

# STUDI TENTANG SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

Oleh :

Adhi Susanto  
Teknik Elektro, Fak. Teknik  
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

## I. PENDAHULUAN

Gagasan komunikasi satelit merupakan jawaban atas niat globalisasi dalam bidang komunikasi gagasan ini telah muncul paling tidak semenjak perang dunia II berakhir. Pelajaran yang telah diperoleh pada Perang Dunia tersebut antara lain adalah bahwa penguasaan informasi baik tentang lawan maupun kawan merupakan faktor penting penentu kemenangan perang. Selain itu, teknologi yang telah dikembangkan untuk keperluan perang (oleh Jerman khususnya), dalam suasana damai dapat di manfaatkan untuk kesejahteraan manusia, yaitu untuk komunikasi jarak-jauh.

Teknologi peroketan Jerman segera dikembangkan terus, antara lain untuk melontarkan satelit komunikasi cukup tinggi, sehingga hambatan atmosfer terhadap lintasan satelit dapat dianggap nol. Dalam masa damai perkembangan teknologi komunikasi Satelit dipacu oleh aspek ekonomis yang terkait. Maka pada awalnya hanya Amerika Serikat yang mampu membiayai penelitian dan pengembangan sistem komunikasi satelit. Satelit komunikasi besar yang pertama, ECHO I, diorbitkan

pada tahun 1960. Ini merupakan satelit pasif yang hanya memantulkan kembali gelombang elektromagnetis yang dipancarkan kepadanya. ECHO 2 yang di luncurkan pada tahun 1964 adalah balon milar berlapis aluminium pemantul dan berdiameter 32 m. Orbit satelit kedua ini adalah 1610 km diatas permukaan bumi.

Agar kedudukan satelit komunikasi tetap relatif terhadap bumi yang berputar mengelilingi sumbu putarnya, orbit harus di atas katulistiwa pada ketinggian kira-kira 36 ribu km. Pada ketinggian ini, satelit pasif seperti ECHO 1 dan ECHO 2 akan memantulkan kembali, gelombang elektromagnetis yang menyimpannya, sebagian besar ke arah ruang angkasa. Yang diterima kembali di bumi hanya yang bersudut pantul  $17,3^{\circ}$ . Maka generasi satelit komunikasi geostasioner berikutnya adalah satelit aktif, yaitu yang memperkuat isyarat datang sebelum dipancarkan kembali ke bumi. Selain itu satelit komunikasi generasi ini juga mempunyai antena pengarah gelombang elektromagnetis agar penerimaan di wilayah yang telah ditentukan di bumi dapat optimum.

## II. SIFAT-SIFAT UTAMA KOMUNIKASI SATELIT

Pertama, karena ketinggiannya yang jauh melebihi stasiun rele manapun yang ada di tempat tertinggi di bumi, cakupan wilayah komunikasi satelit adalah maksimal. Dengan tiga satelit geosinkron yang bersudut antara  $120^{\circ}$ , maka praktis

seluruh permukaan bumi dapat tercakup dalam satu sistem komunikasi global. Dengan demikian tidak ada satu daerah pun di muka bumi ini yang akan 'terpencil'. Sifat inilah yang telah mendorong Indonesia untuk mempunyai sistem komunikasi satelit domestik agar dari segi komunikasi semua tempat di Indonesia 'sama dekat' satu dengan yang lain.

Kedua, penggunaan gelombang mikro memungkinkan, untuk keperluan khusus, pengarahannya pancaran dan penerimaan yang lebih ke dan dari suatu atau beberapa wilayah tertentu di muka bumi. Untuk satelit PALAPA wilayah tersebut adalah kepulauan Nusantara dan sebagian negara-negara ASEAN, dalam satu wilayah cakupan. Untuk wilayah Amerika Serikat, misalnya, paling tidak ada dua antena di satelit, satu untuk 'mainland' dan yang lain untuk kepulauan Hawaii dengan berkas arahnya yang cukup sempit ( $\pm 2^\circ$ ).

Ketiga, karena pada umumnya satelit komunikasi untuk wilayah peruntukannya, berada cukup tinggi di atas cakrawala maka gangguan penerimaan di bumi dari sumber-sumber gelombang elektromagnetis yang juga berada di muka bumi dapat dihindari sejauh mungkin. Dalam hal ini paling beruntung adalah wilayah-wilayah di sepanjang katulistiwa, seperti Indonesia karena antena di bumi dapat berarah tegak ke atas ( $\pm 90^\circ$ ) sehingga gangguan elektromagnetik 'terrestrial' menjadi minimum, dan letak antena tidak perlu tinggi (cukup beberapa meter di atas tanah).

