



TESIS PM147501

REKOMENDASI ARSITEKTUR JARINGAN *BROADBAND WIRELESS ACCESS* (BWA) BERBASIS HOTSPOT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KOMUNIKASI DATA (*RADIO FREQUENCY*) BERSPEKTRUM BEBAS

(Studi Kasus pada penyediaan akses internet kecepatan tinggi di area pedesaan Jawa timur Indonesia)

SABRI BALAFIF
NRP 9114205405

DOSEN PEMBIMBING
Dr.Tech, Ir. R. V. Hari Ginardi, MSc

Co-DOSEN PEMBIMBING
Dr.Eng Febriliyan Samopa, S.Kom, M.Kom

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN TEKNOLOGI INFORMASI
PROGRAM PASCA SARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SABRI BALAFIE
NRP. 9114 205 405

Tanggal Ujian : 11 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui Oleh :

1. Dr. Tech. Ir. R. V. Hari Ginardi, MSc
NIP. 196505181992031003

(Pembimbing I)

2. Dr. Eng Febriliyan Samopa, S.Kom., M.Kom.
NIP.19730219 199802 1 001

(Pembimbing II)

3. Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, M.Sc.
NIP.19670727 199203 1 002

(Penguji)

4. Erma Suryani S.T., M.T., Ph.D.
NIP.19700427 200501 2 001

(Penguji)

An. Direktur Program Pascasarjana,
Asisten Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng
NIP. 19611021 198605 1 001

REKOMENDASI ARSITEKTUR JARINGAN *BROADBAND WIRELESS ACCESS* (BWA) BERBASIS HOTSPOT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KOMUNIKASI DATA (*RADIO FREQUENCY*) BERSPEKTRUM BEBAS

(Studi Kasus pada penyediaan akses internet kecepatan tinggi di area pedesaan Jawa timur Indonesia)

Nama Mahasiswa : Sabri Balafif
NRP : 9114.205.405
Dosen Pembimbing : Dr.Tech, Ir. R. V. Hari Ginardi, MSc
Co-Dosen Pembimbing : Dr.Eng Febriliyan Samopa, S.Kom,M.Kom

ABSTRAK

Tantangan penggunaan jaringan nirkabel dalam menyediakan akses internet kecepatan tinggi pada kondisi topografi pedesaan di Indonesia (memiliki kontur pengunungan dengan kondisi cuaca ekstrem) adalah kondisi lintasan gelombang radio dalam kategori *near line of sight* (nLOS). Salah satu teknologi nirkabel yang mampu menjawab tantangan tersebut adalah *Broadband Wireless Access* (BWA) dengan menggunakan Teknologi Komunikasi Data (*Radio frequency*) berspektrum bebas.

Penelitian ini bersifat deskriptif dan *exploratory* karena tidak ada hipotesis yang diformulasikan dari awal untuk dibuktikan. Sedangkan metodologinya adalah *coverage and capacity dimensioning*, metode tersebut bertujuan untuk mengukur performa maksimal dari teknologi tersebut. Proses penelitiannya dilakukan dengan studi kasus sampel area (10 desa di Jawa Timur) untuk merepresentasikan karakteristik pedesaan di Indonesia, Sedangkan pendekatannya dilakukan dengan dua cara, yaitu simulasi pada kondisi nyata dilapangan dan simulasi laboratorium yang mereplikasi kondisi nyata dilapangan.

Hasilnya menunjukkan, Untuk mencapai Flexibilitas pada Jaringan dalam kondisi nLOS dapat dilakukan dengan membentuk jaringan backhaul menggunakan protokol *Hybrid Division Duplexing* (HDD) dengan Teknik *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) untuk menghadapi kondisi nLOS dan Cuaca Ekstrem (hujan lebat dan kabut tebal). Hal tersebut merupakan teknik memilih tipe modulasi dan coding yang sesuai dengan kondisi kanal sehingga didapatkan performansi nilai *Bit Error Rate* (BER) yang terbaik.

Kata Kunci : Akses Internet Pedesaan, *Broadband Wireless Access* (BWA), *Hybrid Division Duplexing* (HDD)

Halaman ini sengaja dikosongkan

RECOMMENDATION BROADBAND WIRELESS ACCESS ARCHITECTURE (BWA) WITH HOTSPOT BASED USING RADIO FREQUENCY TECHNOLOGY UNLICENSED SPECTRUM

(Study Case providing high speed internet access in rural area East Java,
Indonesia)

Student Name : Sabri Balafif
NRP : 9114.205.405
Supervisor : Dr.Tech, Ir. R. V. Hari Ginardi, MSc
Co- Supervisor : Dr.Eng Febriliyan Samopa, S.Kom,M.Kom

ABSTRACT

The challenge of using wireless technology to provide high speed internet access in rural area Indonesia (mountain contour with extreme weather) is radio waves path condition belonging into near line of sight (nLOS) category. One of wireless technology which capable to solve the challenge is Broadband Wireless Access (BWA) with using (radio frequency) data communication technology unlicensed spectrum.

This research is descriptive and exploratory research, because it does not has a hypothesis being formulated from beginning to be proven. the methodology of this research is coverage and capacity dimensioning, The method intended to measure the maximum performance of the technology. this research use 10 rural area in east java for sample to represent characteristic rural area in Indonesia. while for analyze approach in this research will use two method engineering, simulation in real condition and simulation in laboratory.

The result is achieving flexibility in nLOS network can be implemented with create backhaul network using Hybrid Division Duplexing protocol (HDD) and Adaptive Modulation and Coding technique to face nLOS condition and extreme condition (heavy rain and thick fog). That is one of techniques to choose modulation type and coding according channel condition until getting the best value performance Bit Error Rate (BER)

Keyword : Rural Internet Access, Broadband Wireless Access (BWA), *Hybrid Division Duplexing* (HDD)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH.....	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 DASAR TEORI	5
Teknologi Pite Lebar	5
Broadband Wireless Access	18
Permodelan Jaringan	20
Kebijakan Broadband Wireless Access di Indonesia.....	29
Adopsi Inovasi.....	30
Teknik Penelitian Studi Kasus	32
Forecasting (Peramalan).....	35
2.2 PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN.....	42
Implementasi WIMAX sebagai backhaul pada jaringan Hotspot <i>existing</i> di jakarta.....	42
Analisis implementasi wimax dalam perkembangan Telekomunikasi Di Indonesia	43
Biaya Pembangunan Jaringan Pita Lebar Akses Bergerak Di Indonesia: Kajian Biaya Sosial Ekonomi Adopsi Teknologi	45
Analisa Performa Kualitas Jaringan VSAT Mobil Pusat Layanan Internet Kecamatan Sulawesi Utara	47
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1 ANALISIS KASUS	49
3.2 PENGUMPULAN DATA	50
Data primer.....	50
Data sekunder	50
3.3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	50
Perencanaan Jaringan	50

Pengujian Jaringan	50
3.4 HASIL PENGUJIAN	51
3.5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
BAB 4 PEMBAHASAN	53
4.1 PERENCANAAN JARINGAN.....	53
Skema Arsitektur	53
Model Cakupan Radius	54
Proyeksi Jumlah Penduduk	57
Pemilihan lokasi implementasi.....	59
Proyeksi Jumlah Pelanggan.....	67
Perencanaan Titik Hotspot	75
Perhitungan Demand Traffik dan Kebutuhan Kapasitas Jaringan	77
Proyeksi Demand Traffik	77
Kebutuhan Kapasitas Jaringan	78
4.2 PENGUJIAN JARINGAN.....	79
Skenario Pengujian Kapasitas Jaringan.....	79
Pengujian Kapasitas Jaringan	82
BAB 5 REKOMENDASI ARSITEKTUR	101
5.1 Core Network.....	101
5.2 Distribusution Network.....	105
5.3 Access Network	110
5.4 Rekomendasi Arsitektur Pada Implemntasi BWA Berbasis Hotspot Di Pedesaan Jawa Timur.....	111
BAB 6 PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
6.1 Kesimpulan	115
6.2 Saran	117
DAFTAR PUSTAKA	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe Komunikasi FDMA dan TDMA (Sumber : ITU).....	5
Gambar 2. 2 Skema Input Ouput Antena (Sumber : Ita Triana, 2012)	11
Gambar 2. 3 Sistem Kerja MIMO.....	12
Gambar 2. 4 Simplex Tranmission.....	14
Gambar 2. 5 Half-Duplex Tranmission.....	14
Gambar 2. 6 Full-Duplex Transmission.....	15
Gambar 2. 7 Komunikasi Duplex.....	15
Gambar 2. 8 Komunikasi Multiplexing	18
Gambar 2. 9 Konsep Permodelan Jaringan hirarki (sumber: Cisco Inc.).....	20
Gambar 2. 10 Skalabilitas dalam persepectif latency dan throughput	23
Gambar 2. 11 Topologi Pembatasan Channel Frekuensi	25
Gambar 2. 12 Komunikasi Full Duplex (sumber : Ubiquiti Network)	26
Gambar 2. 13 Backhaul Link dengan Konsep Redundant	26
Gambar 2. 14 Ilustrasi polarisasi diagonal.....	27
Gambar 2. 15 Ilustrasi polarisasi horizontal dan vertical.....	27
Gambar 2. 16 Ilusstrasi Penempatan Access Point (sumber : Ubiquiti Network).....	28
Gambar 2. 17 Diffusion process.....	32
Gambar 2. 18 Peramalan Pola Horizontal.....	36
Gambar 2. 19 Peramalan Pola Musiman.....	36
Gambar 2. 20 Peramalan Pola Siklis.....	37
Gambar 2. 21 Peramalan Pola Trend	37
Gambar 3. 1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	49
Gambar 4. 1 Hierarchical Network Models	53
Gambar 4. 2 Model radius sellular network.....	54
Gambar 4. 3 Model Radius BWA Berbasis Hotspot	56
Gambar 4. 4 Ilustrasi Asymmetric power perangkat nirkabel	56
Gambar 4. 5 Ilustrasi Lokasi Hotspot	57
Gambar 4. 6 Peta Demografi pengguna internet indonesia (Sumber : APJII, 2016) ..	63
Gambar 4. 7 Peta Kawasan Industri Jawa Timur	63

Gambar 4. 8 Perbandingan Akses Rumah tangga terhadap TIK	66
Gambar 4. 9 Pendapatan yang mendukung kemampuan beli paket internet	66
Gambar 4. 10 Rata-Rata biaya Individu untuk pulsa komunikasi dan internet ...	67
Gambar 4. 11 Peramalan Linier	70
Gambar 4. 12 Peramalan Moving Average.....	70
Gambar 4. 13 Peramalan Smoothing Plot.....	71
Gambar 4. 14 Penentuan model runtun waktu (Kuncoro, 2011)	72
Gambar 4. 15 Proyeksi Pelanggan di 30 Titik Hotspot.....	73
Gambar 4. 16 Proyeksi Pelanggan di 3000 Titik Hotspot.....	74
Gambar 4. 17 Koneksi PtP dan PtMP (<i>Sumber : Ubiquiti Network</i>).....	79
Gambar 4. 18 Fresnel Zone (<i>Sumber : DigitalAir Wireless Networks</i>).....	79
Gambar 4. 19 Fading Margin. (<i>Sumber :</i>)	80
Gambar 4. 20 EIRP (<i>sumber : http://sciencepole.com</i>).....	81
Gambar 4. 21 Perhitungan Free Space Path Loss	84
Gambar 4. 22 Link Budget perangkat backhaul tier 3 (24Ghz).....	86
Gambar 4. 23 Test speed link the backhaul tier 3	87
Gambar 4. 24 Link Budget perangkat backhaul tier 3 (5Ghz).....	88
Gambar 4. 25 Test speed link the backhaul tier 3 (5Ghz).....	89
Gambar 4. 26 Link Budget perangkat backhaul tier 2 (5Ghz).....	90
Gambar 4. 27 Test speed link the backhaul tier 2	91
Gambar 4. 28 Kondisi frekuensi 24 Ghz.....	92
Gambar 4. 29 Kondisi frekuensi 5 Ghz.....	92
Gambar 4. 30 Perangkat Backhaul Tier 2	94
Gambar 4. 31 Diagram Pengujian Perangkat Backhaul 2.....	94
Gambar 4. 32 Ilustrasi pengujian	95
Gambar 4. 33 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 10-30 Mhz.....	96
Gambar 4. 34 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 30-50 Mhz.....	96
Gambar 4. 35 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 50-70 Mhz.....	96
Gambar 4. 36 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 70-90 Mhz.....	97
Gambar 4. 37 Mapping penempatan perangkat access network	98
Gambar 4. 38 penempatan perangkat access network	98

Gambar 4. 39 Hasil Pengujian Perangkat access network	99
Gambar 5. 1 Topologi Core Network	101
Gambar 5. 2 Ilustrasi CDN (Sumber : https://labs.ripe.net/)	104
Gambar 5. 3 Topologi Distribution Network.....	105
Gambar 5. 4 Ilustrasi latency vs performa (sumber : http://ubnt.com).....	106
Gambar 5. 5 Sistem MIMO Diagram (sumber : https://www.researchgate.net)	107
Gambar 5. 6 SISO vs MIMO capacity (sumber : https://www.researchgate.net).....	107
Gambar 5. 7 Ilustrasi Adaptive Modulation And Coding.....	109
Gambar 5. 8 Ilustrasi Koneksi Mesh pada Access network.....	110
Gambar 5. 9 Rekomendasi Arsitektur Titik Surabaya	111
Gambar 5. 10 Rekomendasi Arsitektur Titik Mojokerto	112
Gambar 5. 11 Rekomendasi Arsitektur Titik Pandaan.....	113
Gambar 5. 12 Rekomendasi Arsitektur Titik Malang	114
Gambar 6. 1 Diagram rural wireless broadband service	115

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel Clearance.....	1
Tabel 1. 2 Interpretasi SLA.....	3
Tabel 4. 1 Proyeksi Jumlah Penduduk Indonesia menurut provinsi	57
Tabel 4. 2 Jumlah desa menurut provensinya	60
Tabel 4. 3 Persentase Penduduk Buta huruf	61
Tabel 4. 4 Jumlah kecamatan berdasarkan Kota.....	64
Tabel 4. 5 Alasan penggunaan internet	65
Tabel 4. 6 Pelanggan dalam 10 desa percontohan (30 Titik Hotspot)	69
Tabel 4. 7 Peramalan Pelanggan dalam 10 desa percontohan (30 Titik Hotspot)	72
Tabel 4. 8 Proyeksi Pelanggan dalam 300 desa (940 titik hotspot) dalam 12 bulan....	74
Tabel 4. 9 Lokasi yang akan di jangkau.....	75
Tabel 4. 10 Proyeksi Demand Traffic	77
Tabel 4. 11 Proyeksi Demand Traffic VS Target Kapasitas Throughput	77
Tabel 4. 12 Detail Perangkat Backhaul Tier 3 yang akan di Uji.....	84
Tabel 4. 13 AF24 Receive Sensitivity.....	86
Tabel 4. 14 AF5 Receive Sensitivity	88
Tabel 4. 15 AF5X Receive Sensitivity.....	90
Tabel 4. 16 Daftar perangkat Tier 2	92

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi pembahasan fakta dan masalah yang melatar belakangi dilakukannya penelitian. Isi dari bab ini terdiri dari sub bab: latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 LATAR BELAKANG

Salah satu hal yang penting dalam komunikasi radio pada frekuensi tinggi adalah kondisi *Line Of Sight* (LOS) antara pemancar dan penerima. Ada dua jenis LOS, yaitu:

- *Optical Line of Sight*, kondisi dimana pemancar dapat melihat secara optik posisi penerima.
- *Radio Line of Sight*, kondisi dimana penerima bisa mendengarkan transmisi dari pemancar.

Untuk memperoleh LOS yang baik, minimal 60% dari Freshnel Zone yang pertama di tambah tiga (3) meter harus bebas dari berbagai hambatan / rintangan. Sebagai gambaran, *clearence* yang dibutuhkan untuk beberapa jarak antara pemancar dan penerima dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut.

Tabel 1. 1 Tabel Clearence

Jarak (km)	Clearence Minimal (m)
1	3.0
3	3.4
4	3.6
5	3.7
6	4.0
7	4.3

Tantangan penggunaan jaringan nirkabel dalam menyediakan akses internet kecepatan tinggi pada kondisi topografi pedesaan di Indonesia (memiliki kontur

pengunungan dengan kondisi cuaca ekstrem) adalah kondisi lintasan komunikasinya dalam kategori *near line of sight* (nLOS).

Salah satu teknologi nirkabel yang mampu menjawab tantangan tersebut adalah *Broadband Wireless Access* (BWA) dengan menggunakan Teknologi Komunikasi Data (*Radio frequency*) berspektrum bebas. Karena itu diperlukan perhitungan yang cukup rumit untuk memperkirakan redaman lintasan dari teknologi tersebut ketika diimplementasikan pada lingkungan pedesaan. Mekanisme perambatan gelombang elektromagnetik (Propagasi) secara umum sangat dipengaruhi oleh efek pantulan(reflection), difraksi, dan hamburan(scattering).

