangat antusias dalam mengembangkan teknologi dan bisnis TV digital. Hal ini tampak pada acara tahunan *ASEAN-Broadcast Forum*. kedua negara ini sangat berambisi menjual kemampuan mereka kepada negara-negara tetangga khususnya Indonesia, yang mempunyai potensi pasar paling besar di ASEAN baik di bidang perangkat penyiaran digital maupun kontennya.

8.5.2. Langkah-Langkah Pelaksanaan

Pelaksanaan sistem penyiaran digital harus dijalankan secara hati-hati dan cermat, karena perubahan sistem digital akan membawa dampak yang sangat besar dalam kehidupan masyarakat luas. Perlu dilakukan persiapan dan pengkajian yang matang dan komprehensif. Karena apabila hanya didorong oleh faktor bisnis semata maka akan menguntungkan pihak-pihak yang mempunyai kepentingan tertentu yang nantinya akan berusaha memengaruhi kebijakan dan langkah yang akan diambil Pemerintah.

Departemen Komunikasi dan Informatika (Depkominfo) saat ini tengah mempersiapkan “peta jalan” (*road map*) yang berisi langkah-langkah konkrit pelaksanaan migrasi. Juga akan diterbitkan “buku putih” bertopik “Migrasi dari Sistem Penyiaran Analog ke Digital di Indonesia” sebagai pegangan bagi masyarakat luas untuk mengetahui apa dan bagaimana sistem TV digital dilaksanakan pada masa transisi ini.

Dalam pelaksanaan sistem penyiaran TV Digital nanti sangat penting diperhatikan sejumlah aspek ini:

- a. Lisensi layanan dan bentuk perizinannya
- b. Peningkatan kualitas SDM
- c. Standarisasi dan pengembangan industri *set-top box* nasional
- d. Peningkatan aksesibilitas informasi khususnya untuk daerah rural, daerah terpencil & perbatasan
- e. Penataan kembali alokasi kanal frekuensi penyiaran

Lisensi pelayanan penyiaran TV digital untuk masa awal transisi sebaiknya ditawarkan kepada operator TV yang sudah ada, baik publik, swasta maupun lokal agar mereka bisa melaksanakan siaran *simulcast*. Untuk itu perlu dipertimbangkan pemberian insentif atau keringanan kepada operator penyelenggara konten siaran TV digital yang *free-to air*. Karena mereka terbebani tambahan investasi untuk penyelenggaraan TV digital bersamaan dengan sistem analog. Sub-bab mengenai kerangka lisensi dan perizinan telah dibahas pada bab 8.4.2 dan 8.4.3.

Momentum migrasi ke TV digital ini sebaiknya juga digunakan sebagai kesempatan untuk peningkatan kualitas SDM baik di bidang teknik pengoperasian sistem maupun pada teknik memproduksi perangkat digital. Penyiapan SDM yang handal ini harus dilaksanakan sejak awal pelaksanaan transisi, dengan sesering dan sebanyak mungkin melibatkan lembaga-lembaga terkait yang bergerak dalam peningkatan kualitas SDM seperti lembaga penelitian dan pengembangan departemen terkait, institusi riset seperti BPPT, LIPI dan perguruan tinggi serta pusat-pusat pelatihan multimedia. Pemerintah seyogyanya berupaya melakukan pengembangan SDM profesional melalui pembentukan pusat-pusat unggulan teknologi atau disebut *center of excellences*.

Selain itu, pelaku industri penyiaran diberi kesempatan memperoleh akses yang lebih besar bagi terjadinya proses alih teknologi TV digital baik melalui *inhouse training*, *field training* maupun *factory training* sehingga ketergantungan pada pihak pemasok luar negeri menjadi berkurang. [Satya-Satriyo-2006] Diharapkan nanti dalam proses transisi akan dihasilkan SDM-SDM lokal yang bisa dibanggakan bahkan bisa menjadi tenaga TV digital bagi pihak luar Indonesia. Sebab, teknologi TV digital bakal berkembang menjadi alternatif akses informasi yang sangat

dibutuhkan baik dilihat dari potensi pemanfaatannya dan prospek jumlah penggunaannya di dunia.