Keempat, waktu 'instalasi' relatif sangat pendek, hanya

beberapa minggu setelah pelontaran dari bumi sistem telah dapat beroperasi. Sebagai bandingan, insatalasi kabel serat optis dari Jakarta hingga Surabaya oleh PT. Telkom memakan waktu lebih dari satu tahun. Kecuali itu lintasan terestial akhir-akhir ini makin menghadapi masalah pembebasan tanah dan 'perusakan lingkungan'.

Kelima, karena satelit mengambang di angkasa, maka masalah stabilitas merupakan kelemahan stasiun rele macam ini. Stabilitas kedudukan pada arah X, Y, dan Z, serta orientasi pada arah X, Y, dan Z pula. Untuk itu roket-roket kecil tersedia dan menjadi bagian sistem satelit komunikasi untuk mengoreksi setiap penyimpangan kedudukan dan orientasi tersebut. Jumlah bahan bakar yang dapat dibawa oleh satelit menjadi faktor utama 'umur' satelit komunikasi. Meskipun perlatan elektronis berumur cukup panjang, jika bahan bakar telah habis, satelit akan tak terkendali sehingga nilai gunanya turun drastis. Stabilitasorientasi dapat ditunjang secara nyata dengan memutar sebagian besar badan satelit, kecuali tentunya sistem antenanya, agar diperoleh efek giroskopis yang diperlukan.

Keenam, letak satelit yang jauh di atas atmosfir menyebabkan penerimaan sinar matahari untuk sistem fotvoltaiknya tak terhalang apapun, kecuali dalam lebih kurang 65 menit sehari dalam keadaan 'gerhana' karena matahari terhalang bumi. Batere penyimpan tenaga listrik memecahkan masalah ini, namun menambah bobot satelit. Faktor

inilah yang terutama membatasi daya pancar satelit komunikasi. Sistem DBS (Direct Broadcast Satellite) mempunyai daya pancar yang cukup besar sehingga antena parabolik penerima dapat kecil (diameter kurang dari 1 m) dengan peralatan elektronis penerima yang juga cukup murah. Dengan demikian tentunya sistem DBS menjadi jauh lebih mahal pada satelit dan pelontarannya.

### III. ELEKTRONIKA SATELIT KOMUNIKASI

Peralatan elektronis pada Satelit komunikasi selain untuk fungsi utama satelit, yaitu sebagai Stasiun Rele Komunikasi, juga untuk fungsi penunjangnya. Fungsi Satelit Komunikasi hanya dapat terlaksana jika penunjangnya bekerja semestinya. Penunjang kerja satelit berkaitan dengan :

1. sumber daya listrik
2. stabilisasi, dan
3. sistem TTC satelit

#### III.1. Sumber Daya Listrik Satelit

Daya listrik untuk menjalankan seluruh peralatan elektris dan elektronis pada Satelit Komunikasi pada dasarnya menggandakan pengubahan tenaga surya oleh Sel Fotovoltaik yang dikenal sebagai Sel Surya. Seperti telah disinggung di depan, untuk menyimpan tenaga listrik selama satelit

mengalami 'gerhana matahari', maka terdapat batere penyimpan Ni-Cad (Nickel Cadmium), Ni-H (Nickel Hydrogen), atau jenis lainnya.

Berkaitan dengan sumber daya listrik tersebut, peralatan elektronis bertugas untuk mengatur proses pergantian daya dari Sel Surya ke Batere dan sebaliknya agar terjadi semulus mungkin. Pada pengaturan ini termasuk penjagaan agar batere tidak termuati-lebih (*over-charged*) dan Sel Surya tidak terbebani-lebih (*overloaded*). Peralatan elektronis juga mengatur tegangan dan arus untuk masing-masing peralatan yang memerlukan catu daya listrik.

### III.2. Stabilisasi Satelit

Telah disebut di depan, stabilisasi kedudukan dan orientasi satelit perlu dijaga terus agar arah dan daya isyarat komunikasi dapat stabil pula. Ada dua asas stabilisasi yang berbeda khususnya untuk satelit geosinkron, yaitu

1. Stabilisasi pusingan (*spin*) dan
2. stabilisasi badan atau tiga-sumbu

Satelit berbentuk silindris biasanya berpusing pada sumbu utama simetrinya, seperti roda Penggilas-Jalan atau mesin perata jalan. Sumbu-pusing ini juga sumbu momen inersia jika konstruksi dalamnya tepat imbang (*balance*). Arah sumbu-pusing ini harus sama (*sejajar*) dengan arah sumbu-pusing

bumi. Syarat pusingan stabil adalah inersia satelit pada arah pusing lebih besar dari-pada inersia pada arah-arah yang lain. Laju pusingan satelit umumnya sekitar 100 rpm.