Model propagasi merupakan cara untuk memprediksi daya sinyal rata-rata. Alasan diperlukannya model propagasi yaitu (Brian, 2006) :

1. komunikasi bergerak dirancang agar dapat mengatasi multipath
2. gelombang radio dipengaruhi oleh scattering, difraksi dan attenuation
3. model propagasi dapat menghitung path loss antara pemancar dan penerima
4. diperlukan untuk menghitung power budgets dan sistem keseimbangan
5. model digunakan untuk optimisasi perencanaan jaringan sistem selular

Model propagasi sendiri dapat dibagi menjadi dua yaitu model teoritis dan model empiris. Dalam penelitian ini model yang digunakan adalah model empiris. Terdapat berbagai macam model propagasi empiris tetapi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah propagasi empiris yang bersifat deskriptif dan *exploratory* dengan model *coverage and capacity dimensioning*, metode tersebut bertujuan untuk mengukur performa maksimal dari teknologi nirkabel yang akan digunakan. Proses penelitiannya dilakukan dengan studi kasus sampel area (10 desa di Jawa Timur) untuk merepresentasikan karakteristik pedesaan di Indonesia, Sedangkan pendekatan analisisnya dilakukan dengan dua cara, yaitu simulasi pada kondisi nyata dilapangan dan simulasi laboratorium yang mereplikasi kondisi nyata dilapangan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana arsitektur jaringan *broadband wireless access* (BWA) berbasis hotspot dengan menggunakan teknologi komunikasi data (*Radio frequency*) berspektrum bebas yang sesuai untuk menyediakan akses internet berkecepatan tinggi dilingkungan pedesaan.

1.3 BATASAN MASALAH

Agar pembahasan dalam penelitian tugas akhir ini dan tidak terlalu melebar dan sesuai dengan tujuan penelitian yang hendak dilakukan, maka perlu dilakukannya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis studi kasus menggunakan metode sampel area yaitu 10 desa di Jawa timur untuk merepresentasikan karakteristik pedesaan di Indonesia.
2. Spektrum Bebas yang digunakan adalah pada frekuensi 2.4Ghz, 5.8Ghz, 24Ghz.
3. Pengujian kemampuan *Self-Defense* terhadap interferensi akan diuji dengan simulasi laboratorium yang mereplikasikan kondisi nyata dilapangan.
4. Pengujian untuk mengukur pencapaian maksimal kapasitas throughput pada jarak bentang tertentu akan diuji dengan simulasi nyata dilapangan;
5. Interpretasi SLA 95% dalam konteks uptime availability link dan stability koneksi tanpa dipengaruhi downtime yang disebabkan oleh *power outage*.

Tabel 1. 2 Interpretasi SLA

Availability %	Downtime per year	Downtime per month	Downtime per week	Downtime per day
99.95%	4.38 h	21.56 m	5.04 m	43.2 ss

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk merumuskan arsitektur jaringan *Broadband Wireless Access* (BWA) berbasis komunikasi data (*Radio frequency*) dengan menggunakan spektrum bebas yang sesuai untuk kebutuhan penyediaan akses

internet kecepatan tinggi pada area pedesaan dengan berprinsip pada performa optimal (*low latency connection and high network capacity*).

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat di jadikan sebagai media aplikatif ilmu yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan strata II dengan membuat laporan penelitian secara ilmiah dan sistematis.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun sistematika penulisan penelitian ini disajikan dengan penjelasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai kajian pustaka dan dasar teori berfungsi sebagai sumber dalam memahami permasalahan yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam proses penelitian ini.

BAB 4 PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai perencanaan dan pengujian pada arsitektur *Broadband Wireless Access (BWA)*

BAB 5 REKOMENDASI ARSITEKTUR

Pada bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam proses penelitian ini.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan rekomendasi arsitektur jaringan berdasarkan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

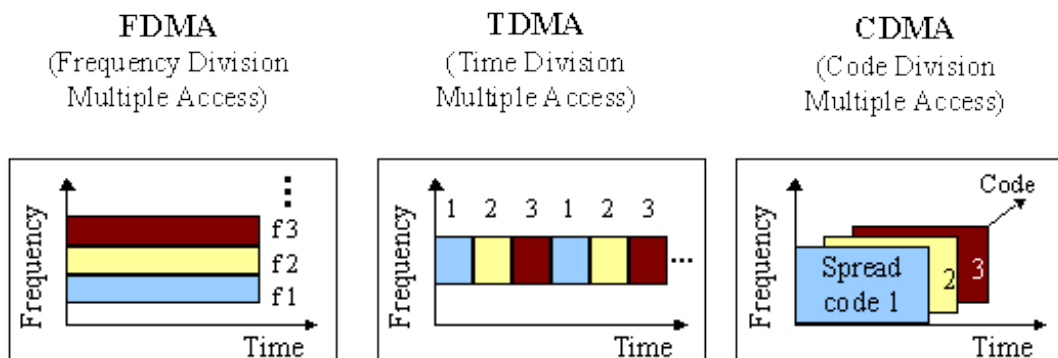
Pada bab ini menguraikan tentang kajian pustaka dan teori yang digunakan sebagai dasar dari penelitian serta penelitian lain yang terdahulu dalam konteks masalah yang searah beserta literatur-literatur yang terkait dengan penelitian ini.

2.1 DASAR TEORI

Teknologi Pita Lebar

2.1.1.1 Time Division Multiple Access (TDMA)

Frequency Division Multiple Access (FDMA) merupakan teknik multi akses dimana terdapat alokasi frekuensi yang spesifik. Pada FDMA frekuensi yang digunakan dapat dengan mudah didefinisikan, tetapi penggunaan frekuensi tersebut belum cukup optimal. Akibatnya muncul kembali teknologi baru yang berusaha untuk menutupi kekurangan tersebut yaitu Time Division Multiple Access (TDMA) untuk penggunaan frekuensi yang lebih besar. TDMA memanfaatkan frekuensi tertentu yang dibagi ke beberapa pengguna sekaligus seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Dengan demikian terjadi efisiensi penggunaan frekuensi yang ada. Proses pembagian kanal diantara para pengguna dilakukan dengan cara pembagian slot waktu kepada masing-masing pengguna. Metode ini sama dengan metode yang terdapat pada Time Division Multiplexing yang digunakan dalam jaringan kabel.



Gambar 2. 1 Tipe Komunikasi FDMA dan TDMA (Sumber : ITU)

2.1.1.2 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (multicarrier) yang saling tegak lurus (orthogonal). (Langston, Charan . 2002)

A. Prinsip Kerja

Prinsip kerja OFDM dapat dijelaskan sebagai berikut. Deretan data informasi yang akan dikirim dikonversikan kedalam bentuk parallel, sehingga bila bit rate semula adalah R , maka bit rate di tiap-tiap jalur parallel adalah R/M dimana M adalah jumlah jalur parallel (sama dengan jumlah sub-carrier). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap sub-carrier. Modulasi ini bisa berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM. Kemudian signal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT), untuk pembuatan simbol OFDM. Penggunaan IDFT ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus (orthogonal). Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi kedalam bentuk serial, dan kemudian signal dikirim. Signal carrier dari OFDM merupakan penjumlahan dari banyaknya sub-carriers yang orthogonal, dengan data baseband pada masing-masing sub-carriers dimodulasikan secara bebas menggunakan teknik modulasi QAM atau PSK. Signal yang terkirim tersebut, dalam persamaan matematik bisa diekspresikan sebagai berikut: Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal pada OFDM memungkinkan overlap antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Ortogonalitas juga memungkinkan efisiensi spektral yang tinggi, mendekati rasio Nyquist. OFDM secara umum mendekati spektrum "white", sehingga terdapat properti interferensi elektromagnetik terhadap pengguna co-channel yang lain. Satu prinsip kunci dari OFDM adalah dimana skema modulasinya dengan rasio symbol yang rendah sehingga hanya mendapat sedikit pengaruh intersymbol interference dari multipath fading. Oleh karena itu, maka dapat ditransmisikan sejumlah aliran low-rate dalam parallel, bukan aliran high-rate tunggal. Karena durasi dari tiap simbol panjang, maka memungkinkan untuk penyisipan guard interval di antara simbol-simbol OFDM, sehingga dapat menghilangkan intersymbol interference.

B. Properti OFDM

1) Performa Bit Error Rate

BER dari OFDM disini hanya dicontohkan pada lingkungan dengan fading. Kita tidak akan menggunakan OFDM sebagai straight line dari sight link seperti satellite link. Signal OFDM, dikarenakan variasi amplitudonya, tidak berlaku baik pada channel non-linier seperti yang dihasilkan high power amplifier pada board satelit. Penggunaan OFDM pada satelit akan membutuhkan backoff yang besar, sekitar 3 dB, sehingga harus ada alasan untuk pemaksaan penggunaannya seperti ketika signal digunakan untuk pengguna yang bergerak.

2) Rasio daya Peak to Average

Jika signal OFDM merupakan penjumlahan dari N signal dengan amplitudo maksimum masing-masing 1 V, maka kita bisa mendapatkan amplitudo maksimum dari N ketika semua N signal dijumlahkan pada keadaan maksimum. Untuk signal OFDM yang mempunyai 128 carrier, masing-masing dengan daya normalisasi 1 W, maka maksimum PAPR adalah mencapai $\log(128)$ atau 21 dB. RMS dari PAPR akan didapatkan sekitar setengah dari jumlah tersebut atau 10-12 dB.

3) Sinkronisasi

Sinkronisasi dibutuhkan pada OFDM. Sering pilot tones digunakan pada ruang sub-carrier. Tujuannya untuk mengunci fasa dan menyeimbangkan channel.

4) Coding

OFDM secara tidak tetap digunakan pada konjungsi dengan channel coding (forward error detection), dan hampir selalu menggunakan interleaving frekuensi dan/atau waktu. Tipe umum dari error correction coding yang digunakan pada sistem berbasis OFDM adalah convolutional coding, yang sering disambung dengan Reed-Solomon coding. Convolutional coding digunakan sebagai inner code dan Reed-Solomon coding digunakan untuk outer code. Alasan digunakannya kombinasi error correction coding ini adalah karena Viterbi decoder yang digunakan untuk convolutional decoding menghasilkan burst error singkat ketika terdapat konsentrasi eror yang tinggi, dan Reed-Solomon code sangat cocok untuk mengoreksi burst error.

Keunggulan Dan Kelemahan

1) Keunggulan

Untuk memperjelas perbedaan OFDM, baik dalam operasi dasarnya maupun dalam segi efisiensi spektrumnya, dengan sistem single carrier, dan juga dengan sistem multicarrier konvensional, bisa dilihat pada Gambar.3. Dari gambar tersebut bisa dilihat, bahwa OFDM adalah salah satu jenis dari multicarrier (FDM), tetapi memiliki efisiensi pemakaian frekuensi yang jauh lebih baik. Pada OFDM overlap antar frekuensi yang bersebelahan diperbolehkan, karena masing-masing sudah saling orthogonal, sedangkan pada sistem multicarrier konvensional untuk mencegah interferensi antar frekuensi yang bersebelahan perlu diselipkan frekuensi penghalang (guard band), dimana hal ini memiliki efek samping berupa menurunnya kecepatan transmisi bila dibandingkan dengan sistem single carrier dengan lebar spektrum yang sama. Sehingga salah satu karakteristik dari OFDM adalah tingginya tingkat efisiensi dalam pemakaian frekuensi. Selain itu pada multicarrier konvensional juga diperlukan band pass filter sebanyak frekuensi yang digunakan, sedangkan pada OFDM cukup menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) saja.

Karakter utama yang lain dari OFDM adalah kuat menghadapi frequency selective fading. Dengan menggunakan teknologi OFDM, meskipun jalur komunikasi yang digunakan memiliki karakteristik frequencyselective fading (dimana bandwidth dari channel lebih sempit daripada bandwidth dari transmisi sehingga mengakibatkan pelemahan daya terima secara tidak seragam pada beberapa frekuensi tertentu), tetapi tiap sub carrier dari sistem OFDM hanya mengalami flat fading (pelemahan daya terima secara seragam). Pelemahan yang disebabkan oleh flat fading ini lebih mudah dikendalikan, sehingga performansi dari sistem mudah untuk ditingkatkan. Teknologi OFDM bisa mengubah frequency selective fading menjadi flat fading, karena meskipun sistem secara keseluruhan memiliki kecepatan transmisi yang sangat tinggi sehingga mempunyai bandwidth yang lebar, karena transmisi menggunakan subcarrier (frekuensi pembawa) dengan

jumlah yang sangat banyak, sehingga kecepatan transmisi di tiap subcarrier sangat rendah dan bandwidth dari tiap subcarrier sangat sempit, lebih sempit daripada coherence bandwidth (lebar daripada bandwidth yang memiliki karakteristik yang relatif sama). Perubahan dari frequency selective fading menjadi flat fading bisa diilustrasikan seperti gambar berikut :

Keuntungan yang lainnya adalah, dengan rendahnya kecepatan transmisi di tiap subcarrier berarti periode simbolnya menjadi lebih panjang sehingga kesensitifan sistem terhadap delay spread (penyebaran signal-signal yang datang terlambat) menjadi relatif berkurang.

2) Kelemahan

Sebagai sebuah sistem buatan manusia, tentunya teknologi OFDM pun tak luput dari kekurangan-kekurangan. Diantaranya, yang sangat menonjol dan sudah lama menjadi topik penelitian adalah frequency offset dan nonlinear distortion (distorsi nonlinear).

a) Frequency Offset

Sistem ini sangat sensitif terhadap carrier frequency offset yang disebabkan oleh jitter pada gelombang pembawa (carrier wave) dan juga terhadap Efek Doppler yang disebabkan oleh pergerakan baik oleh stasiun pengirim maupun stasiun penerima.

b) Distorsi Non-linier

Teknologi OFDM adalah sebuah sistem modulasi yang menggunakan multi-frekuensi dan multi-amplitudo, sehingga sistem ini mudah terkontaminasi oleh distorsi nonlinear yang terjadi pada amplifier dari daya transmisi.

c) Sinkronisasi signal

Pada stasiun penerima, menentukan start point untuk memulai operasi FFT ketika signal OFDM tiba di stasiun penerima adalah hal yang relatif sulit. Atau dengan kata lain, sinkronisasi daripada signal OFDM adalah hal yang sulit.

d) OFDMA

Pada sekitar tahun 1994, ada beberapa paper yang mengusulkan kombinasi antara teknologi OFDM dengan teknologi CDMA (Code Division Multiple Access) yaitu menggunakan OFDM untuk modulasi tiap stasiun dan menggunakan CDMA untuk multiple access, disebut OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), yaitu penggabungan signal-signal dari beberapa stasiun pengirim pada sebuah jalur komunikasi yang harus digunakan secara bersama. Alasan utama banyaknya perhatian terhadap teknologi ini, karena kemampuannya untuk menggabungkan keistimewaan dari CDMA yang terkenal sangat tahan terhadap interferensi, dengan keistimewaan-keistimewaan dari OFDM seperti yang sudah disebutkan diatas. Metode OFDMA ini juga memungkinkan pemakaian CDMA untuk pengiriman data berkecepatan tinggi.

C. Aplikasi Ofdm Dalam Komunikasi Digital

1. ADSL

OFDM digunakan pada koneksi ADSL yang mengikuti standar G.DMT, dimana kabel tembaga yang sudah ada digunakan untuk penerimaan koneksi data kecepatan tinggi.

2. Teknologi Powerline

OFDM digunakan oleh perangkat powerline untuk memperluas koneksi Ethernet ke ruangan lain pada suatu residen melalui power wiring.

3. WLAN dan MAN

OFDM digunakan pada beberapa aplikasi WLAN dan MAN, mencakup IEEE 802.11a/g dan WiMAX.

4. Radio dan Televisi Digital

Banyak Negara-negara Eropa dan Asia yang mengadopsi OFDM untuk broadcast radio dan televisive digital terrestrial, seperti DVB-T, T-DMB, DAB, HD Radio, dll.

5. Ultra Wideband

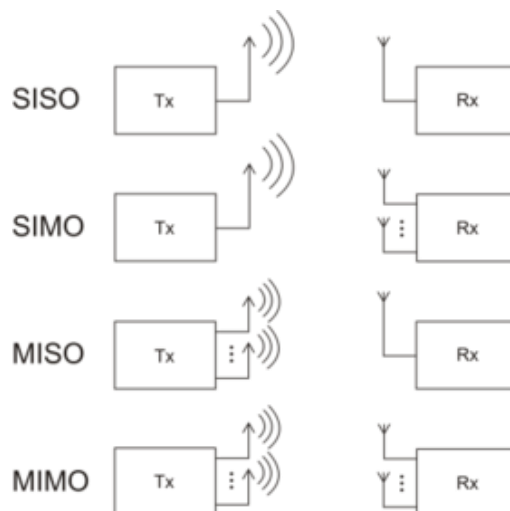
Teknologi UWB wireless personal area network juga memanfaatkan OFDM, seperti Multiband OFDM.

6. FLASH-OFDM

FLASH-OFDM adalah system berbasis OFDM dengan spesifikasi protocol layers yang lebih tinggi. FLASH-OFDM telah menghasilkan packet-switched cellular bearer, yang areanya akan bersaing dengan jaringan GSM dan 3G.