Perlu diprioritaskan peningkatan akses informasi di daerah rural, terpencil dan perbatasan. Pembangunan pemancar televisi di daerah perbatasan dan terpencil sangat penting dan strategis khususnya untuk wilayah perbatasan di Kalimantan yang langsung serta sangat dekat dengan negara tetangga seperti Malaysia. Dasar pertimbangan yang melandasi pentingnya pembangunan infrastruktur televisi perbatasan adalah sebagai berikut :

- Pemerintah Indonesia perlu menyampaikan informasi yang benar melalui saluran-saluran TV yang resmi mengenai kebijakan Indonesia untuk masyarakat di wilayah-perbatasan tersebut.
- Televisi merupakan media yang paling efektif untuk menyiarkan informasi-informasi positif dan produktif seperti informasi pendidikan, kesehatan, teknologi tepat guna dan lain-lain.
- Percepatan pembangunan sarana pendidikan, penerangan dan hiburan, baik yang bersifat nasional maupun lokal. Karena program-program siaran dari pemerintah lokal bisa langsung disiarkan kepada masyarakatnya.
- Saat ini satu-satunya pemancar yang ada di wilayah perbatasan dan terpencil adalah milik TVRI yang umumnya sudah berumur lebih kurang 10 sampai 20 tahun. Kondisi ini berakibat kurang stabilnya perangkat tersebut yang berdampak mengganggu program siarannya serta daya jangkau siarannya juga sangat terbatas.

Untuk itu peningkatan akses informasi masyarakat di daerah rural, daerah terpencil dan daerah perbatasan juga perlu mendapatkan kesempatan dalam pemanfaatan sistem penyiaran TV digital. Ini untuk menyeimbangkan akses informasi dengan masyarakat perkotaan.

Masyarakat di Jakarta dan kota besar lainnya dapat menikmati kurang lebih 15 program siaran TV baik dari TVRI, swasta maupun lokal. Sedangkan masyarakat di daerah terpencil hanya bisa menikmati 1 program siaran dari TVRI (itupun jika ada dan *on air*),

kecuali apabila mereka membeli antena parabola untuk menerima siaran dari satelit.

Pemanfaatan kanal dengan *multiplexer* sangat membantu daerah untuk bisa mempunyai banyak pilihan program siaran karena 1 kanal dengan *multiplexer* bisa menyiarkan lebih dari satu program, sehingga mereka bisa melihat siaran TV lainnya, tidak hanya dari 1 saluran TVRI saja.

Dari sisi kebutuhan akan *set-top box* (STB), perlunya dikaji tidak hanya dari aspek ekonomi melainkan juga dari aspek peningkatan kemampuan riset dan pengembangan industri nasional. Perlu keberpihakan dari Pemerintah terhadap industri dalam negeri agar momentum transisi ini bisa dimanfaatkan seoptimal mungkin bagi kemampuan riset mereka.

Dalam hal ini, misalnya, industri didorong untuk mengembangkan dan mendesain STB khas Indonesia, seperti mempunyai fitur aplikasi khusus untuk kebutuhan peringatan akan bahaya bencana (*early warning system*). Di samping itu perangkat STB yang akan beredar di Indonesia harus memerhatikan kaidah-kaidah yang ditetapkan dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) agar perlindungan terhadap konsumen bisa dijamin.[Lily-Bambang 2006]

Dengan memberi peluang sebesar mungkin kepada industri domestik dalam mengembangkan dan memproduksi STB, maka diharapkan dapat dihasilkan STB yang harganya terjangkau masyarakat. Karena, harga STB sebesar US \$ 50 sampai US \$ 100 di Singapura dan Malaysia (tahun 2006). Harga ini tentu cukup tinggi bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Karena itu, jika dihasilkan oleh industri elektronika nasional diharapkan harganya bisa di kisaran US\$ 15 - US \$25. Pertimbangan penentuan harga seekonomis mungkin ini tentunya berdasarkan jumlah pemirsa TV di Indonesia yang jauh lebih banyak dibanding pemirsa TV di Singapura dan Malaysia.