Untuk satelit tanpa pusingan, stabilisasi badan dijaga pada arah tegak (sepanjang garis yang melalui pusat bumi) dan pusat massa satelit, pada arah singgungan (tangensial) lintasan satelit pada edarannya mengelilingi bumi, dan pada arah tegak lurus kedua arah terdahulu. Pada satelit jenis ini, gerak-lenggok (*yaw*) sekeliling sumbu-tegak, gerak-oleng (*roll*) sekeliling sumbu-singgung, dan gerak-angguk (*pitch*) sekeliling sumbu ketiga juga harus direndam sejauh mungkin dengan sistem stabilisasinya.

Peralatan elektronis tentunya sangat vital dalam menjamin tercapainya stabilisasi kedudukan dan orientasi tersebut.

Selain itu stabilitas suhu di dalam satelit harus juga dijaga agar semua peralatan yang ada didalamnya, baik yang elektronis maupun mekanis, dapat tetap bekerja sebaik-baiknya.

Untuk keperluan stabilisasi orientasi satelit, diperlukan penginderaan arah orientasi satelit relatif terhadap bumi, penginderaan Infra-Merah dapat dipakai untuk keperluan ini. Orientasi Satelit diukur berdasar arah 'Cakrawala' bumi dari satelit. Pengindera Infra-Merah akan mendeteksi cakrawala sebagai batas antara 'langit' atau ruang angkasa yang dingin dan permukaan bumi yang panas. Cakrawala 'timur' dan 'barat' sebagai acuan gerak-angguk dan cakrawala

'utara' dan selatan' sebagai acuan gerak-oleng.

Gerak-lenggok dideteksi dengan cara lain, yaitu berdasar sistem giroskop. Dalam keadaan cara sempurna, satelit (khususnya antena pancar/terimanya) berputas relatif terhadap sistem giroskop ini satu kali ( $360^\circ$ ) dalam sehari ( $\pm 24$  jam), sehingga terhadap bumi antena tersebut berarah tetap. Dari pengindera hingga sudut-arah satelit yang dihasilkan sistem stabilisasi mempunyai fungsi-alik (*transfer function*) dengan dua NOL (ZERO) dan empat KUTUB (POLE). Maka paling tidak ada enam parameter penentu stabilitas sistem. Untuk ini suatu prosesor atau mikroprosesor dapat menangani kesempurnaan stabilitas secara baik.

Pada satelit dengan Sel Surya terentang datar menjauh dari sumbu utamanya, permukaan aktif Sel Surya diprogram agar selalu menghadap matahari. Program didasarkan pada kedudukan satelit setiap saat ketika mengelilingi bumi. Kedudukan dan orientasi satelit dalam satu tahun telah diketahui secara pasti dan informasinya disimpan dalam pengingat komputer yang menjalankan program tersebut.

### III.3. TTC (Telemetry, Penjajakan, dan Perintah/Telemetry. Tracking, and command

Isyarat keluaran pengindera-pengindera orientasi satelit, disamping secara langsung berguna untuk stabilisasi orientasi satelit, juga dikirim ke bumi untuk dipantau oleh

stasiun pengendali di bumi. Dengan demikian stabilitas orientasi satelit dapat diketahui setiap saat oleh pengamat di stasiun pengendali. Selain itu pengindera-pengindera lain, untuk medan magnetik radiasi, kedudukan satelit, suhu dalam satelit, tegangan catu daya, dan tekanan bahan-bakar juga memberikan informasi yang dikirim ke bumi.

Keadaan seluruh peralatan satelit setiap saat dapat diketahui secara pasti, sehingga dengan sistem telemetri ini jejak satelit serta fungsinya dapat dipantau terus. Penjejakan juga dilengkapi dan dibuat rangkap dengan adanya isyarat-isyarat pilot yang disisipkan dalam isyarat-isyarat komunikasi utamanya.

Berdasarkan berbagai informasi tersebut, maka penyimpangan keadaan satelit yang melebihi batas toleransi dapat dikoreksi dari bumi melalui isyarat-isyarat perintah ke sistem kendali/stabilitas satelit. Perintah-perintah dari stasiun pengendali terutama diperlukan selama periode pelontaran satelit hingga kedudukan dan orientasi yang ditentukan tercapai. Pengendalian ini juga diperlukan jika peralatan stabilisasi otomatis di satelit tidak berkerja dengan baik.