2.1.1.3 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

MIMO digunakan dalam teknologi komunikasi wireless karena mempunyai kemampuan signifikan dalam meningkatkan data *throughput* tanpa adanya tambahan bandwidth maupun transmit power (daya pemancar). Gambar 2.2 merupakan ilustrasi jenis skema input-output antenna pada komunikasi wireless:



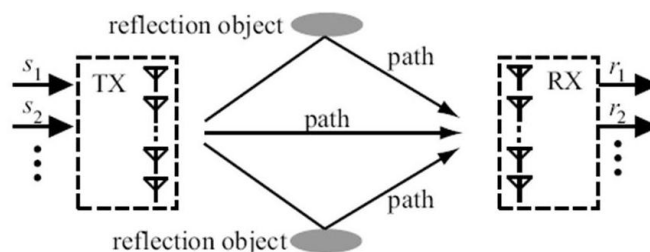
Gambar 2. 2 Skema Input Ouput Antena (Sumber : Ita Triana, 2012)

Teknologi MIMO menarik perhatian riset internasional karena secara signifikan mampu meningkatkan *throughput* data dan *range* (jangkauan) komunikasi tanpa bandwidth frekuensi dan daya pancar tambahan. Peningkatan itu dicapai dengan efisiensi spektral yang lebih tinggi (bits/detik/Hz) dan reliabilitas link dengan diversitas. Kenaikan diversitas tersebut mengurangi efek fading kanal.

Dengan menggunakan sistem MIMO, maka tidak hanya data yang dikirim dapat lebih banyak dan cepat bahkan jarak juga dapat diperluas. Karena signal yang

membawa data dengan MIMO tidak akan saling meniadakan, sebaliknya signal pantulan akan menguatkan signal utama. Dengan MIMO, kelemahan ini dijadikan alat untuk menduplikasikan bandwidth. Oleh sebab itu, bila Anda menggunakan jaringan nirkabel dengan standar 802.11g dengan kecepatan efektif 54 Mbps, maka dengan adanya tambahan router MIMO, kecepatannya dapat mencapai 108 Mbps. Mengirim maupun menerima signal dengan lebih dari satu antena saja bukanlah satu-satunya sistem yang dibutuhkan oleh MIMO. Untuk dapat menjalankan atau memiliki sebuah MIMO yang baik, maka sistem antena tersebut juga harus dilengkapi dengan *Digital Signal Processing* yang sangat mendukung untuk dapat mengontrol dan mengolah dengan baik beberapa signal yang akan keluar dan masuk. MIMO juga memiliki kelemahan, yaitu adanya waktu interval yang menyebabkan adanya sedikit *delay* pada antena akan mengirimkan signal, meskipun pengiriman signalnya sendiri lebih cepat. Waktu interval ini terjadi karena adanya proses di mana sistem harus membagi signal mengikuti jumlah antena yang dimiliki oleh perangkat MIMO yang jumlahnya lebih dari satu.

Teknologi MIMO mengandalkan signal-signal dari berbagai arah. Signal-signal dari berbagai arah ini adalah pantulan signal-signal yang sampai pada antena penerima beberapa saat setelah transmisi signal utama yang satu garis (*Line of sight*). Pada jaringan 802.11a/b/g yang bukan MIMO, signal-signal dari berbagai arah ini diterima sebagai interferensi yang hanya mengurangi kemampuan penerima untuk mengumpulkan informasi yang ada dalam signal. Namun, seperti yang terlihat pada gambar 2.3, dimana teknologi MIMO menggunakan signal dari berbagai arah ini untuk menaikkan kemampuan receiver untuk mengurai informasi yang dibawah oleh signal ini.



Gambar 2. 3 Sistem Kerja MIMO

Satu lagi kemampuan teknologi MIMO ini adalah *Spatial Division Multiplexing* (SDM). SDM melakukan *multiplexing* secara *spatial* beberapa *stream* data independen, secara simultan di transfer didalam satu *spectral channel bandwidth*. MIMO SDM dapat secara signifikan menaikkan aliran data seiring naiknya jumlah stream data yang berserakan bisa diurai. Setiap *stream* data berserakan ini memerlukan suatu antena yang berlainan pada kedua transmitter dan receiver. Sebagai tambahan, teknologi MIMO memerlukan suatu rantai frekuensi yang terpisah dan juga *converter analog to digital* untuk masing-masing antena MIMO yang dalam proses konversi ini memerlukan biaya implementasi yang lebih tinggi dibanding dengan sistem teknologi non-MIMO.

2.1.1.4 Teknik Duplexing

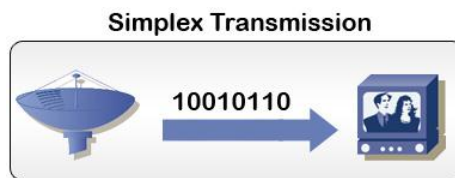
Duplex adalah media komunikasi dua arah. Dimana pihak pengirim dan penerima bisa berkomunikasi dua arah secara bersama-sama. Contoh media yang menggunakan mode ini adalah telepon baik selular maupun fixed telepon rumah. Kedua belah pihak bisa berbincang secara bersama-sama. Dalam komunikasi terjadi proses signal pesan analog atau aliran data digital digabungkan menjadi satu signal. Dalam multiplexing juga bisa untuk ADC (Analog To Digital Converter) (Learn networking , 2008).

- Tujuan Uytam multiplexing : irit dan menghemat biaya implementasi jaringan fisik.
- dalam komunikasi ,signal yang telah di multiplex disalurkan kesebuah saluran transmisi
- Multiplexing mebagi kapasitor saluran komnkasi tingkat tinggi-rendah menjadi beberapa saluran logic tingkat tinggi masing-masing satu untuk setiap signal pesan atau aliran data yang ingin disalurkan (ENCODING)sebuah proses kebalikannya,dikenal dengan demultiplexing,dapat mengubah data asli disisi penerima (DECODING)
- sebuah alat yang melakukan multiflexing disebut multiplekser(DEMUX)

Terdapat dua metode *duplexing*, yakni *Full-duplex* dan *Half-duplex*. Dalam sistem transmisi pada komunikasi radio dapat diklasifikasikan ke dalam tiga macam bentuk, yaitu **simplex, half duplex, dan full duplex**.

A. Metode simplex

Metode simplex seperti pada ilustrasi gambar 2.4 adalah komunikasi yang dilakukan hanya terbatas pada satu arah saja. Contoh dari metode simplex dalam sistem seluler adalah penggunaan sistem paging, dimana MSC akan mengirimkan suatu pesan kepada seluruh BTS yang ada didalam pengawasannya guna mencari posisi mobile station tertentu.

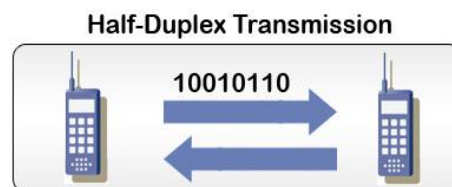


Gambar 2. 4 Simplex Tranmission

BTS yang tidak melayani mobile station yang dimaksud tidak akan memberikan suatu acknowledge kepada MSC, sehingga komunikasi semacam ini hanya bersifat satu arah saja.

B. Metode half duplex

Metode half duplex seperti pada ilustrasi gambar 2. 5 adalah metode yang mengijinkan suatu komunikasi dilakukan pada dua arah tetapi menggunakan channel radio yang sama baik untuk transmisi maupun untuk penerima, sehingga pada suatu waktu hanya satu pengguna saja yang dapat mengirimkan signal informasi.



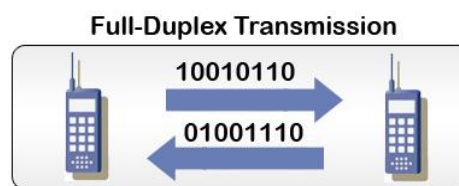
Gambar 2. 5 Half-Duplex Tranmission

Dalam komunikasi yang bersifat half duplex ada suatu pembatasan dalam melakukan komunikasi. Ketidakeleluasaan dalam komunikasi half duplex dapat

dilukiskan dalam kebiasaan seperti “push- to-talk” dan “release- tolisten” pada suatu komunikasi menggunakan handy talky.

C. Full duplex

Sedangan Full duplex seperti pada ilustrasi gambar 2.6 merupakan suatu komunikasi dua arah yang dapat dilakukan secara simultan.



Gambar 2. 6 Full-Duplex Transmission

Agar suatu komunikasi dua arah dapat berjalan secara simultan maka ada dua teknik yang biasa digunakan seperti pada ilustrasi gambar 2.7 yaitu half duplex dan full duplex.



Gambar 2. 7 Komunikasi Duplex

2.1.1.4.1 Frequency Division Duplex (FDD)

FDD mempunyai kemampuan untuk menyelenggarakan suatu komunikasi yang simultan antara mobile station dengan base station. Untuk keperluan ini maka FDD menyediakan dua band frekuensi sebagai channel yang terpisah untuk masing-masing pengguna. Satu band frekuensi digunakan untuk melayani trafik dari base station ke mobile station yang dikenal dengan sebutan forward band, satu band lagi digunakan unuk melayani trafik dari mobile station ke base station, yang biasa disebut dengan reverse band. Suatu base station menggunakan dua antenna yang terpisah, yaitu antenna untuk keperluan transmisi dan satu antenna lagi yang

digunakan untuk keperluan penerimaan signal. Penggunaan dua antenna yang terpisah pada base station diperlukan untuk mengakomodasi dua channel yang terpisah.

Sedangkan pada mobile station hanya menggunakan satu antenna yang difungsikan baik untuk keperluan transmisi ataupun untuk keperluan penerimaan signal. Karena hanya menggunakan sebuah antenna saja untuk handle dua kepentingan yang berbeda maka pada mobile station menggunakan suatu alat yang dinamakan duplexer. Duplexer ini diletakkan didalam mobile unit yang digunakan untuk mengaktifkan antenna yang sama agar dapat digunakan secara simultan untuk keperluan transmisi maupun penerimaan signal.

2.1.1.4.2 *Time Division Duplex (TDD)*

Dalam suatu komunikasi radio dimungkinkan penggunaan secara bersama suatu channel berdasarkan pembagian yang dilakukan pada domain waktu. Atas dasar pemikiran inilah yang membuat TDD dapat digunakan sebagai metode full duplex dalam menyelenggarakan suatu komunikasi dua arah yang bersifat simultan.

Masing-masing pengguna mempunyai dua channel yaitu forward dan reverse yang terbentuk dari alokasi slot-slot waktu, sehingga TDD mengijinkan dua channel tersebut terletak pada band frekuensi yang sama. Suatu slot waktu akan dipisahkan untuk digunakan sebagai channel forward dan channel reverse . Sehingga dengan demikian dua keperluan yang berbeda yaitu transmisi dan penerimaan signal dapat ditangani oleh dua channel. Sebenarnya TDD bukan merupakan full duplex secara penuh, lebih tepat jika dikatakan bahwa TDD merupakan semi full duplex. Hal ini dikarenakan bahwa TDD tidak dapat melayani komunikasi yang simultan pada saat waktu yang bersamaan.

Syarat agar metode duplex TDD dapat digunakan dalam suatu sistem komunikasi adalah bahwa laju data transmisi pada suatu channel harus lebih besar dari laju data dari pengguna. Sesuai dengan standar IMT-2000, maka UMTS menggunakan metode duplex baik FDD maupun TDD. Metode duplex FDD dan

TDD masing-masing mempunyai kelemahan dan kelebihan tersendiri apabila diaplikasikan dalam suatu area. UMTS akan mengambil keunggulan dari masing-masing metode duplex tersebut untuk diterapkan pada area pelayanannya yang sesuai sehingga dengan demikian efisiensi akan didapatkan.

Untuk memberikan pelayanan terhadap suatu area secara maksimal dan efisien maka area pelayanan dari UMTS terbagi atas sel-sel kecil dan sel-sel besar. Dimulai dari pikosel, mikrosel, makrosel hingga sel yang bersifat global yang pelayanannya menggunakan satelit. Penggunaan dua metode duplex tersebut didasarkan atas pembagian ruang lingkup pelayanan dari UMTS.

2.1.1.4.3 *Hybrid Division Duplexing (HDD)*

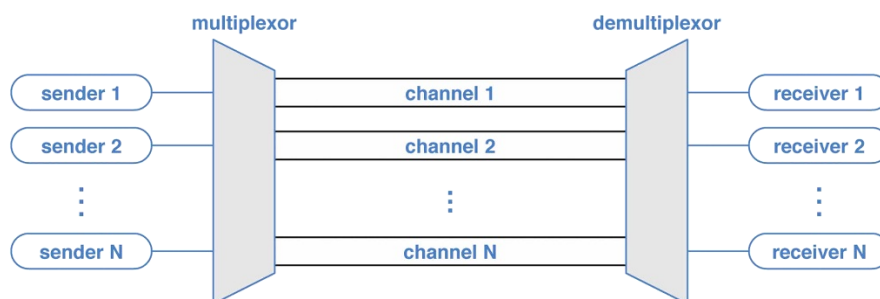
Dalam sistem HDD, FH-OFDMA diadopsi untuk operasi TDD, sedangkan FH-OFDMA diadopsi untuk FDD-DL dan CDMA untuk FDD-UL. Dari hasil simulasi, ditemukan bahwa sistem yang diusulkan dapat mencapai peningkatan sekitar 7% dalam hal throughput DL sel DL-dominan dan peningkatan sekitar 30% untuk UL throughput sel UL-dominan, dibandingkan dengan sistem TDD sistem yang menggunakan cell-independent UL/DL asymmetries antara sel-sel tetangga. Hal ini menunjukkan bahwa sistem HDD yang diusulkan secara efektif dapat mendukung asymmetric traffic service serta menekan TDD interference dalam lingkungan multicell

Hal ini menunjukkan bahwa sistem HDD yang diusulkan dari kemampuan sistem TDD konvensional dalam konteks probabilitas outage, kinerja throughput total, distribusi SNR, dan kehandalan CQI. Sehingga penggunaan teknologi ini dapat meningkatkan performa jaringan melalui pengiriman paket data dengan sinkronisasi yang akurat. (Sangboh Yun, Member, IEEE, Seung Young Park, Member, IEEE, Yeonwoo Lee, Daeyoung Park, Member, IEEE, Yungsoo Kim, Member, IEEE, Kiho Kim, Senior Member, IEEE, and Chung Gu Kang, Member, IEEE. 2007)

2.1.1.4.4 *Keuntungan menggunakan teknik Multiplexing*

Keuntungan menggunakan teknik Multiplexing yaitu biaya komunikasi semakin murah dan terjangkau, karena pada intinya :

1. Irit biaya implementasi jaringan fisik. Diperbaharui dan diperkompleks adalah ada sisi perangkat terminalnya saja, baik terminal receiver dan transmitter yang intinya lagi berfungsi sebagai *DECODER* dan *ENCODER* signal.
2. Perangkat terminal semakin portable dan irit tempat dan rak. Sehingga mengurangi biaya alokasi perangkat menghemat biaya implementasi fisik.
3. Predictable. Mudah di expand dan dikembangkan kearah yang lebih luas dalam jangka panjang, tanpa terlalu signifikan merubah-rubah lagi installatir dan topologi fisik jaringannya.
4. Ilustrasi pada gambar 2.8 merupakan gambaran perangkat terminal (*ENCODER* dan *DECODER*) signal yang semakin kompleks dan canggih, menggunakan processor dan chipset yang semakin cepat processingnya sehingga memungkinkan *MAPPING Time Slot* yang lebih kompleks lebih cepat timing miltitaskingnya.



Gambar 2. 8 Komunikasi Multiplexing

Broadband Wireless Access

Broadband Wireless Access atau akses pita lebar berbasis nirkabel merupakan teknologi akses yang dapat menawarkan akses data/internet berkecepatan tinggi dan berkemampuan menyediakan layanan kapanpun dan dimanapun dengan menggunakan media nirkabel.

2.1.1.5 Klasifikasi Broadband Wireless Access di Indonesia

Sesuai dengan Peraturan DITJEN POSTEL,DEPKOMINFO dalam dokumen White Paper Penataan Spektrum Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (*Broadband Wireless Access/BWA*) (Kominfo . ICT White Paper 2012), Klasifikasi Broadband Wireless Access di Indonesia adalah sebagai berikut :

2.1.1.5.1 Akses Pita Lebar berbasis Nirkabel atau Broadband Wireless Access (BWA) merupakan teknologi akses yang dapat menawarkan akses data/internet berkecepatan tinggi dan berkemampuan menyediakan layanan kapan dan dimanapun (anytime anywhere) dengan menggunakan media nirkabel.

2.1.1.5.2 Terdapat sejumlah layanan yang dapat disediakan oleh penyelenggaraan BWA antara lain akses internet pita lebar, VoIP/Teleponi, Multimedia, layanan on demand, yang dapat diakses melalui 1 (satu) perangkat saja secara bersamaan.

2.1.1.5.3 Terdapat 2 (dua) kategori layanan BWA, yaitu Fixed BWA dan Mobile BWA. Fixed BWA menawarkan layanan akses pelanggan tetap (sebagaimana yang telah diterapkan pada layanan-layanan BWA sebelumnya), sedang Mobile BWA dapat digunakan untuk akses pelanggan tetap dan bergerak.