Salah satu cara untuk menekan harga STB antara lain dengan meminimalkan fiturnya. Hal ini karena sistem penyiaran TV digital memungkinkan memberikan banyak layanan yang bisa diakses

dengan STB yang sesuai. Semakin banyak fiturnya maka akan semakin mahal harga STB.

Di sisi lain standarisasi nasional STB produk Indonesia diperlukan agar pasar kita tidak dibanjiri oleh STB dari luar negeri yang mungkin jauh lebih murah dibanding STB nasional. Salah satu bentuk proteksi kepada konsumen agar tidak menggunakan STB berharga murah dan berkualitas rendah adalah dengan memberlakukan standarisasi STB Indonesia dengan mengharuskan label SNI (Standard Nasional Indonesia). Selain itu, perlu dipertimbangkan kerja sama dengan pihak operator *broadcasting* agar hanya STB nasional saja yang bisa menangkap siaran TV digital terestrial di Indonesia.

Pola perlindungan terhadap produk pasar dalam negeri semacam itu sudah dilakukan oleh beberapa negara. Namun, gagasan untuk membuat satu standar STB secara regional juga berkembang di negara-negara anggota ASEAN. Hanya saja, saat ini belum semua negara ASEAN, termasuk Indonesia, menerapkan standar STB transmisi TV digitalnya. Karena itu, ide satu standar STB ASEAN tampaknya belum bisa terealisasi.

Hal yang juga amat mendasar adalah perlunya suatu kajian indikator sosial ekonomis yang mendalam untuk menentukan kapan Indonesia akan beralih secara total dari sistem analog ke digital. Negara-negara lain umumnya memberi batas waktu paling lama 10 tahun untuk proses transisi ini, yang biasanya ditinjau kembali apabila kesiapan-kesiapan migrasi itu mengalami perubahan. Negara tetangga terdekat, Malaysia, bahkan sudah menetapkan 2014 sebagai tahun beralihnya secara total siaran TV dari sistem analog ke sistem digital.

Kebutuhan lain yang juga menjadi prasyarat masa transisi itu adalah pengaturan kembali alokasi spektrum frekuensi untuk televisi, yang dituangkan dalam *master plan* frekuensi TV yang baru. Sebab, salah satu keunggulan sistem TV digital adalah penggunaan SFN (*Single Frequency Network*), yang memungkinkan perluasan area cakupan dengan stasiun pemancar yang tersebar namun semua beroperasi pada kanal frekuensi yang sama. Dengan demikian, terjadi efisiensi yang tinggi dalam penggunaan kanal frekuensi.

Karena itu, Pemerintah sebagai regulator perlu punya master plan baru, sehingga pemanfaatan kanal frekuensi bisa lebih hemat, tetapi juga menunjang transisi yang mulus dari analog ke digital, serta mengakibatkan saling interferensi yang serendah-rendahnya, baik untuk stasiun pada kanal frekuensi yang sama maupun yang bersebelahan.

Sebagai regulator, kiranya sudah tepat bila pada masa transisi ini Pemerintah segera mempersiapkan perencanaan jaringan TV digital secara menyeluruh dengan menggunakan perangkat-perangkat perencanaan seperti *Network Planning Tools*, *Network Monitoring Tools* dan *Network Measurement Tools*. Semua kesiapan itu diperlukan semata-mata supaya kelak, ketika penyiaran digital digelar secara komersial, bisa berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan baik oleh regulator, operator jaringan dan juga pengguna.