#### IV. SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

Ada dua bidang frekuensi Satelit Komunikasi yang paling lazim dipakai, yaitu :

1. bidang C dengan  $\pm 6$  GHz jalur-naik  
dan  $\pm 4$  GHz jalur-turun

2. bidang Ku dengan  $\pm 6$  GHz jalur-naik  
dan  $\pm 11$  GHz jalur-turun

Pemisahan cukup jauh frekuensi pembawa untuk jalur-naik dan jalur-turun dibuat agar interferensi antar kedua pembawa dapat minimum.

Daya pancar satelit hanya beberapa watt sedang luas cakupan di bumi cukup besar sehingga daya isyarat tertangkap oleh antena parabolik di bumi sangat kecil, yaitu dalam orde piko ( $10^{-12}$ ) watt. Pada kisar daya sekecil ini masalah derau (*noise*) adalah dominan. Salah satu cara penanggulangan adalah dengan menggunakan sistem modulasi FM dengan lebar bidang  $\pm 20$  MHz untuk satu transponder (lihat Lampiran mengenai penerimaan siaran TV langsung dari satelit).

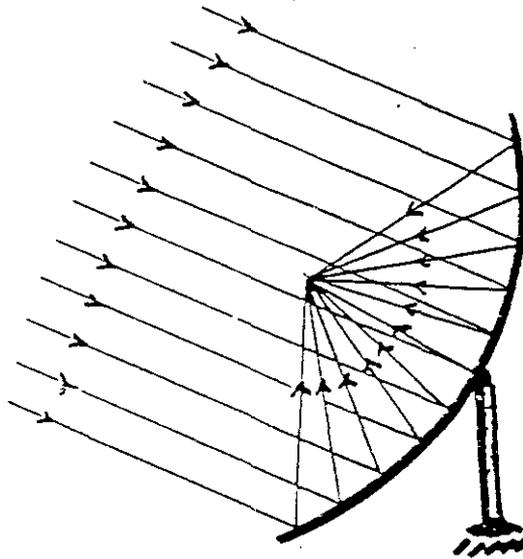
Untuk meningkatkan lebih jauh S/N (nisbi isyarat-terhadap-derau) digunakan isyarat-isyarat digital, yang telah dibicarakan oleh penceramah lain. Karena satelit komunikasi dipakai untuk merele banyak macam informasi, seperti isyarat TV, percakapan telepon, data, baik analog maupun digital, maka sistem penggabungan berbagai isyarat tersebut ada beberapa macam, yaitu :

1. FDMA (*Frekuensi Division Multiple Access*)
2. TDMA (*Time Division Multiple Access*)
3. SDMA (*Space Division Multiple Access*)
4. CDMA (*Code Division Multiple Access*)

Yang terakhir baru dikembangkan akhir-akhir ini dan masih berlanjut terus.

### ANTENA PARABOLA

\* ANTENA PARABOLA = Antena pemantul  
Antena pemfokus



Panjang gelombang EM (elektromagnetis)

$$\lambda \ll D$$

D = Diameter

agar Pemfokusan dapat baik frekuensi gelombang-mikro/  
microwave untuk satelit komunikasi :