2.1.1.5.4 Sejumlah kelompok industri berusaha mempromosikan standar teknologi yang dikembangkannya berusaha menjadi standar yang dapat diadopsi di seluruh dunia dengan frekuensi yang sama, sehingga perangkat dapat dibuat dalam volume sangat besar (mass market volume), dan harga akan dapat ditekan sedemikian rupa, sehingga pada akhirnya konsumen mendapatkan layanan yang murah, berkualitas dan dapat digunakan di mana saja.

2.1.1.5.5 Sejumlah standar teknologi yang sedang dikembangkan dan diperjuangkan untuk menjadi standar global untuk layanan BWA antara lain WCDMA (3GPP), CDMA1xEVDO (3GPP2), WiFi (802.11), WIMAX (802.16) dan MobileFi (802.20)

2.1.1.5.6 Beberapa pendekatan teknologi yang menunjukkan evolusi BWA adalah

- Teknologi berbasis sistem telekomunikasi bergerak selular :

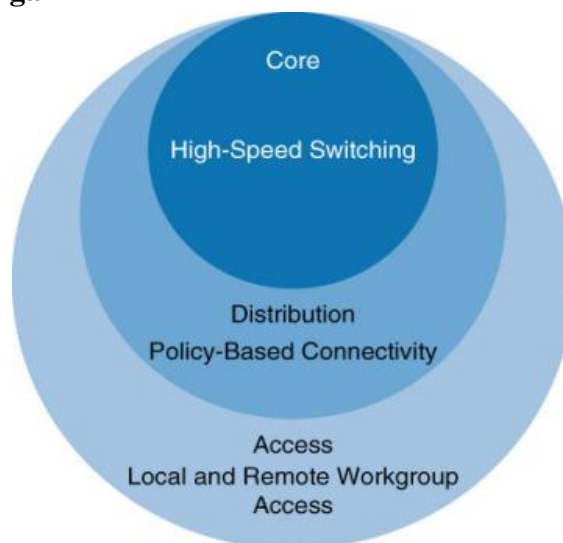
GSM --> GPRS --> EDGE --> WCDMA --> HSDPA --> HSUPA,....

CDMA --> CDMA2000-1x --> EVDO --> EVDV --> Rev.A

- Teknologi berbasis komunikasi data :
 - WiFi : 802.11a,b,c....n
 - WiMax : 802.16a,b,c,e
 - 802.20
- Teknologi pita lebar berbasis non terrestrial
 - VSAT, DVB RCS, HAPS (High Altitude Platform Services), dsb

Dari segi penyedia layanan, layanan BWA yang diselenggarakan oleh penyelenggara jaringan eksisting selular maupun PSTN (untuk layanan teleponi) akan berfungsi sebagai layanan komplementer bagi jasa-jasa yang telah dimiliki oleh penyelenggara teleponi tersebut. Sedangkan apabila diselenggarakan oleh penyelenggara lainnya, akan menjadi andalan utama untuk berkompetisi melalui penyediaan layanan multimedia, internet, termasuk VoIP

Permodelan Jaringan



Gambar 2. 9 Konsep Permodelan Jaringan hirarki (sumber: Cisco Inc.)

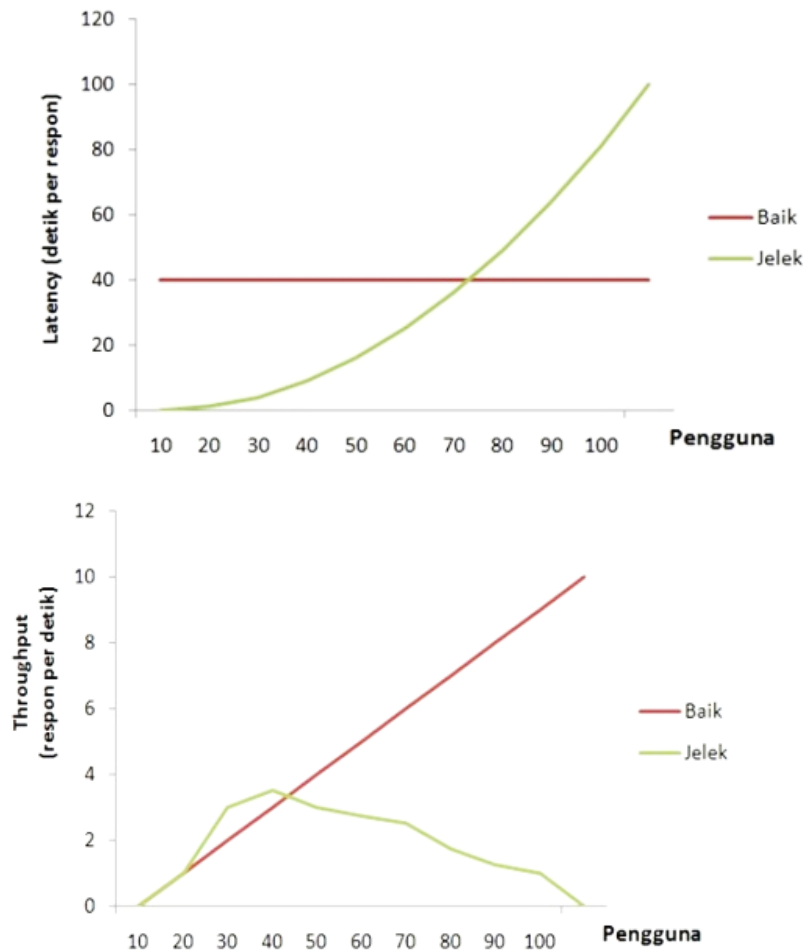
Dalam mendesain suatu topologi jaringan dibutuhkan pemodelan pemodelan untuk menentukan bentuk jaringan, konsep hirarki yang dimaksudkan adalah seperti yang terdapat pada gambar 2.9, dimana pembagian hirarkinya dibentuk dari 3 layer yaitu :

- **Core layer** disebut sebagai tulang punggung jaringan. Lapisan inti terdiri dari perangkat jaringan berkecepatan tinggi. Ini dirancang untuk beralih paket secepat mungkin dan interkoneksi beberapa komponen jaringan metronet, seperti modul distribusi, modul layanan, pusat data, dan WAN edge. Pertimbangan pada core layer meliputi :
 - Menyediakan kecepatan tinggi switching (yaitu, transportasi cepat);
 - Keandalan menyediakan dan toleransi kesalahan;
 - Scaling dengan menggunakan lebih cepat, dan tidak lebih, peralatan;
 - Menghindari CPU-intensif manipulasi paket yang disebabkan oleh keamanan, pemeriksaan, kualitas layanan (QoS) klasifikasi, atau proses lainnya.
- **Distribution layer** : Menyediakan konektivitas berbasis kebijakan dan mengontrol batas antara access dan core layers, distribution layer adalah batas antara Layer 2 domain dan Layer 3 dialihkan jaringan. Distribution layer dapat memberikan :
 - Agregasi dari LAN atau WAN link.
 - Keamanan berbasis kebijakan-dalam bentuk daftar kontrol akses (ACL) dan penyaringan.
 - Layanan routing antara LAN dan VLAN dan antara routing domain (misalnya, EIGRP, MPLS untuk OSPF).
 - Redundansi dan load balancing.
 - Sebuah batas untuk rute agregasi dan *summarization* dikonfigurasi pada interface menuju core layer.
 - *Broadcast domain control*, karena router atau switch multilayer melakukan siaran tidak maju. perangkat bertindak sebagai titik demarkasi antara *domain broadcast*.
- **Access layer** : Menyediakan akses workgroup / pengguna ke jaringan. Access layer menyajikan sejumlah fungsi, termasuk :
 - Layer 2 switching

- Port keamanan
- Klasifikasi QoS dan menandai dan batas-batas kepercayaan
- Address Resolution Protocol (ARP) inspeksi
- Spanning tree
- Power over Ethernet (PoE) dan VLAN tambahan untuk VoIP

Konsep tersebut dimaksudkan agar jaringan yang tersebut dapat dikelola dengan mudah dikembangkan (scalable) dan diatur sesuai dengan kebutuhan (Flexibility Structure) sesuai dengan pertimbangan

- Penghematan biaya (efisiensi)
- Jaringan bersifat modular (terstruktur sistematis) Arsitektur jaringan yang bersifat *flat* dan besar, jika terjadi perubahan cenderung mempengaruhi sejumlah besar sistem.
- Isolasi apabila terjadi kegagalan (Optimasi Respon down time)
- Meningkatkan Skalabilitas, yang berarti kemampuan sistem untuk menangani pertumbuhan jumlah data dan *concurrency* tanpa memberikan dampak pada kinerja. Ada dua istilah skalabilitas, yaitu skalabilitas dalam perspektif latency dan skalabilitas dalam perspektif throughput. Stabilitas dalam perspektif latency mendefinisikan bahwa idealnya jika penambahan pengguna yang signifikan, jaringan tersebut memberikan latency yang relatif konstan. Sedangkan perspektif throughput mendefinisikan bahwa idealnya jika penambahan pengguna yang signifikan, jaringan dapat meningkatkan kemampuan menangani jumlah request per detik secara linier. Perspektif tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2. 10 Skalabilitas dalam persepectif latency dan throughput

2.1.1.6 Core Network (Backbone Link)

Link internet berkecepatan tinggi yang menghubungkan link-link berkapasitas lebih kecil. Umumnya backbone Internet menghubungkan semua tempat/daerah di satu negara, antar negara, atau antar benua. Backbone terdiri dari dua bagian, yaitu distributed backbone dan collapsed backbone.

Backbone Network

adalah mekanisme sambungan primer suatu jaringan terdistribusi yang berstruktur hierarkis. Semua sistem yang memiliki sambungan ke sebuah sistem lanjutan pada jaringan backbone, akan juga memiliki sambungan ke jaringan lainnya.

Backbone Router

Sistem berkapasitas tinggi yang mengarahkan dan meneruskan arus informasi melintasi backbone jaringan pada saluran *leased line*. Dalam Skema jaringan ini Backbone link di bentuk dengan teknologi Fiber Optik, *Fiber optik* adalah media transmisi yang terbuat dari serat kaca dan plastik yang menggunakan bias cahaya dalam mentransmisikan data. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena mempunyai spectrum yang sangat sempit. Media transmisi *fiber optik* sudah menggantikan eranya media *copper* (tembaga) dengan alasan bahwa *fiber optik* memiliki kelebihan, yaitu : informasi ditransmisikan dengan kapasitas (*bandwidth*) yang tinggi, karena murni terbuat dari kaca dan plastik maka *signal* tidak terpengaruh pada gelombang elektromagnetik dan frekwensi radio. Sementara media tembaga dapat dipengaruhi oleh interferensi gelombang elektromagnetik dan media *wireless* dipengaruhi oleh frekwensi radio. Dengan kelebihan yang dimiliki ini maka *fiber optik* sudah banyak digunakan sebagai tulang punggung (*backbone*) jaringan telekomunikasi.

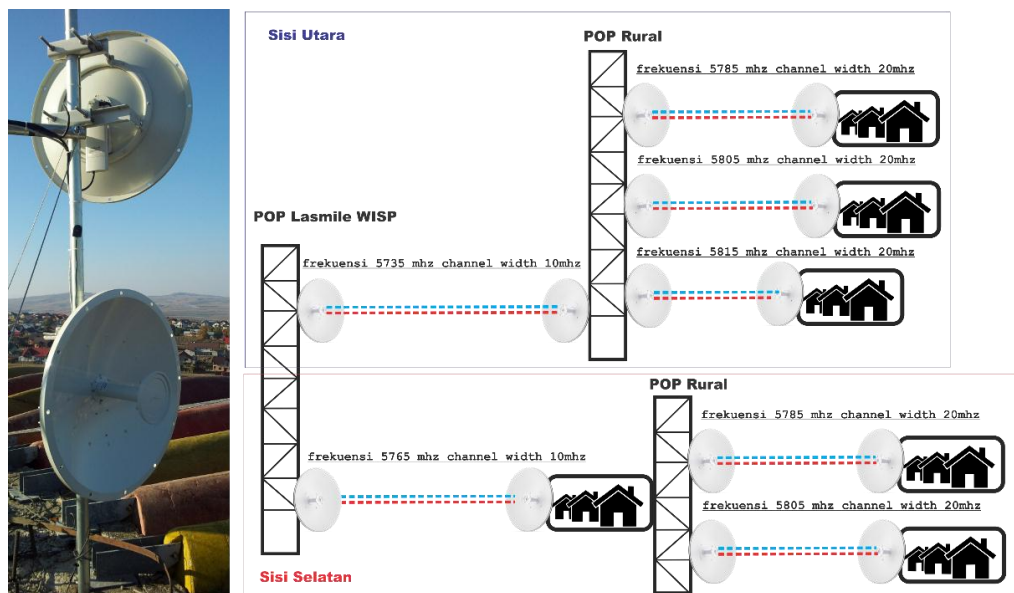
Dari segi penggunaan *fiber optik* dibagi dalam dua jenis, yaitu *single mode* dan *multi mode*. Perbedaan *single mode* dan *multi mode* adalah bahwa *single mode* memiliki ukuran core yang kecil, sumber sinar laser, unlimited bandwidth, dan jarak yang jauh (> 60 km) sedangkan *multi mode* memiliki ukuran core yang lebih besar, sumber sinar laser atau *Light Emitting Diodes (LED)*, bandwidth terbatas, jarak sekitar (300 – 500 m). Struktur dasar fiber optik terdiri dari tiga bagian yaitu *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *buffer* (pelindung) atau *coating* (mantel). *Core* dan *cladding* terbuat dari kaca sedangkan *buffer* atau *coating* terbuat dari plastik biar *fleksibel*.

2.1.1.7 Distribution Network (Backhaul Link)

Penyediaan backhaul link difungsikan sebagai distribusi yang menghubungkan antara base transceiver stations (BTS), Secara konvensional perangkat pada POP merupakan batas jaringan akses dengan jaringan core. Tetapi batas ini menjadi tidak jelas dengan berkembangnya teknologi seperti I-HSPA, LTE dan WiMAX yang mengenal arsitektur flat, dimana titik sel terhubung langsung dengan jaringan core. Elemen-elemen yang menangani user plane dilakukan di titik

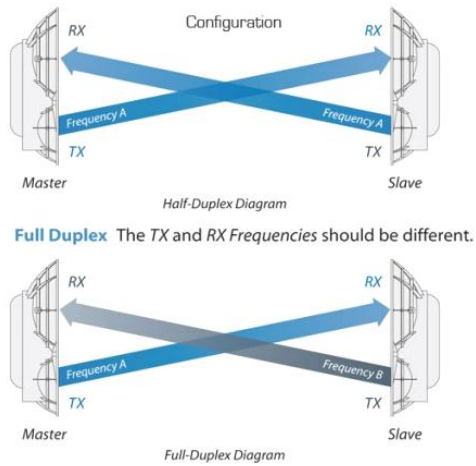
sel, namun jaringan akses tetap saja tersebar luas mengikuti lokasi pelanggan berada.

Sesuai dengan pandangan diatas bahwa media *wireless* menjadi prioritas utama sebagai perangkat distribusi, media *wireless* namun sangat dipengaruhi oleh frekwensi radio, maka target utama adalah memanfaatkan frekwensi radio secara optimal dapat dilakukan dengan beberapa solusi yang dapat dilakukan untuk menjembatani masalah tersebut, antra lain adalah menggunakan frekuensi secara bertingkat artinya pemberian batasan jumlah link disetiap BTS untuk menghindari *Self Interferens*. Seperti ilustrasi pada gambar 2.12



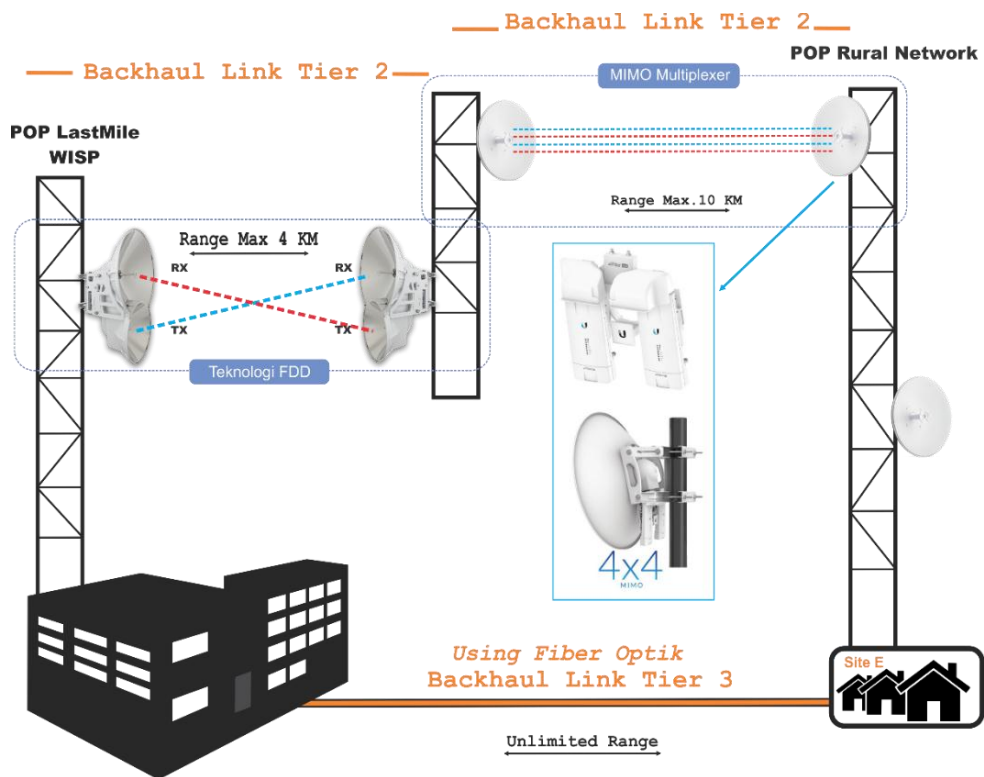
Gambar 2. 11 Topologi Pembatasan Channel Frekuensi

Selain solusi tersebut, evolusi dari teknologi wireless pun cukup signifikan untuk optimalisasi, seperti cara pengantaran data (HDD), modulasi (QAMTechnology) dan polarisasi antena yang di gunakan.