LAMPIRAN

TV DIGITAL DI BEBERAPA NEGARA

No.	Country	Regulator Body	Standard	DIT Start	Switchover	Population (Juta)	TV Household (Juta)
1	Argentina	ATA, Asociación de Teledifusoras Argentina	ATSC, DVB-T	2005	-	39.9	
2	Australia	ACMA, Australian Communications and Media Authority	DVB-T/H	2005	2010	19.8	7.6
3	Austria	ARABT, Austrian Regulatory Authority for Broadcasting and Telecommunications	DVB-T	2006	2010	8.1	3.28
4	Belgia	CSA, (Conseil supérieur de l'audiovisuel) for the french speaking community	DVB-T/H	2002	2010	10.3	4.4
5	Brasil	Ministry of Information and Communications	ISDB-T/SBTD-T	2004	2014	188.1	120
6	Brunei	Ministry of Information and Communications	DVB-T (Trial)	2005	-	0.379	
7	China	SARFT, State Administration of Radio, Film and Television in China	DMB-T/H	2005	2015	1000	340
8	Denmark	National Telecom Agency	DVB-T	2005	2009	5.5	2.34
9	Perancis	CSA, Conseil supérieur de l'audiovisuel, ANFR, Agence Nationale Des Frequences	DVB-T/H	2000	2011	80.1	22.3
10	Jerman	RATP, Regulatory Authority for Telecommunications and Posts	DVB-T/H	2002	2010	82.5	33.9
11	Hongkong	Office of The Telecommunication Authority (OFTA)	DVB-T/H (Trial)	1999	-	6.9	
12	India	Telecom Regulatory Authority of India (TRAI)	DVB-T/H	1999	-	1000	70
13	Belanda	RAN, Ministry of Economic Affairs	DVB-T/H	1999	11/12/2006	16.1	6.7
14	Philippina	NTC, National Telecommunications Commission	DVB-T/H	2000	2015	85.2	
15	Malaysia	MCMC, Malaysian Communications and Multimedia Commission	DVB-T (Trial)	1998	-	26.9	
16	Singapore	MDA, Media Development Authority	DVB-T/H	1999	-	4.2	0.796
17	Afrika Selatan	DBAB, Digital Broadcasting Advisory Board	DVB-T/H	2001	2015	47.43	7
18	Inggris	Ofcom, (Office of Communications)	DVB-T/H	1998	2012	59.2	24.8
19	USA	FCC, Federal Communications Commission	ATSC, 8-VSB	1995	2009	301.64	
20	Jepang	Ministry of Public Management, Home Affairs, Post & Telecommunications (MPHPT)	ISDB-T	2002	2011	128.1	
21	Taiwan	NCC, National Communications Commission	DVB-T/H	2001	2010	22.5	5.21
22	Korea	Ministry of Information and Communications (MIC)	ATSC/T-DMB	1997	-	49.04	