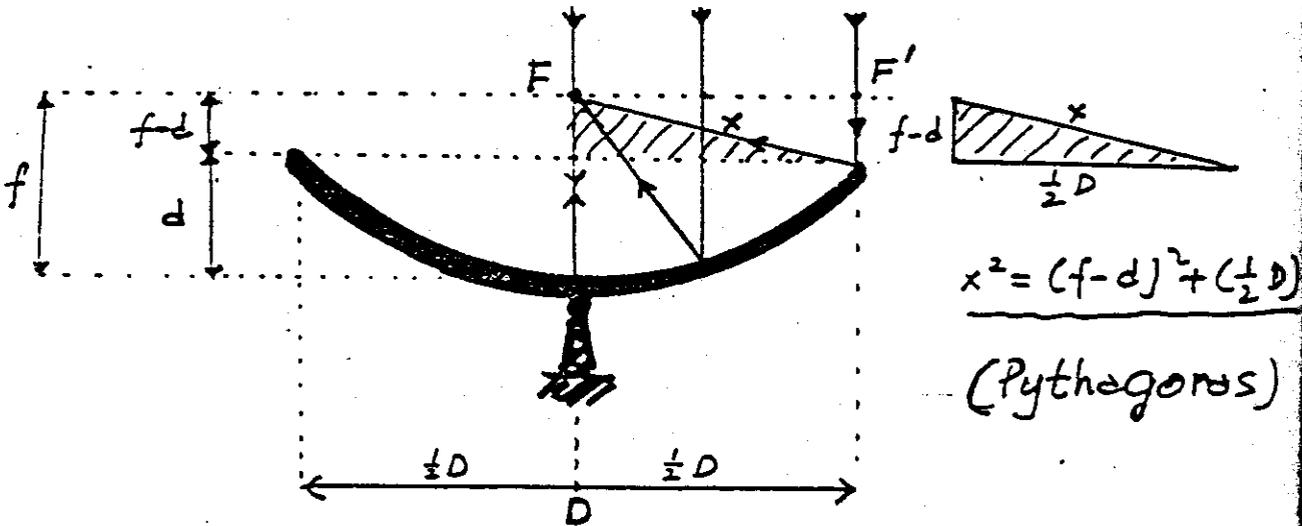
3,7 hingga 4,3 GHz

$$\begin{aligned} \text{Jika diambil } 4 \text{ GHz } ( = 4 \times 10^9 \text{ Hz } ) &\longrightarrow \\ &= \frac{3 \times 10^8 \text{ m}}{4 \times 10^9} \\ &= 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter parabola :

$$D \gg 0,075 \text{ m } (7,5 \text{ cm})$$

\* LETAK TITIK FOKUS, F



$$x^2 = (f-d)^2 + \left(\frac{1}{2}D\right)^2$$

(Pythagoras)

Gelombang datang (dari atas) praktis sejajar maka lintasan gelombang lewat F ke bawah akan dipantulkan ke atas/kebawah ke F sama panjang dengan lintasan gelombang lewat F ke bawah yang dipantulkan ke kiri menuju F, yaitu

$$2f = (f - d) + x$$

atau  $2f - (f - d) = x \rightarrow \underline{x = f + d}$

Substitusi x pada persamaan Pythagoras di atas :

$$\begin{aligned} (f + d)^2 &= (f - d)^2 + \left(\frac{1}{2} D\right)^2 \\ f^2 + 2fd + d^2 &= f^2 - 2fd + d^2 + \frac{1}{4} D^2 \\ \longrightarrow 4fd &= \frac{1}{4} D^2 \\ f &= \frac{D^2}{16 D} \\ &===== \end{aligned}$$

**\* KELENGKAPAN ANTENA PARABOLA SEBAGAI PENERIMA ACARA TV**

Komponen-komponen pelengkap berkaitan dengan :

    daya gelombang EM dari satelit yang sangat lemah

    Daya pancar satelit hanya beberapa watt

    Luas cakupan : Indonesia + Malaysia + Filiphina = ± 12 juta

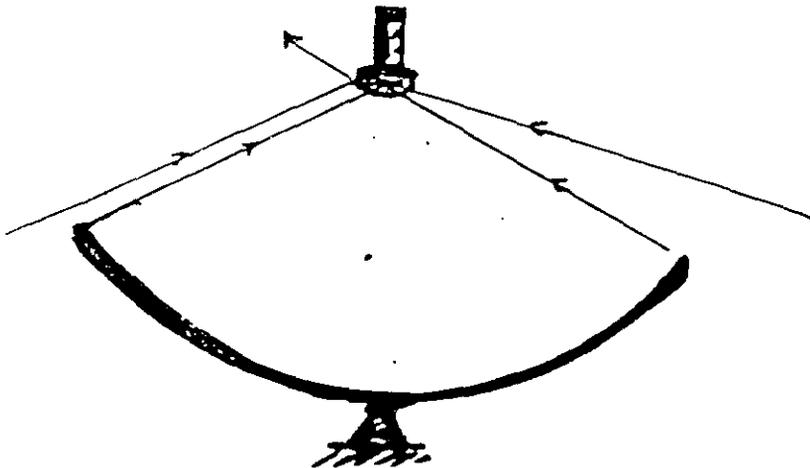
    km<sup>2</sup> Daya gelombang EM per m<sup>2</sup> : dalam orde

$$\frac{\text{watt}}{12 \times 10^6 \times 10^6} \quad 10^{-12} \text{ watt/m}^2 \quad (\text{piko watt/m}^2)$$