Gambar 2. 12 Komunikasi Full Duplex (sumber : Ubiquiti Network)

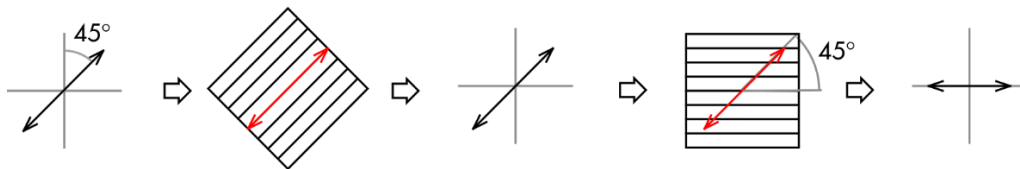
Sedangkan untuk pemanfaatannya, teknologi wireless dapat dikolaborasikan dengan fiber optik, namun akan dibedakan secara fungsi, yaitu Fiber optik sebagai *Primary Link* sedang kan untuk Wireless Sebagai *Back Up Link* (*redundant internet connection*). Topologi ini biasanya khusus pada *link backhaul* awal (Metronet) seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



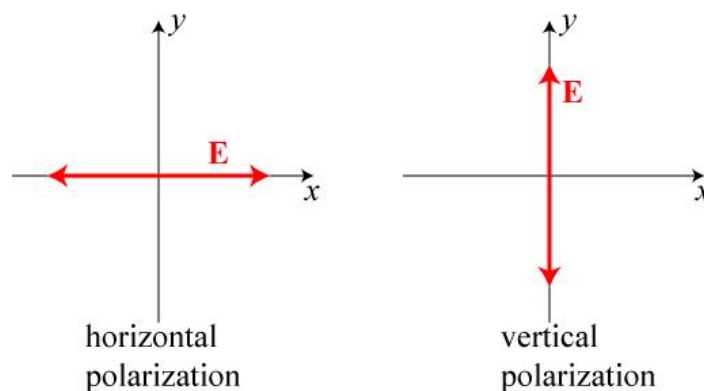
Gambar 2. 13 Backhaul Link dengan Konsep Redundant

Untuk meningkatkan *link availability* pada jaringan nirkabel berbasis pita lebar, direkomendasikan pada link metronet menggunakan frekuensi berlisensi, karena link ini sangat vital sekali, sekali putus, bisa banyak sekali pelanggan yang tidak bisa melakukan komunikasi. Namun jika menggunakan frekuensi bebas maka upaya pencegahan lebih kuat terhadap interferensi dapat dilakukan dengan penyesuaian polarisasi antenna sesuai dengan kondisi dilapangan.

Polarisasi antenna adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda. Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu. Perbedaan penggunaan polarisasi dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.14



Gambar 2. 14 Ilustrasi polarisasi diagonal



Gambar 2. 15 Ilustrasi polarisasi horizontal dan vertical

2.1.1.8 Access Network

Pada level ini merupakan titik penempatan perangkat *Customer premises equipment* (CPE) yang berfungsi menghubungkan perangkat pengguna dalam mengakses internet, karena perangkat yang digunakan oleh pengguna adalah smartphone dan laptop maka perangkat CPE yang di gunakan adalah perangkat nirkabel menggunakan protokol standart wifi (IEEE 802.11),atau lebih umum di sebut sebai Access Point (AP).

Protokol standart wifi (IEEE 802.11) memiliki cakupan yang cukup luas, dan jika menggunakan AP dengan keseluruhan protokol tersebut, ini akan berdpapat tingginya biaya Capex pada level ini. Dan juga dikalangan masayrakat pedesaan smartphone dan laptop yang di miliki pun belum pada level high end,sehingga penyesuaian bisa dioptimalisasikan dengan hanya mensupport Beberapa protol saja seperti 802.11 g / n pada frekuensi 2.4GHz. Sedangkan pada sisi hardwarenya, di pilih AP yang telah terintegrasi N antena sebesar 11 dbi dengan dukungan komunikasi menggunakan SISO dan/atau 2X Multiple In Multiple Out (MIMO) .



Gambar 2. 16 Ilustrasi Penempatan Access Point (sumber : Ubiquiti Network)

Pada gambar 2.16, menunjukkan contoh penempatan akses point dengan orientasi untuk mengoptimalkan Signal, penempatan akses point diusahakan semaksimal mungkin terbebas dari penghalang. Alasan utamanya karena signal yang dalam propagasinya melewati penghalang, maka akan mengurangi kekuatan sinyal dan konektivitas dari sinyal nirkabel tersebut.

Kebijakan Broadband Wireless Access di Indonesia (REZA MANDALA PUTRA. 2014)

Berbicara masalah regulasi atau kebijakan pemerintah, yang menarik adalah konteks kata “regulasi” ternyata berbeda antara indonesia dan luar negeri. di indonesia, regulasi ini lebih bermakna pembatasan (tidak boleh ini dan itu, yang boleh hanya ini/perusahaan ini). sedangkan di luar negeri, regulasi lebih ke arah mewajibkan penyedia jasa untuk memberikan ataupun menyediakan suatu layanan kepada masyarakat sehingga tentunya regulasi lebih berpihak kepada masyarakat. namun dalam konteks apapun, masyarakat akan tetap menerima pembatasan ini jika dilakukan untuk kebaikan masyarakat itu sendiri.

Terkait dengan pengembangan teknologi pita lebar ini, akhir tahun 2006 lalu pemerintah melalui dirjen pos dan telekomunikasi departemen komunikasi dan informasi telah menerbitkan white paper penataan spektrum frekuensi radio layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (broadband wireless access/bwa yang merupakan konsep regulasi / kebijakan pemerintah dalam penataan spektrum frekuensi radio layanan akses pita lebar berbasis nirkabel (broadband wireless access/bwa). konsep ini disusun berdasarkan sejumlah masukan pada konsultasi publik penataan frekuensi broadband wireless access yang diadakan pada bulan april 2006, maupun sejumlah masukan dari berbagai pihak, serta referensi-referensi pada beberapa forum internasional seperti apt (asia pacific telecommunity) wireless forum, itu study group, dan sebagainya. Tujuan dari kebijakan pemerintah dalam penataan spektrum frekuensi radio layanan akses pita lebar berbasis nirkabel ini antara lain adalah :

- Menata penggunaan spektrum frekuensi radio menjadi lebih efisien dan optimal.
- Menambah alternatif dalam upaya mengejar ketertinggalan teledensitas ict dan penyebaran layanan secara merata ke seluruh wilayah indonesia dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama.
- Mendorong ketersediaan tarif akses internet yang terjangkau (murah) di indonesia.

- Mendorong tumbuhnya peluang usaha bagi masyarakat dan potensi lapangan kerja diberbagai unit usaha (multiple effect).
- Membuka peluang bangkitnya industri manufaktur, aplikasi dan konten dalam negeri.
- Menciptakan kompetisi pelayanan telekomunikasi yang dapat mendorong penyelenggaraan telekomunikasi secara lebih efisien.

Adopsi Inovasi

Teknologi informasi dapat dilihat sebagai sebuah inovasi yang proses difusinya melibatkan dua sisi: sisi penawaran (*supply side*) dan sisi permintaan (*demand side*) (Tornatzky dan Fleischer, 1990). Sisi penawaran terkait dengan pembuatan, produksi, dan difusi inovasi, sedang sisi permintaan berfokus pada adopsi dan aplikasi inovasi. Difusi dan adopsi adalah merupakan penengah kedua sisi ini. Difusi biasanya terjadi pada tingkat yang lebih tinggi atau luas, seperti pada sebuah masyarakat, sedangkan adopsi secara umum terjadi pada unit yang lebih kecil, seperti perusahaan dan individu. Rogers (1995) mendefinisikan difusi sebagai *“the process by which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system”* (Rogers, 1995, h. 5). Menurut Rogers (1995) kecepatan difusi sebuah inovasi dipengaruhi oleh empat elemen, yaitu (1) karakteristik inovasi; (2) kanal komunikasi yang digunakan untuk mengkomunikasi manfaat inovasi; (3) waktu sejak inovasi diperkenalkan; dan (4) sistem sosial tempat inovasi berdifusi.

Semakin besar dan rumit inovasi, semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam difusi. Sebagai contoh, difusi Internet pada sebuah masyarakat membutuhkan waktu yang lebih lama daripada difusi botol susu bayi yang jauh lebih sederhana daripada Internet. Dalam hal ini, Rogers, berdasar hasil meta analisis terhadap ribuan penelitian tentang adopsi inovasi menyimpulkan terdapat lima karakteristik umum inovasi yang mempengaruhi kecepatan difusi, yaitu *relative advantage, compatibility, complexity, observability, dan trialability*

Pertama, *relative advantage* menunjukkan sejauh mana inovasi lebih dari inovasi sebelumnya. Manfaat ini dapat diukur, baik dengan ukuran ekonomi,

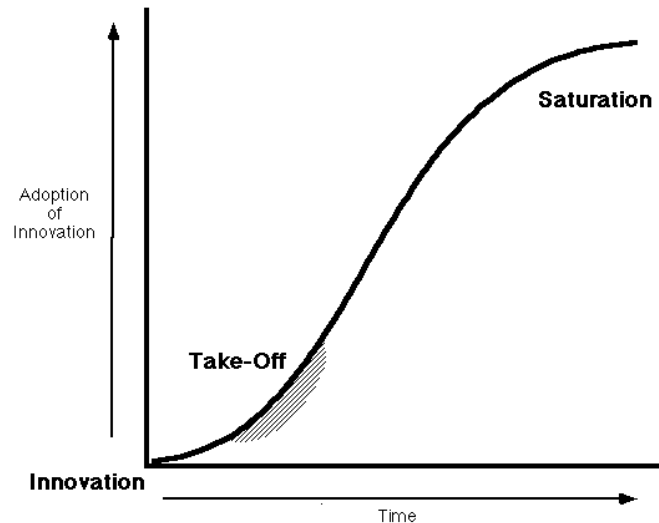
prestise, kenyamanan, maupun kepuasan. Karakteristik inovasi yang kedua adalah compatibility yang merujuk kepada kesesuaian inovasi terhadap nilai-nilai yang sudah ada, pengalaman masa lalu, dan kebutuhan. Kesesuaian inovasi dengan ide-ide sebelumnya akan mempercepat adopsi, dan sebaliknya pengalaman buruk atas sebuah inovasi akan menghambat adopsi.

Complexity adalah karakteristik yang ketiga mengukur tingkat kesulitan atau kemudian sebuah inovasi untuk dipelajari dan digunakan. Semakin mudah sebuah inovasi digunakan, semakin cepat kecepatan adopsinya. Karakteristik yang keempat adalah observability yang mengukur seberapa jelas penampakan inovasi. Jika sebuah hasil sebuah inovasi mudah dilihat dan dikomunikasikan maka difusinya akan semakin cepat. Jika sebuah inovasi bisa dicoba sebelum adopsi, maka akan mempercepat difusinya. Hal ini merupakan karakteristik inovasi yang kelima, trialability.

Terkait dengan kanal komunikasi, semakin besar jangkauan kanal komunikasi yang digunakan untuk mengkomunikasikan inovasi, semakin cepat inovasi yang terjadi. Kanal komunikasi media massa efektif untuk menginformasikan sebuah inovasi ke calon pengguna, sedang komunikasi interpersonal efektif untuk mempengaruhi individu untuk menerima sebuah inovasi.

Pada gambar 2.17, menggambarkan pola yang Rogers kemukakan tentang kecenderungan orang melakukan adopsi teknologi. Dimana Rogers membedakan orang yang mengadopsi inovasi berdasar waktu menjadi *innovator*, *early adopters*, *early majority*, *late majority*, dan *laggard*. Jumlah kumulatif orang yang mengadopsi inovasi secara ideal akan mendekati kurva S, yang bermula pada nilai yang rendah, kemudian naik dengan cepat dan akhirnya mencapai kondisi yang stagnan atau hanya bertambah sedikit.

The Innovation Adoption Curve



Gambar 2. 17 Diffusion process

Teknik Penelitian Studi Kasus

2.1.1.9 Pengertian Studi Kasus

Menurut Bogdan dan Bikien (1982) studi kasus merupakan pengujian secara rinci terhadap satu latar atau satu orang subjek atau satu tempat penyimpanan dokumen atau satu peristiwa tertentu. Surachnad (1982) membatasi pendekatan studi kasus sebagai suatu pendekatan dengan memusatkan perhatian pada suatu kasus secara intensif dan rinci. Sementara Yin (1987) memberikan batasan yang lebih bersifat teknis dengan penekanan pada ciri-cirinya. Ary, Jacobs, dan Razavieh (1985) menjelaskan bahwa dalam studi kasus hendaknya peneliti berusaha menguji unit atau individu secara mendalam. Para peneliti berusaha menernukan sernua variabel yang penting.

Berdasarkan batasan tersebut dapat dipahami bahwa batasan studi kasus meliputi: (1) sasaran penelitiannya dapat berupa manusia, peristiwa, latar, dan dokumen; (2) sasaran-sasaran tersebut ditelaah secara mendalam sebagai suatu totalitas sesuai dengan latar atau konteksnya masing-masing dengan maksud untuk memahami berbagai kaitan yang ada di antara variabel-variabelnya.

2.1.1.10 Jenis-jenis Studi Kasus

1. **Studi kasus kesejarahan mengenai organisasi**, dipusatkan pada perhatian organisasi tertentu dan dalam kurun waktu tertentu, dengan menelusuri perkembangan organisasinya. Studi ini sering kurang memungkinkan untuk diselenggarakan, karena sumbernya kurang mencukupi untuk dikerjakan secara minimal.
2. **Studi kasus observasi**, mengutamakan teknik pengumpulan datanya melalui observasi peran-senta atau pelibatan (participant observation), sedangkan fokus studinya pada suatu organisasi tertentu.. Bagian-bagian organisasi yang menjadi fokus studinya antara lain: (a) suatu tempat tertentu di dalam sekolah; (b) satu kelompok siswa; (c) kegiatan sekolah.
3. **Studi kasus sejarah hidup**, yang mencoba mewawancarai satu orang dengan maksud mengumpulkan narasi orang pertama dengan kepemilikan sejarah yang khas. Wawancara sejarah hidup biasanya mengungkap konsep karier, pengabdian hidup seseorang, dan lahir hingga sekarang. masa remaja, sekolah. topik persahabatan dan topik tertentu lainnya.
4. **Studi kasus kemasyarakatan**, merupakan studi tentang kasus kemasyarakatan (community study) yang dipusatkan pada suatu lingkungan tetangga atau masyarakat sekitar (komunitas), bukannya pada satu organisasi tertentu bagaimana studi kasus organisasi dan studi kasus observasi.
5. **Studi kasus analisis situasi**, jenis studi kasus ini mencoba menganalisis situasi terhadap peristiwa atau kejadian tertentu. Misalnya terjadinya pengeluran siswa pada sekolah tertentu, maka haruslah dipelajari dari sudut pandang semua pihak yang terkait, mulai dari siswa itu sendiri, teman-temannya, orang tuanya, kepala sekolah, guru dan mungkin tokoh kunci lainnya.
6. **Mikroethnografi**, merupakan jenis studi kasus yang dilakukan pada unit organisasi yang sangat kecil, seperti suatu bagian sebuah ruang kelas atau suatu kegiatan organisasi yang sangat spesifik pada anak-anak yang sedang belajar menggambar.