PARAMETER TEKNIK TV DIGITAL DI BEBERAPA NEGARA

No.	Country	Standard	Compression	Modulation	Carrier	BW	Freq. Band	Network	Middleware	Picture Format
1	Argentina	ATSC, DVB-T	MPEG-2	16 QAM	8K	8MHz	UHF	MFN & SFN	MHP	HDTV, SDTV
2	Afrika Selatan	DVB-T/H	MPEG-2	16 QAM, 64 QAM	2K, 8K	8 MHz	UHF	2 Multiplex, SFN		SDTV, HDTV
3	Australia	DVB-T/H	MPEG-2	64 QAM	8K	7MHz	VHF, UHF	5 Multiplex, MFN & SFN	MHP	HDTV, SDTV
4	Austria	DVB-T	MPEG-2	16 QAM	8K	8MHz	UHF	2 Multiplex, SFN	MHP	HDTV, SDTV
5	Belanda	DVB-T/H	MPEG-2	64 QAM	8K	8 MHz	UHF	5 Multiplex, MFN, local SFN	MHP	SDTV
6	Belgia	DVB-T/H	MPEG-2	16 QAM	8K	8MHz	UHF	5 Multiplex, SFN	MHP	HDTV, SDTV
7	Brasil	ISDB-T/SBTD-T	H.264 AVC	H.264 AVC					Brasilian Middleware	HDTV, SDTV
8	Brunei	DVB-T (Trial)								
9	Canada	ATSC 8-VSB	MPEG-2	8VSB	6MHz	6 MHz	UHF	MFN	MHP	HDTV, SDTV
10	China	DMB-T/H	MPEG-2							
11	Denmark	DVB-T	MPEG-2	64 QAM	8K	8 MHz	UHF	4 Multiplex, MFN with SFN	MHP	SDTV
12	Honduras	ATSC 8-VSB	MPEG-2	8VSB	6MHz	6 MHz	UHF	MFN	MHP	HDTV, SDTV
13	Hongkong	DVB-T/H (Trial)	MPEG-2							
14	India	DVB-T/H								
15	Inggris	DVB-T/H	MPEG-2	64 QAM	2K, 8K	8 MHz	UHF	6 Multiplex, MFN, SFN		SDTV, HDTV
16	Jejepang	ISDB-T	MPEG-2	16 QAM, 64 QAM	2K, 8K	6/7/8MHz	UHF	MFN, SFN	MHP	HDTV, SDTV
17	Jerman	DVB-T/H	MPEG-2	16 QAM	8K	8 MHz & 7 MHz	UHF & VHF	4 Multiplex, MFN, SFN	MHP	SDTV, HDTV
18	Korea Selatan	ATSC & T DMB	MPEG-2	16 QAM	2K, 8K	6 MHz	VHF & UHF	MFN, SFN		HDTV, SDTV
19	Malaysia	DVB-T (Trial)	MPEG-2	QPSK, 64QAM	2K, 8K	8 MHz	UHF	2 Multiplex, MFN & SFN	MHP (Planned)	SDTV, HDTV
20	Mexico	ATSC 8-VSB	MPEG-2	8VSB	6MHz	6 MHz	UHF	MFN	MHP	HDTV, SDTV
21	Perancis	DVB-T/H	MPEG-2	64 QAM	8K	8 MHz	UHF	6 Multiplex, MFN, small SFN	MHP	SDTV, HDTV
22	Philipina	DVB-T/H								HDTV, SDTV
23	Singapore	DVB-T/H	MPEG-2	QPSK, 64QAM	2K, 8K	8 MHz	UHF	2 Multiplex, MFN & SFN	MHP (Planned)	SDTV, HDTV
24	Taiwan	DVB-T/H	MPEG-2	16 QAM	8K	6 MHz	UHF	5 Multiplex, MFN, SFN	MHP	HDTV, SDTV
25	USA	ATSC 8-VSB	MPEG-2	8VSB	6MHz	6 MHz	UHF	MFN	MHP	HDTV, SDTV

Lampiran

Daftar Singkatan

2G	<i>Second Generation (Communications Network)</i>
3G	<i>Third Generation (Communications Network)</i>
AAC	<i>Advanced Audio Coding</i>
ADTB-T	<i>Advanced Digital Television Broadcast – Terrestrial</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ART	<i>Agence de Régulation des Télécommunications</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASI	<i>Asynchronous Serial interface</i>
ASO	<i>Arbitrary Slice Ordering</i>
ASPEC	<i>Advanced Spectre Entropy Coding</i>
AT&T	<i>American Telephone & Telegraph</i>
ATSC	<i>Advanced Television Systems Committee</i>
AWGN	<i>Additive White Gaussian Noise</i>
Bappenas	<i>Badan Perencanaan Pembangunan Nasional</i>
BAT	<i>Bouquet Allocation Table</i>
BBC	<i>British Broadcasting Corporation</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
BIFS	<i>Binary Format for Scene</i>
BPPT	<i>Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi</i>
BPS	<i>Badan Pusat Statistik</i>
BSAC	<i>Bit-Sliced Arithmetic Coding</i>
BST-OFDM	<i>Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
BWS	<i>Broadcast Website</i>
CCETT	<i>Centre Commun d'Etudes Detélédiffusion et de Télécommunications</i>
CCIR	<i>Consultative Committee for International Radio</i>
CDC	<i>Connected Device Configuration</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CIF	<i>Common Interleaved Frames</i>
CIF	<i>Common Intermediate Format</i>

COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
CSA	<i>Conseil Supérieur de l'Audiovisuel</i>
CSS 2.0	<i>Cascading Style Sheets</i>
CW	<i>Carrier-Wave</i>
DAB	<i>Digital Audio Broadcasting</i>
DAC	<i>Digital-to-Analog Converter</i>
DBS	<i>Direct Broadcast Satellite</i>
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i>
DDR	<i>Digital Dividend Review</i>
DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>
Depkominfo	<i>Departemen Komunikasi dan Informatika</i>
DIBEG	<i>Digital Broadcasting Expert Group</i>
DMB-T	<i>Digital Multimedia Broadcasting -Terrestrial</i>
DMB-T/H	<i>Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial/Handheld</i>
DOI	<i>Digital Opportunity Index</i>
DPCM	<i>Differential Pulse Code Modulation</i>
DSCQS	<i>Double-Stimulus Continuous Quality Scale</i>
DSM-CC	<i>Digital Storage Media –Command and Control</i>
DTH	<i>Direct to Home</i>
DTT	<i>Digital Terrestrial TV</i>
DVB-C	<i>Digital Video Broadcasting – Cable</i>
DVB-H	<i>Digital Video Broadcasting-Handheld</i>
DVB-HTML	<i>Digital Video Broadcasting-Hyper Text Markup Language</i>
DVB-J	<i>Digital Video Broadcasting-Java</i>
DVB-NIP	<i>Digital Video Broadcasting-Network Independent Protocols</i>
DVB-RCT	<i>Digital Video Broadcasting -Terrestrial Return Channel</i>
DVB-S	<i>Digital Video Broadcasting - Satellite</i>
DVB-SI	<i>Digital Video Broadcasting-Service Information</i>
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial</i>
EDTV	<i>Enhanced Definition TV</i>
EIT	<i>Event Information Table</i>
ELG	<i>European Launching Group</i>
EPG	<i>Electronics Program Guide</i>
ETSI	<i>The European Telecommunications Standards Institute</i>

EVM	<i>Error Vector Magnitude</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
FIC	<i>Fast Information Channel</i>
FMO	<i>Flexible Macroblock Ordering</i>
FTA	<i>Free to Air</i>
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
GEM	<i>Globally Executable MHP</i>
GPS	<i>Global Positioning Satellite</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HAVI-UI	<i>Home Audio Video Interoperability-User Interface</i>
HDTV	<i>High Definition TV</i>
HFC	<i>Hybrid Fiber Optic Coaxial</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IFFT	<i>Inverse Fast Fourier Transform</i>
IP	<i>Internet protokol</i>
IRD	<i>Integrated Receiver-Decoder</i>
IS	<i>Input Stream</i>
ISDB-T	<i>Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
ISI	<i>Inter-Symbol Interference</i>
ISO	<i>the International Organization for Standardization</i>
ITE	<i>Informasi dan Transaksi Elektronik</i>
ITS	<i>Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya</i>
ITU	<i>International Telecommunications Union</i>
Java ME	<i>Java Mobile Edition</i>
JMF	<i>Java Media Framework</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JPEG 2000	<i>Joint Photographic Experts Group 2000</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>