**Komponen pertama : Feedhorn**

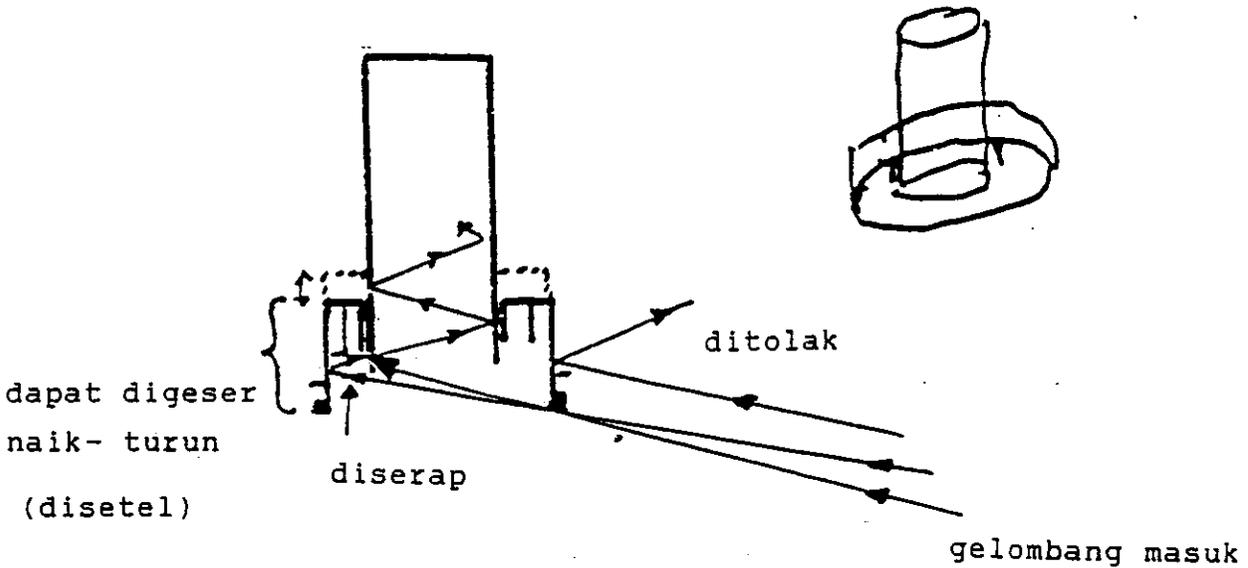
fungsi : menangkap gelombang EM dari satelit sebanyak-banyaknya dan menolak gelombang EM lain yang tidak diinginkan sebanyak-banyaknya pula

Lubang masukkan FEEDHORN diletakkan lebih kurang pada titik fokus F antena parabola



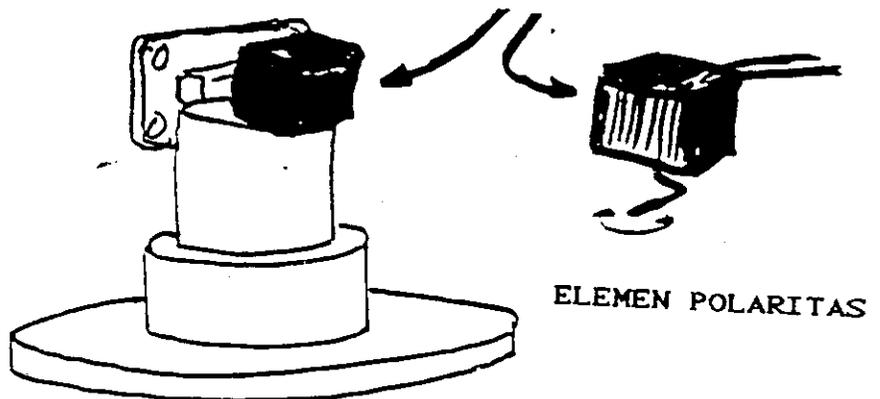
Penyetelan "mulut" FEEDHORN disesuaikan ukuran (diameter) parabola.

(Caranya : diberikan oleh pabrik pembuat feedhorn dalam



Penyetelan "mulut" FEEDHORN disesuaikan ukuran (diameter) parabola.  
(Caranya : diberikan oleh pabrik pembuat feedhorn dalam lembar petunjuk penggunaannya)

Komponen Kedua : MOTOR SERVO



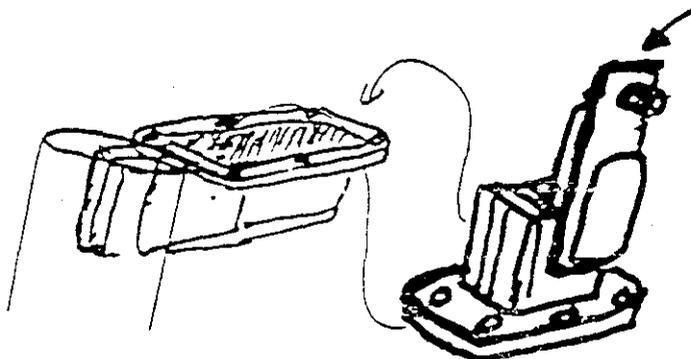
Fungsi : mengarang/memutar/menyesuaikan polaritas gelombang EM yang masuk

Ada polaritas VERTIKAL

Ada polaritas HORIZONTAL

untuk saluran TV yang berbeda

Komponen ketiga : LNB (Low Noise Block)



adalah penguat (Amplifier Derau Rendah), untuk memperkuat isyarat yang diterima. Contoh penguatan :  $65 \text{ dB} = \underline{631}$  kali.