2.1.1.11 Langkah-Langkah Penelitian Studi Kasus

1. **Pemilihan kasus** : dalam pemilihan kasus hendaknya dilakukan secara bertujuan (*purposive*) dan bukan secara rambang. Kasus dapat dipilih oleh peneliti dengan menjadikan objek orang, lingkungan, program, proses, dan masyarakat atau unit sosial. Ukuran dan kompleksitas objek studi kasus haruslah masuk akal, sehingga dapat diselesaikan dengan batas waktu dan sumber-sumber yang tersedia;
2. **Pengumpulan data** : terdapat beberapa teknik dalam pengumpulan data, tetapi yang lebih dipakai dalam penelitian kasus adalah observasi, wawancara, dan analisis dokumentasi. Peneliti sebagai instrumen penelitian, dapat menyesuaikan cara pengumpulan data dengan masalah dan lingkungan penelitian, serta dapat mengumpulkan data yang berbeda secara serentak;
3. **Analisis data** : setelah data terkumpul peneliti dapat mulai mengagregasi, mengorganisasi, dan mengklasifikasi data menjadi unit-unit yang dapat dikelola. Agregasi merupakan proses mengabstraksi hal-hal khusus menjadi hal-hal umum guna menemukan pola umum data. Data dapat diorganisasi secara kronologis, kategori atau dimasukkan ke dalam tipologi. Analisis data dilakukan sejak peneliti di lapangan, sewaktu pengumpulan data dan setelah semua data terkumpul atau setelah selesai dan lapangan;
4. **Perbaikan (refinement)** : meskipun semua data telah terkumpul, dalam pendekatan studi kasus hendaknya dilakukan penempurnaan atau penguatan (*reinforcement*) data baru terhadap kategori yang telah ditemukan. Pengumpulan data baru mengharuskan peneliti untuk kembali ke lapangan dan barangkali harus membuat kategori baru, data baru tidak bisa dikelompokkan ke dalam kategori yang sudah ada;
5. **Penulisan laporan** : laporan hendaknya ditulis secara komunikatif, mudah dibaca, dan mendeskripsikan suatu gejala atau kesatuan sosial secara jelas, sehingga memudahkan pembaca untuk memahami seluruh informasi penting. Laporan diharapkan dapat membawa pembaca ke dalam situasi kasus kehilangan seseorang atau kelompok.

Forecasting (Peramalan)

Peramalan merupakan aktivitas fungsi bisnis yang memperkirakan penjualan dan penggunaan produk sehingga produk-produk itu dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat. Peramalan merupakan dugaan terhadap permintaan yang akan datang berdasarkan pada beberapa variabel peramal, sering berdasarkan data deret waktu historis. Peramalan menggunakan teknik-teknik peramalan yang bersifat formal maupun informal (Gaspersz, 1998).

Kegiatan peramalan merupakan bagian integral dari pengambilan keputusan manajemen. Peramalan mengurangi ketergantungan pada hal-hal yang belum pasti (intuitif). Peramalan memiliki sifat saling ketergantungan antar divisi atau bagian. Kesalahan dalam proyeksi penjualan akan mempengaruhi pada ramalan anggaran, pengeluaran operasi, arus kas, persediaan, dan sebagainya. Dua hal pokok yang harus diperhatikan dalam proses peramalan yang akurat dan bermanfaat (Makridakis, 1999):

1. Pengumpulan data yang relevan berupa informasi yang dapat menghasilkan peramalan yang akurat.
2. Pemilihan teknik peramalan yang tepat yang akan memanfaatkan informasi data yang diperoleh semaksimal mungkin.

Terdapat dua pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu dengan pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif digunakan ketika data historis tidak tersedia. Metode peramalan kualitatif adalah metode subyektif (intuitif). Metode ini didasarkan pada informasi kualitatif. Dasar informasi ini dapat memprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang. Keakuratan dari metode ini sangat subjektif (Materi Statistika, UGM).

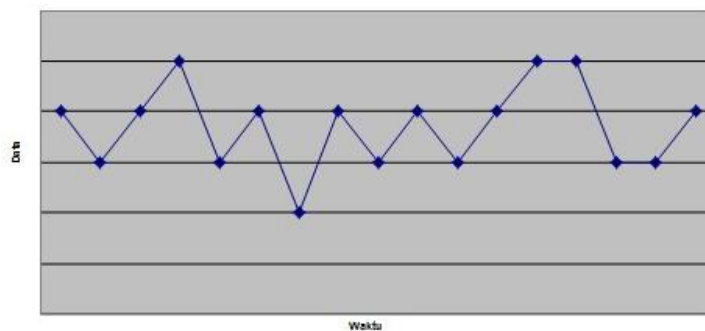
Metode peramalan kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe, *causal* dan *time series*. Metode peramalan *causal* meliputi faktor-faktor yang berhubungan dengan variabel yang diprediksi seperti analisis regresi. Peramalan *time series* merupakan metode kuantitatif untuk menganalisis data masa lampau yang telah dikumpulkan

secara teratur menggunakan teknik yang tepat. Hasilnya dapat dijadikan acuan untuk peramalan nilai di masa yang akan datang (Makridakis, 1999).

Model deret berkala dapat digunakan dengan mudah untuk meramal, sedang model kausal lebih berhasil untuk pengambilan keputusan dan kebijakan. Peramalan harus mendasarkan analisisnya pada pola data yang ada. Empat pola data yang lazim ditemui dalam peramalan (Materi Statistika, UGM):

1. Pola Horizontal

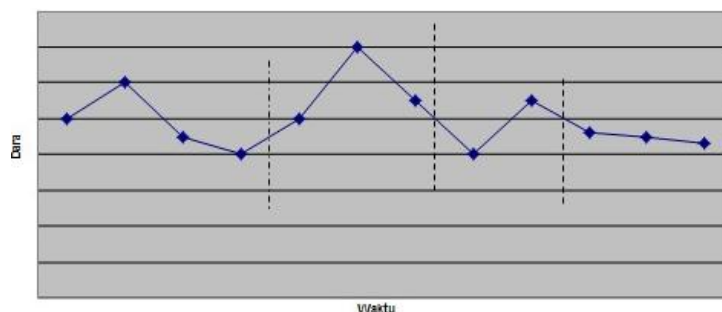
Pola ini terjadi bila data berfluktuasi di sekitar rata-ratanya. Produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Struktur datanya dapat digambarkan seperti pada gambar 2.18 berikut ini.



Gambar 2. 18 Peramalan Pola Horizontal

2. Pola Musiman

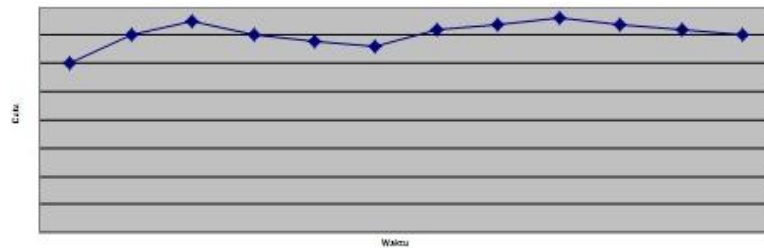
Pola musiman terjadi bila nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan atau hari-hari pada minggu tertentu). Struktur datanya dapat digambarkan pada gambar 2.19.



Gambar 2. 19 Peramalan Pola Musiman

3. Pola Siklis

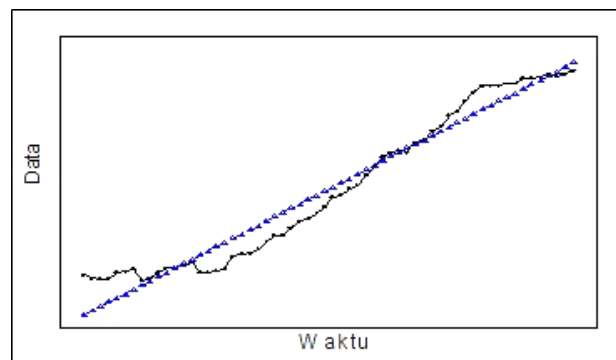
Pola ini terjadi bila data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Struktur datanya dapat digambarkan pada ilustrasi gambar 2.20



Gambar 2. 20 Peramalan Pola Siklis

4. Pola Trend

Pola *Trend* terjadi bila ada kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Struktur datanya dapat dilihat pada gambar 2.21 berikut ini.



Gambar 2. 21 Peramalan Pola Trend

Forecasting adalah peramalan atau perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi. Ramalan yang dilakukan pada umumnya akan berdasarkan data yang terdapat di masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan metode-metode tertentu. *Forecasting* diupayakan dibuat dapat meminimumkan pengaruh ketidakpastian tersebut, dengan kata lain bertujuan mendapatkan ramalanyang bisa meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error*) yang biasanya diukur dengan *Mean Absolute Deviation*, *Absolute Error*, dan sebagainya. Peramalan merupakan alat bantu yang sangat penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien (Subagyo, 1986).

Peramalan permintaan memiliki karakteristik tertentu yang berlaku secara umum. Karakteristik ini harus diperhatikan untuk menilai hasil suatu proses peramalan permintaan dan metode peramalan yang digunakan. Karakteristik peramalan yaitu faktor penyebab yang berlaku di masa lalu diasumsikan akan berlaku juga di masa yang akan datang, dan peramalan tak pernah sempurna, permintaan aktual selalu berbeda dengan permintaan yang diramalkan (Baroto, 2002).

Penggunaan berbagai model peramalan akan memberikan nilai ramalan yang berbeda dan derajat dari galat ramalan (*forecast error*) yang berbeda pula. Seni dalam melakukan peramalan adalah memilih model peramalan terbaik yang mampu mengidentifikasi dan menanggapi pola aktivitas historis dari data. Model-model peramalan dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dikelompokkan ke dalam dua kelompok utama, yaitu intrinsik dan ekstrinsik.

Metode kualitatif ditujukan untuk peramalan terhadap produk baru, pasar baru, proses baru, perubahan sosial dari masyarakat, perubahan teknologi, atau penyesuaian terhadap ramalan-ramalan berdasarkan metode kuantitatif.

2.1.1.12 Metode Peramalan

Model kuantitatif intrinsik sering disebut sebagai model-model deret waktu (*Time Series model*). Model deret waktu yang populer dan umum diterapkan dalam peramalan permintaan adalah rata-rata bergerak (*Moving Averages*), pemulusan eksponensial (*Exponential Smoothing*), dan proyeksi kecenderungan (*Trend Projection*). Model kuantitatif ekstrinsik sering disebut juga sebagai model kausal, dan yang umum digunakan adalah model regresi (*Regression Causal model*) (Gaspersz, 1998).

1. *Weight Moving Averages (WMA)*

Model rata-rata bergerak menggunakan sejumlah data aktual permintaan yang baru untuk membangkitkan nilai ramalan untuk permintaan di masa yang akan datang. metode rata-rata bergerak akan efektif diterapkan apabila permintaan pasar terhadap produk diasumsikan stabil sepanjang waktu. Metode rata-rata bergerak

terdapat dua jenis, rata-rata bergerak tidak berbobot (*Unweight Moving Averages*) dan rata-rata bobot bergerak (*Weight Moving Averages*). Model rata-rata bobot bergerak lebih responsif terhadap perubahan karena data dari periode yang baru biasanya diberi bobot lebih besar. Rumus rata-rata bobot bergerak yaitu sebagai berikut.

$$\text{WMA (n)} = \frac{\sum (\text{Pembobot untuk perioden n}) (\text{permintaan aktual dalam periode n})}{\sum (\text{Pembobot})}$$

2. *Single Exponential Smoothing* (SES)

Pola data yang tidak stabil atau perubahannya besar dan bergejolak umumnya menggunakan model pemulusan eksponensial (*Exponential Smoothing Models*). Metode *Single Exponential Smoothing* lebih cocok digunakan untuk meramalkan hal-hal yang fluktuasinya secara acak (tidak teratur). Peramalan menggunakan model pemulusan eksponensial rumusnya adalah sebagai berikut.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

Permasalahan umum yang dihadapi apabila menggunakan model pemulusan eksponensial adalah memilih konstanta pemulusan (α) yang diperirakan tepat. Nilai konstanta pemulusan dipilih di antara 0 dan 1 karena berlaku $0 < \alpha < 1$. Apabila pola historis dari data aktual permintaan sangat bergejolak atau tidak stabil dari waktu ke waktu, nilai α yang dipilih adalah yang mendekati 1. Pola historis dari data aktual permintaan tidak berfluktuasi atau relatif stabil dari waktu ke waktu, α yang dipilih adalah yang nilainya mendekati nol (Gaspersz, 1998).

3. Regresi Linier

Model analisis Regresi Linier adalah suatu metode populer untuk berbagai macam permasalahan. Menurut Harding (1974) dua variabel yang digunakan, variabel x dan variabel y, diasumsikan memiliki kaitan satu sama lain dan bersifat linier. Rumus perhitungan Regresi Linier yaitu sebagai berikut.

$$\hat{y} = a + bx \quad a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad X = \frac{\sum x}{n} \quad Y = \frac{\sum y}{n}$$

Keterangan:

Y = hasil peramalan a = perpotongan dengan sumbu tegak
n = periode b = menyatakan *slope* atau kemiringan garis regresi

2.1.1.13 Ukuran Akurasi Peramalan

Model-model peramalan yang dilakukan kemudian divalidasi menggunakan sejumlah indikator. Indikator-indikator yang umum digunakan adalah rata-rata penyimpangan absolut (*Mean Absolute Deviation*), rata-rata kuadrat terkecil (*Mean Square Error*), rata-rata persentase kesalahan absolut (*Mean Absolute Percentage Error*), validasi peramalan (*Tracking Signal*), dan pengujian kestabilan (*Moving Range*).

1. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

Metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute Deviation* (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD berguna ketika mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. Nilai MAD dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{MAD} = \frac{\sum (\text{absolut dari forecast errors})}{n}$$

2. *Mean Square Error* (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar.

$$\text{MSE} = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n}$$

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n}$$

4. Tracking Signal

Validasi peramalan dilakukan dengan *Tracking Signal*. *Tracking Signal* adalah suatu ukuran bagaimana baiknya suatu peramalan memperkirakan nilai-nilai aktual. Nilai *Tracking Signal* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Tracking Signal} = \frac{\text{RSFE}}{\text{MAD}}$$

Tracking signal yang positif menunjukkan bahwa nilai aktual permintaan lebih besar daripada ramalan, sedangkan *tracking signal* yang negatif berarti nilai aktual permintaan lebih kecil daripada ramalan. *Tracking signal* disebut baik apabila memiliki RSFE yang rendah, dan mempunyai *positive error* yang sama banyak atau seimbang dengan *negative error*, sehingga pusat dari *tracking signal* mendekati nol. *Tracking signal* yang telah dihitung dapat dibuat peta kontrol untuk melihat kelayakan data di dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

5. Moving Range (MR)

Peta *Moving Range* dirancang untuk membandingkan nilai permintaan aktual dengan nilai peramalan. Data permintaan aktual dibandingkan dengan nilai peramal pada periode yang sama. Peta tersebut dikembangkan ke periode yang akan datang hingga dapat dibandingkan data peramalan dengan permintaan aktual. Peta *Moving Range* digunakan untuk pengujian kestabilan sistem sebab-akibat yang

mempengaruhi permintaan. Rumus perhitungan peta *Moving Range* adalah sebagai berikut.

$$\begin{array}{l} \text{BKA} = 2,66 \times \overline{\text{MR}} \\ \text{BKB} = -2,66 \times \overline{\text{MR}} \end{array} \quad \text{MR} = \frac{|(F_{t-1} - A_{t-1}) - (F_t - A_t)|}{\Sigma \text{MR}} = \frac{\text{MR}}{n-1}$$

Jika ditemukan satu titik yang berada diluar batas kendali pada saat peramalan diverifikasi maka harus ditentukan apakah data harus diabaikan atau mencari peramal baru. Jika ditemukan sebuah titik berada diluar batas kendali maka harus diselidiki penyebabnya. Penemuan itu mungkin saja membutuhkan penyelidikan yang ekstensif. Jika semua titik berada di dalam batas kendali, diasumsikan bahwa peramalan permintaan yang dihasilkan telah cukup baik. Jika terdapat titik yang berada di luar batas kendali, jelas bahwa peramalan yang didapat kurang baik dan harus direvisi (Gaspersz, 1998).

2.2 PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN

Implementasi WIMAX sebagai backhaul pada jaringan Hotspot *existing* di Jakarta

Penelitian ini membahas tentang Penyediaan infrastruktur telekomunikasi alternative karena penyediaan infrastruktur telekomunikasi yang memadai masih menjadi permasalahan utama sektor telekomunikasi di Indonesia. Teknologi alternative yang dimaksud dalam penelitian ini adalah *Broadband Wireless Access* (BWA) yaitu *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX). Metode Penelitian yang dipakai adalah metode penelitian yang dibagi menjadi 3, yaitu studi literatur yang melingkupi pembahasan tentang WiMAX, tahap pengumpulan data, dan tahap analisis.

Kesimpulan yang didapatkan pada dari penelitian ini adalah Implementasi WiMAX sebagai backhaul pada jaringan wifi existing dapat menjadi solusi tepat mengatasi permasalahan infrastruktur dalam pengembangan jaringan dan area layanan. Penentuan strategi kombinasi penetapan tarif dan modulasi yang digunakan akan menentukan jangka waktu dan tingkat kelayakan investasi. Penurunan harga sewa sebesar 75% masih cukup menjanjikan untuk

penyelenggaraan bisnis ini dengan asumsi jumlah pasar yang sama dengan pasar hotspot saat ini. Dengan komponen biaya sewa backbone yang besar, strategi pengaturan lokasi implementasi BS harus memperhatikan pemakaian backbone dan tingkat pertumbuhan jaringan. Dalam perencanaan real di lapangan diperlukan data-data akurat lainnya sesuai karakteristik lokasi penempatan base station disertai dengan parameter lainnya, seperti co-channel interference dan adjacent channel. WiMAX sebagai backhaul dapat digunakan sebagai pemicu pertumbuhan pengguna internet, sehingga dapat menjadi pemicu untuk mempercepat perluasan pertumbuhan infrastruktur.