JVT-ISO/IEC	<i>Joint Video Team-ISO/IEC</i>
KBS	<i>Korean Broadcasting System</i>
LIPI	<i>Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia</i>
LMDS	<i>Local Multipoint Distribution System</i>
LO	<i>Local Oscillator</i>
LOS	<i>Line-of-Sight</i>
MAF	<i>Multimedia Application Formats</i>
MASCAM	<i>Masking Pattern Adapted Subband Coding and Multiplexing</i>
Mastel	<i>Masyarakat Telekomunikasi Indonesia</i>
MDA	<i>Media Development Authority</i>
MER	<i>Modulation Error Rate</i>
MFN	<i>Multi Frequency Network</i>
MHEG	<i>Multimedia and Hypermedia Experts Group</i>
MHP	<i>Multimedia Home Platform</i>
MIP	<i>Megaframe Initialization Packet</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMDS	<i>Multichannel Multipoint Distribution Service</i>
MOT	<i>Multimedia Object Transfer</i>
MP3	<i>Moving Pictures Experts Group-1 Audio layer 3</i>
MPEG-1	<i>Moving Pictures Experts Group-1</i>
MPEG-2	<i>Moving Pictures Experts Group-2</i>
MPEG-21	<i>Moving Pictures Experts Group-21</i>
MPEG-7	<i>Moving Pictures Experts Group-7</i>
MPEG-A	<i>Moving Pictures Experts Group-A</i>
MPHPT	<i>the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications</i>
MPTS	<i>Multi Program Transport Stream</i>
MUSICAM	<i>Masking-pattern Adapted Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing</i>
NAL	<i>Network Abstract Layer</i>
NFP	<i>Network Facilities Provider</i>
NGCN	<i>Next Generation Convergence Networks</i>
NGN	<i>Next-Generation Network</i>
NLOS	<i>Non Line-of-Sight</i>
NTSC	<i>National Television Systems Committee</i>
OCR	<i>Object Clock Reference</i>

OD	<i>Object Description</i>
Ofcom	<i>Office of Communications</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PAL	<i>Phase Alternation Line</i>
PAM	<i>Pulse Amplitude Modulation</i>
PBP	<i>Personal Basis Profile</i>
PCR	<i>Program Clock Reference</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PES	<i>Packetized Elementary Stream</i>
PP	<i>Peraturan Pemerintah</i>
PRBS	<i>Pseudo Random Binary Sequence</i>
PSB	<i>Public Service Broadcaster</i>
PSI	<i>Program Specific Information</i>
PSK	<i>Phase Shift Keying</i>
PSTN	<i>Public Switched Telecommunications Network</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QCIF	<i>Quarter Common Intermediate Format</i>
QEF	<i>Quasi Error Free</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RRI	<i>Radio Republik Indonesia</i>
RTOS	<i>Real-Time Operating System</i>
SAC	<i>Standardization Administration of China</i>
SAMBITS	<i>System for Advanced Multimedia Broadcast and Information Technology Services</i>
SARFT	<i>State Administration of Radio, Film and Television</i>
SAS	<i>Subscriber Authorization System</i>
SBR	<i>Spectral Band Replication</i>
SBTD-T	<i>Sistema Brasileiro de Televisao Digital Terrestre</i>
SD	<i>Scene Description</i>
SDM	<i>Sumber Daya Manusia</i>
SDT	<i>Service Description Table</i>
SDTV	<i>Standard Definition TV</i>
SECAM	<i>SEquentiel A Memoire -- Memory Sequential</i>
SFN	<i>Single Frequency Network</i>
SMATV	<i>Satellite Master Antenna TV</i>
SMS	<i>Subscriber Management System</i>

SNG	<i>Satellite News Gathering</i>
SPTS	<i>Single Program Transport Stream</i>
SRRC	<i>Square-Root Raised Cosine</i>
SSCQE	<i>Single-Stimulus Continuous Quality Evaluation</i>
STB	<i>Set-Top Box</i>
StiMi	<i>Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure</i>
STS	<i>Synchronous Time Stamp</i>
TAO	<i>Telecommunication Advancement Organization of Japan</i>
TDC	<i>Transparent Data Channel</i>
T-DMB	<i>Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting</i>
TDS-OFDM	<i>Time Domain Synchronization-Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
TIK	<i>Teknologi Informasi dan Komunikasi</i>
TMCC	<i>Transmission and Multiplexing Configuration Control</i>
TS	<i>Transport Stream</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VCEG	<i>Video Coding Experts Group</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VLC	<i>Variable Length Codes</i>
VOD	<i>Video-on-Demand</i>
VSB	<i>Vestigial Side Band</i>
WLL	<i>Wireless Local Loop</i>
XHTML	<i>Extensible Hyper Text Markup Language</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>