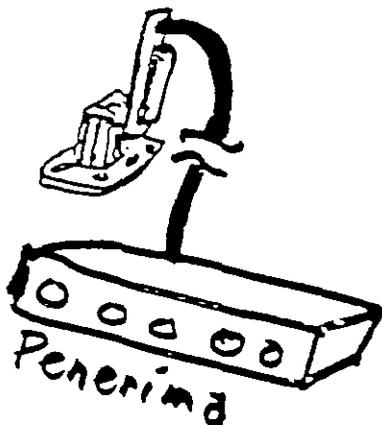
Tinggi rendah Derau (Noise) dinyatakan dalam Suhu Derau (Noise Temperature). Makin rendah Derajat suhu Derau makin rendah pula tingkat deraunya.

Contoh :  $30^\circ$  lebih rendah dari  $34^\circ$

$34^\circ$  lebih rendah dari  $40^\circ$

dan seterusnya

Komponen keempat : Kabel Penghubung



Fungsi kabel ini menyalurkan isyarat yang telah diperkuat oleh LNB, menuju Penerima (Receiver). Kabel ini harus berkualitas tinggi, mengingat isyarat dari LNB mempunyai

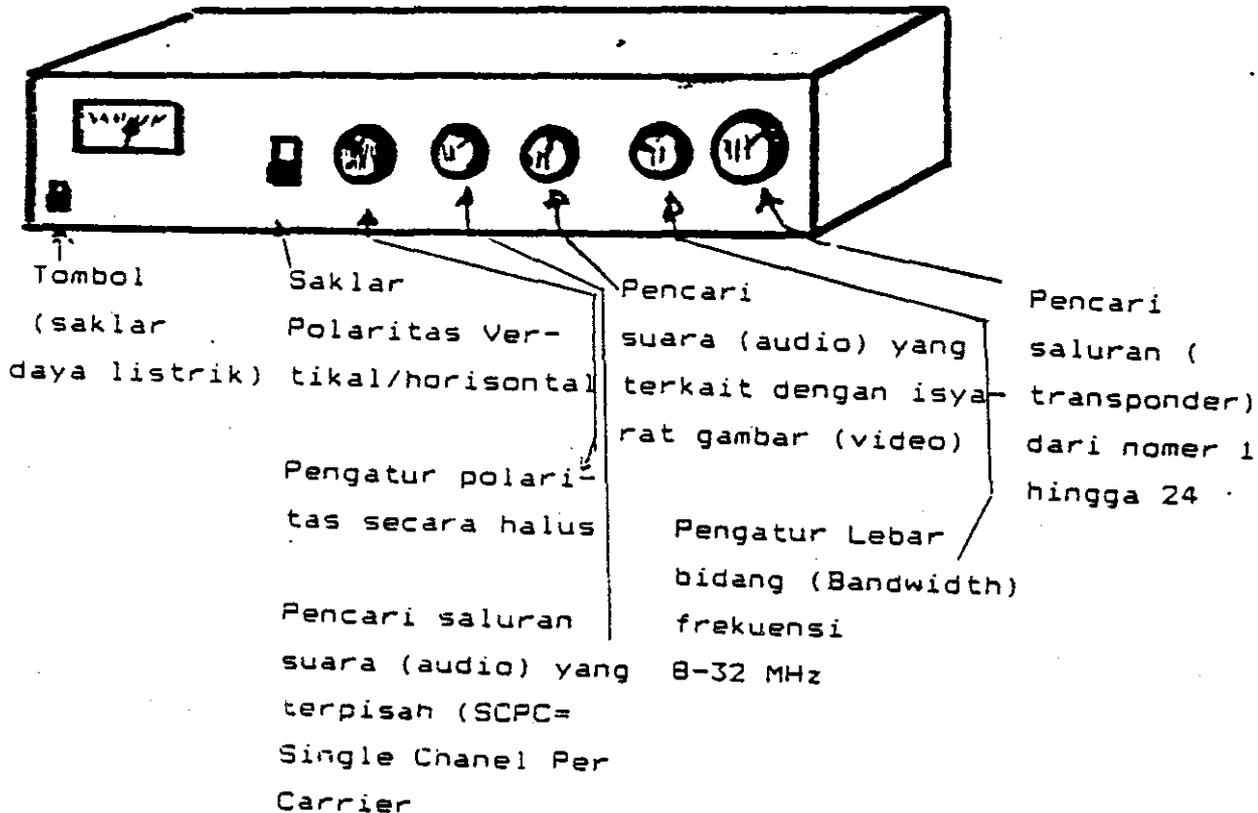
bidang/daerah frekuensi :