Analisis implementasi wimax dalam perkembangan Telekomunikasi Di Indonesia

WiMAX di Indonesia. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) adalah teknologi jaringan nirkabel yang mempunyai kemampuan mengantarkan data hingga kecepatan 70 Mbps dan jarak jangkauan hingga 50 km, diharapkan dapat mengatasi keterbatasan pemerataan jaringan Internet di Indonesia. Dalam penelitian ini dibahas implementasi WiMAX meliputi analisis teknis dan bisnis. Sesuai dengan regulasi yang diatur oleh Dirjen Pos dan Telekomunikasi Departemen Komunikasi dan Informatika, WiMAX di Indonesia beroperasi di frekuensi 2300-2390 MHz.

Infrastruktur Pendukung WiMAX

Selain dari Infrastruktur utama, implelementasi WiMAX memerlukan infrastruktur pendukung, antara lain:

1. Perangkat sistem pembayaran (billing system).
2. Layanan bantuan pelanggan (customer support).
3. Perangkat pemantauan jaringan (network monitoring).

METODOLOGI PENELITIAN

Subjek dan Objek Penelitian Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan penyedia layanan dan penyedia perangkat WiMAX. Dari perusahaan tersebut didapat besarnya biaya layanan dalam implementasi WiMAX dan didapat pula besarnya biaya implementasi pemasangan perangkat WiMAX. Yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah 2 kota yang berbeda yaitu Jakarta dan Bandung. Dari kedua kota ini, dilakukan implementasi WiMAX dengan skenario yang berbeda.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini adalah penelitian yang bersifat deskriptif, yaitu penelitian yang memberikan gambaran tentang implementasi teknologi WiMAX di Indonesia. Dalam penelitian ini, digambarkan WiMAX secara analisis teknis dan analisis bisnis. Dalam analisis teknis, dijelaskan secara jelas WiMAX secara teknis mulai dari pengertian WiMAX sampai dengan arsitektur dan topologi jaringan WiMAX. Sedangkan analisis bisnis, dilakukan simulasi implementasi WiMAX di 2 kota yang menjadi objek dalam penelitian ini dengan menerapkan asumsi biaya - biaya layanan dan biaya perangkat dalam 2 skenario yang berbeda tapi dengan jangka waktu simulasi yang sama yaitu selama 5 tahun

Kesimpulan dan Saran

WiMAX sebagai teknologi jaringan tanpa kabel berkecepatan tinggi memberikan suatu alternatif bagi pembangunan jaringan yang handal. Didukung dengan kemampuan melayani pengguna yang berpindah tempat (mobile), dalam kondisi NLOS, dan dukungan fitur keamanan yang terjamin, menjadikan WiMAX sebagai suatu teknologi yang dapat mengakomodasi kebutuhan pengguna dimasa depan akan komunikasi yang selalu terhubung dengan Internet dimanapun dan kapanpun (always connect). Aplikasi WiMAX yang lebih murah dibandingkan 3G menjadikan solusi bagi pengembangan jaringan internet yang lebih merata bagi daerah yang belum terjangkau jaringan kabel atau 3G. Analisis bisnis WiMAX yang dilakukan di daerah Jakarta dan Bandung dengan masa penelitian 5 tahun memberikan hasil yang positif. Dari hasil analisis ekonomi tersebut, implementasi

WiMAX di Indonesia mempunyai masa depan yang cerah dan sangat menjanjikan karena dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan penyedia layanan WiMAX. Berdasar kesimpulan diatas, penulis menyarankan agar operator yang mengimplementasikan WiMAX di Indonesia harus mempersiapkan diri dengan baik. Perlu perencanaan yang sangat matang dan harus didukung oleh sumber daya manusia yang ahli di bidangnya. Apabila hal tersebut dapat terpenuhi, maka implementasi WiMAX di Indonesia akan berhasil dan operator yang mengembangkan jaringan WiMAX ini akan mendapatkan keuntungan, selain itu cita - cita untuk pemerataan jaringan internet di seluruh wilayah Indonesia akan tercapai.

Biaya Pembangunan Jaringan Pita Lebar Akses Bergerak Di Indonesia: Kajian Biaya Sosial Ekonomi Adopsi Teknologi (Koinfo, 2015)

Penelitian ini memberikan analisis tekno-ekonomi terhadap Biaya Pembangunan Jaringan Pita Lebar Akses Bergerak Di Indonesia untuk mendukung pelaksanaan rencana *broadband* nasional (Indonesia broadband Plan) kajian untuk mengetahui besarnya pembiayaan jaringan pita lebar di Indonesia dari segi sosial maupun ekonomi dengan perumusan masalah di fokuskan pada :

- a. Bagaimana pembiayaan jaringan teknologi 4G untuk mobile broadband dari sisi operator telekomunikasi
- b. Seberapa besar biaya yang ditanggung masyarakat ketika beralih ke teknologi baru.

Dari hasil penelitiannya maka di dapatkan sebuah kesimpulan:

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Pembiayaan operasional terbesar pada penggunaan frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz maupun 2300 MHz dalam pembangunan jaringan LTE yaitu BHP frekuensi kemudian disusul sewa site
- Berdasarkan asumsi penelitian, pembangunan jaringan LTE paling layak ketika menggunakan frekuensi 2300 MHz. Hal ini disebabkan beban BHP

frekuensi paling kecil dibanding ketiga frekuensi yang lainnya (900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz)

- Pada penggunaan bandwidth yang sama, frekuensi 2100 MHz paling sedikit memperoleh keuntungan dibanding dengan penggunaan frekuensi 1800 MHz maupun 2300 MHz. Hal ini dikarenakan beban BHPnya yang cukup besar dan membutuhkan site yang lebih banyak.
- Berdasarkan data pengeluaran telekomunikasi tiap rumah tangga, biaya penggunaan teknologi baru (teknologi 3G) yang dibebankan kepada masyarakat lebih sedikit jika dibanding dengan dengan teknologi sebelumnya (teknologi 2G)
- Berdasarkan data ARPU, meskipun harga voice dinaikkan, masyarakat cenderung tetap menggunakan layanan voice tersebut karena kenaikan harga voice cukup rendah. Namun ketika harga data dinaikkan, maka masyarakat cenderung untuk memilih harga data yang lebih rendah, karena kenaikan harganya cukup signifikan. Sementara masih banyak provider yang memberikan harga layanan data yang lebih murah.
- Berdasarkan data ARPU, masyarakat cenderung menggunakan layanan data dibanding voice, hal ini dimungkinkan mulai ada banyaknya konten dan aplikasi yang menarik pada layanan data.

Saran

- Pendapatan layanan data yang diterima oleh operator telekomunikasi lebih sedikit jika dibanding dengan layanan voice. Agar terlaksananya rencana jaringan pita lebar di Indonesia dan operator masih tetap bisa bertahan, sebaiknya pemerintah perlu mengeluarkan kebijakan yang dapat mengurangi beban/biaya operator
- Meskipun masyarakat cenderung untuk beralih menggunakan layanan data, namun voice memberikan keuntungan yang cukup besar bagi operator. Oleh karena itu sebaiknya teknologi 2G jangan dialihkan sepenuhnya ke teknologi 4G

- Masyarakat dirasa tidak terbebani dengan adanya adopsi teknologi. Meskipun demikian pemerintah sebaiknya menyediakan konten yang positif dan bersifat membangun kepada masyarakat
- Masyarakat cenderung beralih ke layanan data, sehingga operator harus memaintaince kapasitas network, agar QoS layanan data tetap bagus
- Operator sebaiknya mengimprove teknologi baru untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan menjaga kelangsungan bisnisnya
- Operator perlu memperbanyak layanan/*service* yang di-deliver ke pelanggan selain *legacy service* (voice dan sms) terutama layanan data untuk memperkuat bisnis ke depan.

Analisa Performa Kualitas Jaringan VSAT Mobil Pusat Layanan Internet Kecamatan Sulawesi Utara

Pada Tahun 2010 Kementerian Kominfo meluncurkan Program MPLIK (Mobil Pusat Layanan Internet Kecamatan). MPLIK merupakan bagian Program Layanan USO dengan layanan dasar (voice) hingga layanan data (internet). Tujuan dari Program MPLIK ini adalah untuk menjangkau daerah-daerah Kecamatan yang belum terjangkau fasilitas internet dan mempercepat pemerataan akses tekekomunikasi dan informasi, khususnya daerah tertinggal, terpencil, perbatasan dan daerah yang tidak layak secara ekonomi.

Teknologi yang digunakan adalah VSAT, Penelitian ini dilakukan dalam rangka analisa performa kualitas jaringan VSAT MPLIK untuk dapat mengetahui kualitas jaringan VSAT MPLIK dengan parameter yang diukur yaitu Lebar Pita, Waktu Tunda, Paket Hilang, Unggah dan Unduh, dengan mengambil standarisasi dari TIPHON. analisa performa kualitas jaringan VSAT MPLIK ini dilakukan di Sulawesi Utara dengan mengambil sampel 5 titik lokasi, yang ditentukan secara acak.

Alat dan Bahan Alat dan Bahan yang digunakan pada analisa performa kualitas jaringan VSAR MPLIK ini yaitu : MPLIK (Mobil Pusat Layanan Internet Kecamatan), dengan spesifikasi, Antena VSAT dengan ukuran 1,2 m, Modem Hughes HN 7700S, 6 buah notebook dan 1 PC server, 1 buah Switch, 1 buah UPS

(Unit Power Supply), 1 buah DVD (Digital Video Disc) player, 6 buah kursi, 2 buah meja lipat, 1 buah TV (Televisi) LCD (Light Emiting Dioda), Genset untuk menyediakan listrik cadangan. Software Axence netTools, yaitu aplikasi berbasis desktop yang dapat melakukan monitoring serta pengukuran terhadap suatu jaringan, Axence netTools ini dapat menampilkan hasil berupa grafik. Elnus Bandwidth Meter, yaitu sebuah aplikasi berbasis web yang dapat melakukan pengukuran Bandwidth terhadap jaringan. CBN Speedtest, yaitu aplikasi berbasis web yang dapat melakukan pengukuran terhadap ping, upload serta download dari suatu jaringan.

Kesimpulan

Hasil analisis bandwidth, delay, packet loss, upload dan download pada jaringan VSAT MPLIK di Sulawesi Utara adalah sebagai berikut Analisis Bandwidth Hasil pengukuran bandwidth dalam penelitian analisa perfoma kualitas jaringan VSAT MPLIK baik itu pagi hari maupun siang hari masih dibawah bandwidth yang tersedia pada jaringan VSAT MPLIK yaitu dibawah dari 256 Kbps, tapi terlihat perbedaan tidak terlalu jauh, artinya dapat disimpulkan untuk bandwidth pada jaringan VSAT MPLIK tersedia cukup baik.

Analisis Delay

Hasil pengukuran untuk delay pada seluruh daerah baik itu pagi maupun siang hari berada pada posisi tidak layak jika mengikuti standarisasi TIPHON.

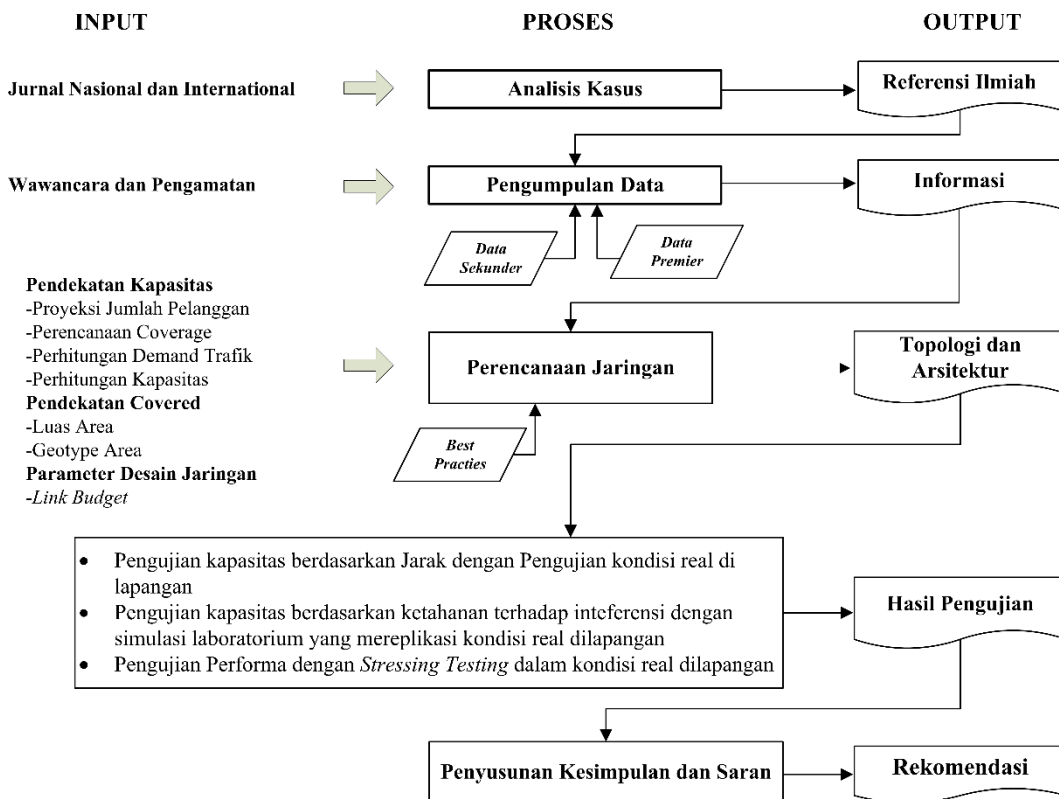
Analisis Packet Loss

Hasil pengukuran untuk packet loss pada seluruh daerah baik itu pagi maupun siang hari berada pada posisi tidak layak jika mengikuti standarisasi TIPHON. Analisis Upload dan Download Hasil pengukuran upload dan download dalam penelitian analisa perfoma kualitas jaringan VSAT MPLIK baik itu pagi hari maupun siang hari masih dibawah upload dan download yang tersedia pada jaringan VSAT MPLIK yaitu dibawah dari 256 Kbps dan juga terdapat beberapa data dibawah 100 Kbps, ini terlihat perbedaan yang lumayan jauh. artinya dapat disimpulkan untuk upload dan download pada jaringan VSAT MPLIK tersedia kurang baik. Jaringan VSAT baik itu Bandwith, Delay, Packet Loss, Upload dan Download pada jaringan VSAT MPLIK di Sulawesi Utara jika mengikuti standarisasi jaringan dari TIPHON, masih berada pada tingkat belum layak.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai tahapan pelaksanaan penelitian dengan, secara garis besar detail tahapan akan dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.1 ANALISIS KASUS

Penelitian ini bersifat deskriptif dan *exploratory* karena tidak ada hipotesis yang diformulasikan dari awal untuk dibuktikan. Sedangkan metodologi nya adalah *coverage and capacity dimensioning*, dengan tujuan kajian mengukur performa maksimal dari teknologi tersebut. Proses penelitiannya dilakukan dengan studi kasus sampel area (10 desa di Jawa Timur) untuk merepresentasikan karakteristik pedesaan di Indonesia, Sedangkan pendekatan analisisnya dilakukan dengan dua cara, yaitu teknik simulasi pada kondisi nyata dilapangan dan simulasi laboratorium yang mereplikasi kondisi nyata dilapangan.

Sedangkan tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

3.2 PENGUMPULAN DATA

Data primer

Data primer adalah data refensi yang di dapatkan langsung melalui wawancara dan pengamatan dilapangan

Data sekunder

Data sekunder adalah data hasil dari resume jurnal.

3.3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Tahapan ini merupakan bagian utama yang eksplorasi secara mendetail tentang arsitektur jaringan *broadband wireless access* (BWA) berbasis hotspot dengan menggunakan teknologi komunikasi data (*radio frequency*) berspektrum bebas yang akan direkomendasikan untuk infrastruktur menyediakan akses internet kecepatan tinggi pada lingkungan pedesaan. Adapun detail tahapan penelitiannya adalah sebagai berikut :

Perencanaan Jaringan

Pada bagian ini perencanaan jaringan akan dianalisis dengan tahapan :

1. Skema Arsitektur dan Model Cakupan Radius, langkah ini difungsikan untuk menjelaskan Arsitektur dari jaringan *broadband wireless access* (BWA) berbasis hotspot
2. *Coverage Planning* (perencanaan cakupan), langkah ini difungsikan untuk menggambarkan radius cakupan area;
3. *Capacity Planning* (perencanaan kapasitas), langkah ini difungsikan untuk memeriksa kapasitas jaringan terhadap estimasi trafik yang lebih detail, adapun beberapa aktivitas yang akan dilakukan adalah :
 - a. Perhitungan Demand Traffik ;
 - b. Perhitungan Kapasitas link.