950 - 1,450 MHz

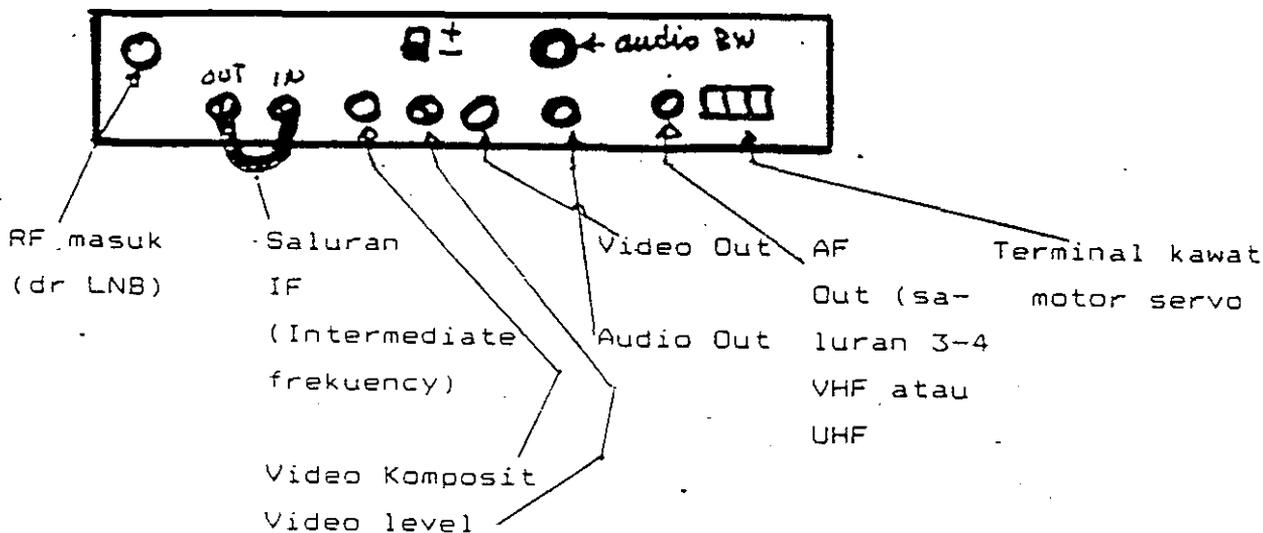
Jika kabel terlalu panjang, karena jarak LNB ke penerima cukup jauh, mungkin perlu suatu DN-LING AMPLIFIER

Komponen Kelima : Penerima (Receiver)

Contoh sederhana :



Panel Belakang



Fungsi (Pesawat) Penerima :

1. Memperkuat isyarat yang diterima dari LNG
2. Memilih saluran TV yang diterima
3. Menapis (mem-filter) isyarat IF; jika perlu isyarat ini dapat ditepis lagi dengan tepis tambahan di luar penerima
4. Mendemodulasi isyarat menjadi isyarat :
  - Video komposit (video + audio)
  - Video tersendiri
5. Menapis isyarat video dengan pengatur lebar bidang dari 8-32 MHz
6. Membalik polaritas isyarat video
7. Mengatur level (besar-kecil) isyarat video
8. Mengatur lebar bidang isyarat audio
9. Memodulasi video komposit menjadi isyarat TV saluran TV saluran 3-4 VHF atau saluran UHF untuk pesawat penerima TV biasa

10. Mengatur polaritas gelombang EM penerima, yaitu mengendalikan motor servo dari bawah (dari penerima)

Penerima yang canggih menggunakan rangkaian-rangkaian Digital, sehingga mempunyai MEMORI untuk saluran, polaritas dan lain-lain. Juga ada fasilitas REMOTE.

#### Komponen-komponen tambahan lain

1. Pemisah (splitter) untuk mencabang isyarat agar dapat diberikan /dihubungkan dengan lebih dari satu pesawat TV.

2. Penguat (Booster) : diperlukan bila kabel penghubung ke pesawat TV cukup panjang (tergantung mutu kabel) atau jumlah pesawat TV cukup banyak sehingga isyarat jadi lemah

Booster : khusus untuk VHF

khusus untuk UHF

untuk kedua-duanya

Booster dipasang pada pangkal kabel, yaitu ujung kabel tempat isyarat masuk (bukan ujung kabel yang dihubungkan dengan pesawat TV).

3. Modulator : diperlukan jika ada lebih dari satu penerima untuk menyalurkan lebih dari satu saluran TV.