Pengujian Jaringan

1. Skenario Pengujian
2. Pengujian Kapasitas Jaringan
 - a. Pengujian Kapasitas Berdasarkan Jarak
 - b. Pengujian Kapasitas Berdasarkan Ketahanan terhadap Inteferensi
 - c. Pengujian Berdasarkan *Concurrent User Connected*

3.4 HASIL PENGUJIAN

Pada bagian ini akan disampaikan hasil pengujian baik pada pengujian dalam kondisi real dilapangan maupun dalam simulasi laboratorium. Hasilnya akan dinyatakan dalam pernyataan yang diungkapkan secara deklaratif.

3.5 KESIMPULAN DAN SARAN

Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah untuk dijadikan rekomendasi.

JADWAL KEGIATAN

Penulisan tesis ini diharapkan dapat diselesaikan dalam waktu 4 (empat) bulan. Adapun jadwal penyusunan tesis ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan Ke															
		1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur	■	■	■	■												
2	Tahap Pendefinisian Ruang Lingkup		■	■	■	■											
3	Analisis			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Pengujian						■	■	■	■	■	■	■	■	■		
7	Penyusunan laporan tesis			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

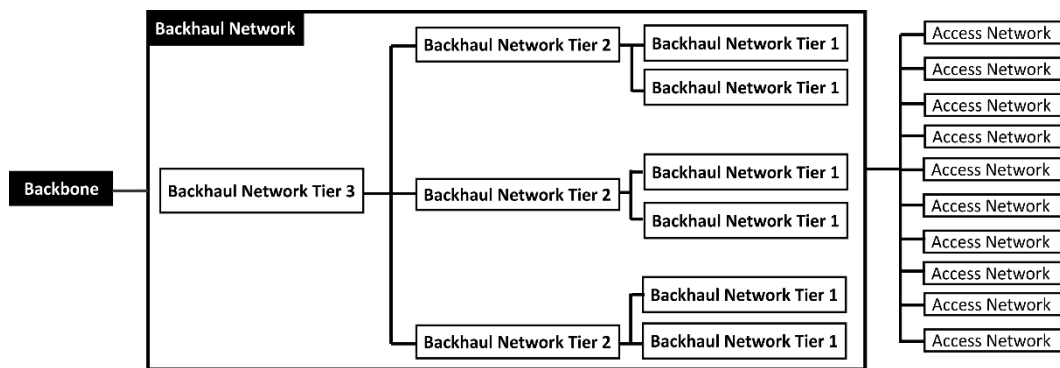
BAB 4 PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan arsitektur Arsitektur Jaringan *Broadband Wireless Access* (BWA) Berbasis Hotspot Dengan Menggunakan Teknologi Komunikasi Data (*Radio Frequency*) yang sesuai untuk kebutuhan penyediaan akses internet kecepatan tinggi pada area pedesaan, Kemudian hasil perancangan tersebut akan diuji untuk membuktikan arsitektur yang dibangun telah memenuhi kriteria performa optimal (*low latency connection and high network capacity*).

4.1 PERENCANAAN JARINGAN

Skema Arsitektur

Jaringan pita lebar berbasis nirkabel atau *broadband wireless access* (BWA) dengan teknologi berbasis komunikasi data menggunakan arsitektur *hierarchical network*, Maka proses distribusi bandwidthnya akan dialokasikan dengan tahapan berjenjang yang digambarkan pada ilustrasi gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hierarchical Network Models

Backhaul network akan dibagi dengan 3 layer yaitu :

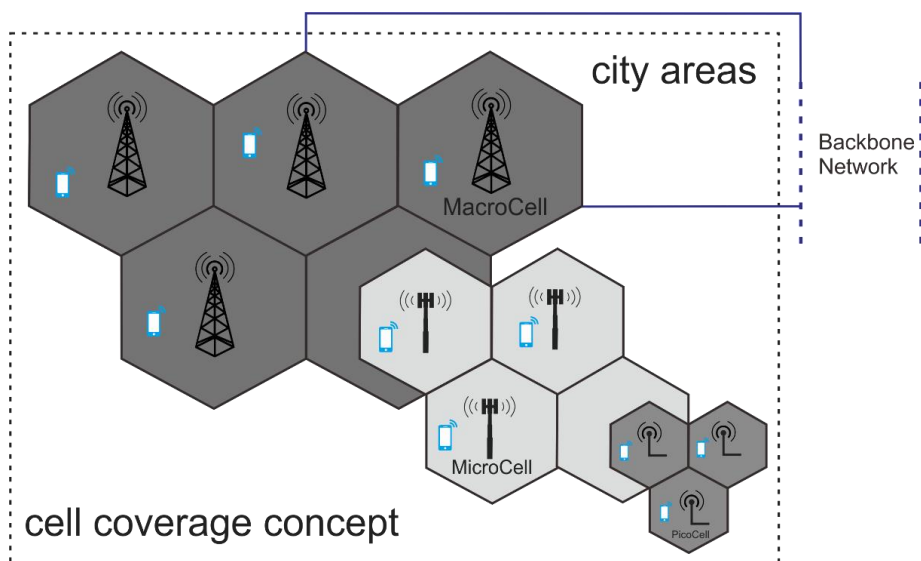
1. Backbone Network merupakan jaringan inti yang menyediakan layanan akses internet. Jaringan ini merupakan link integrasi utama menuju jaringan global internet akses;
2. Backhaul tier 3 merupakan jaringan pertama yang menjembatani integrasi jaringan perkotaan dan jaringan pedesaan. Backhaul tier 3 diorientasi untuk

mentranmisikan beban kapasitas sebesar 500 Mbps hingga 1 Gbps (aggregate throughput) pada bentang jarak 2-7 KM.

3. Backhaul tier 2 merupakan jaringan yang mendistribusikan alokasi bandwidth dari backhaul tier 3 menuju base transceiver stations (BTS) utama di area pedesaan. Jaringan ini diorientasi untuk mentranmisikan beban kapasitas 100Mbps (aggregate throughput) pada jarak bentang Up to 50 Km.
4. Backhaul tier 1 merupakan jaringan yang mendistribusikan alokasi bandwidth dari base transceiver stations (BTS) utama menuju base transceiver stations (BTS) kecil di setiap area lokasi wi-fi Jaringan ini diorientasi untuk mentranmisikan beban kapasitas 20Mbps (aggregate throughput) pada jarak bentang Up to 5 Km dengan koneksi Point to MultiPoint.;
5. Selanjutnya Backhaul tier 1 difungsikan sebagai link yang mendistribusikan alokasi bandwidth dari backhaul tier 2 menuju tiap titik akses point (Access Network)
6. Access Network merupakan jaringan akhir yang menghubungkan perangkat pelanggan ke layanan akses internet.

Model Cakupan Radius

Jika sistem komunikasi bergerak berbasis selular secara umum dibentuk dalam kawasan cell dengan dimensi tertentu seperti ilustrasi gambar 4.2



Gambar 4. 2 Model radius sellular network

Model pembagian covered berdasarkan scope hirarkinya, yaitu :

1. Macrocell

Macrocell memiliki transmit power yang lebih tinggi, dan coverage lebih luas. Umumnya macro cell banyak ditempatkan di daerah pinggiran kota yang mempunyai kepadatan rendah (*low traffic*) dan sesuai bagi pelanggan yang membutuhkan mobilitas tinggi. Jarak jangkauan bisa berbeda antar operator, tergantung desain yang dibutuhkan. Maksimum macro cell mempunyai jangkauan hingga 35 km, pada realitanya macro cell hanya beroperasi hingga 20 km saja. Ini disebabkan adanya halangan-halangan yang mengganggu penetrasi signal.

2. Microcell

Micro cell biasanya ditempatkan di pinggiran jalan atau di sela-sela pojok gedung. Macro cell dirancang bagi komunikasi pelanggan dengan kepadatan tinggi, namun bermobilitas rendah. Ciri micro cell yakni coverage nya kecil namun kapasitas besar dengan transmit power yang rendah. Biasanya antenanya cukup dipasang di plafon atau langit-langit suatu ruangan, ada juga tanpa antena alias ditempel pada dinding. Micro cell sendiri dibagi ke dalam micro cell standar, pico cell, dan nano cell. Maksimum micro cell mempunyai jangkauan antara 500 meter hingga 1 km.

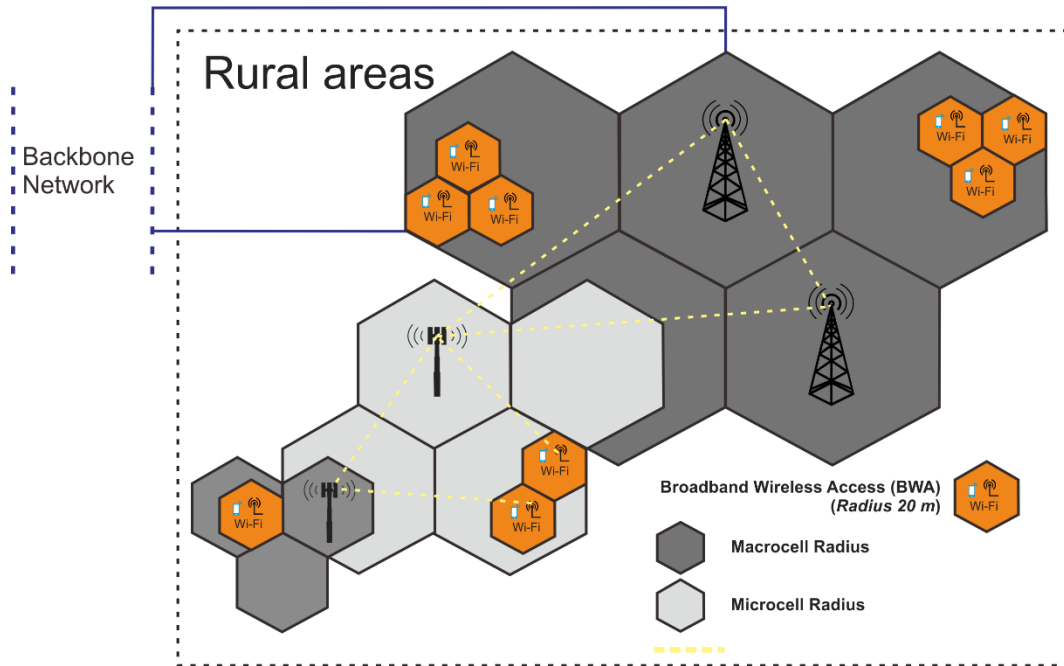
3. Picocell

Pico cell adalah solusi di indoor untuk meningkatkan kualitas sinyal dan menambah kapasitas trafik dengan cara membangun sel baru di dalam gedung. DAS (*distributed antenna system*) adalah salah satu sistem jaringan di pico cell yang efektif dan efisien dimana distribusi sinyal seluler diradiasikan oleh setiap antena pico. Komponen – komponen perencanaan DAS terdiri dari coverage commitment, antenna layout, schematic diagram, sectorization, link budget dan coverage prediction. DAS dibagi menjadi 2 yaitu DAS single operator dan multioperator, DAS multioperator menggunakan combiner untuk menggabungkan sinyal di beberapa band frekuensi berbeda menuju satu jaringan DAS.

Sedangkan pada implemtasi arsitektur jaringan pita lebar berbasis nirkabel atau *broadband wireless access* (BWA) berbasis hotspot dengan teknologi komunikasi

data untuk penyediaan akses internet kecepatan tinggi pada area pedesaan yang dibangun untuk mengcover area tertentu secara spesifik dengan radius 25 m² dengan pertimbangan :

1. Sistem ini merupakan komplementer dari sistem telekomunikasi selluar, seperti pada ilustrasi 4.3



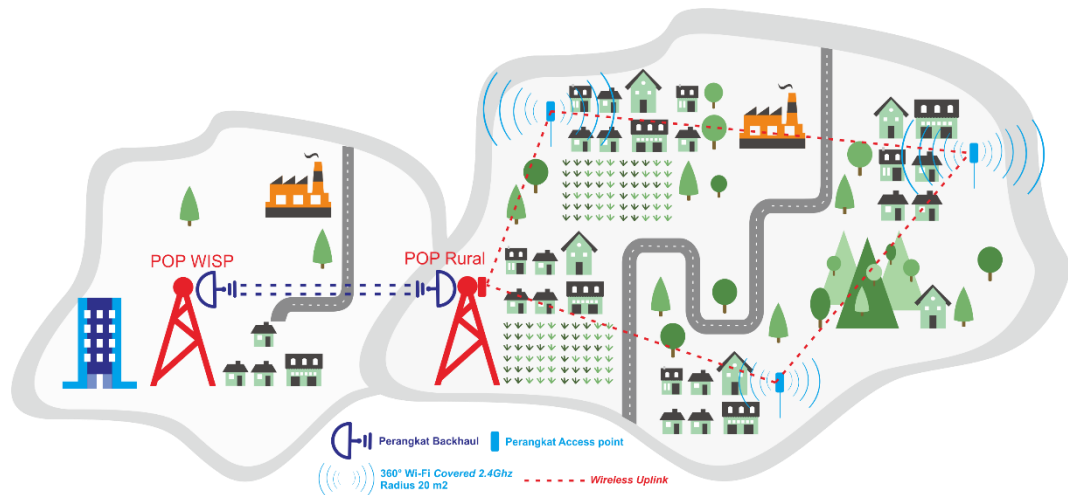
Gambar 4. 3 Model Radius BWA Berbasis Hotspot

2. Efisiensi Biaya antara Luas covered dengan target jumlah pelanggan;
3. Solusi yang paling efektif untuk jangkauan signal dengan teknologi nirkabel yang menggunakan frekuensi Spektrum Bebas (Unlicensed Spectrum), mengingat keterbatasan kemampuan perangkat end user dalam merespon signal transmiter juga terbatas (*Asymmetric power issue*). Seperti ilustrasi gambar 4.4



Gambar 4. 4 Ilustrasi Asymmetric power perangkat nirkabel

Gambar 4.5 mengilustrasikan model covered yang direalisasikan. Dimana Dalam 1 desa akan di tentukan 3 titik utama yang akan di cover jaringan hotspot tersebut, titik lokasi utama penempatan hotspotnya adalah yaitu :Cafe/Warung kopi, Ruang terbuka Umum Balai desa/kecamatan, Ruang terbuka Umum Sekolah.



Gambar 4. 5 Ilustrasi Lokasi Hotspot

Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk di indonesia adalah berdasarkan dari persebaran populasi per provensinya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Proyeksi Jumlah Penduduk Indonesia menurut provensi

Provinsi	Tahun					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Aceh	4523,10	5002,00	5459,90	5870,00	6227,60	6541,40
Sumatera Utara	13028,70	13937,80	14703,50	15311,20	15763,70	16073,40
Sumatera Barat	4865,30	5196,30	5498,80	5757,80	5968,30	6130,40
Riau	5574,90	6344,40	7128,30	7898,50	8643,30	9363,00
Jambi	3107,60	3402,10	3677,90	3926,60	4142,30	4322,90
Sumatera Selatan	7481,60	8052,30	8567,90	9000,40	9345,20	9610,70
Bengkulu	1722,10	1874,90	2019,80	2150,50	2264,30	2360,60
Lampung	7634,00	8117,30	8521,20	8824,60	9026,20	9136,10
Kepulauan Bangka Belitung	1230,20	1372,80	1517,60	1657,50	1788,90	1911,00
Kepulauan Riau	1692,80	1973,00	2242,20	2501,50	2768,50	3050,50

Pulau Sumatera	50860,30	55272,90	59337,10	62898,60	65938,30	68500,00
DKI Jakarta	9640,40	10177,90	10645,00	11034,00	11310,00	11459,60
Jawa Barat	43227,10	46709,60	49935,70	52785,70	55193,80	57137,30
Banten	10688,60	11955,20	13160,50	14249,00	15201,80	16033,10
Jawa Tengah	32443,90	33774,10	34940,10	35958,60	36751,70	37219,40
DI Yogyakarta	3467,50	3679,20	3882,30	4064,60	4220,20	4348,50
Jawa Timur	37565,80	38847,60	39886,30	40646,10	41077,30	41127,70
Pulau Jawa	137033,30	145143,60	152449,90	158738,00	163754,80	167325,60
Bali	3907,40	4152,80	4380,80	4586,00	4765,40	4912,40
Nusa Tenggara Barat	4516,10	4835,60	5125,60	5375,60	5583,80	5754,20
Nusa Tenggara Timur	4706,20	5120,10	5541,40	5970,80	6402,20	6829,10
Bali dan Kep. Nusa Tenggara	13129,70	14108,50	15047,80	15932,40	16751,40	17495,70
Kalimantan Barat	4411,40	4789,60	5134,80	5432,60	5679,20	5878,10
Kalimantan Tengah	2220,80	2495,00	2769,20	3031,00	3273,60	3494,50
Kalimantan Selatan	3642,60	3989,80	4304,00	4578,30	4814,20	5016,30
Kalimantan Timur	3576,10	4068,60	4561,70	5040,70	5497,00	5929,20
Pulau Kalimantan	13850,90	15343,00	16769,70	18082,60	19264,00	20318,10
Sulawesi Utara	2277,70	2412,10	2528,80	2624,30	2696,10	2743,70
Sulawesi Tengah	2646,00	2876,70	3097,00	3299,50	3480,60	3640,80
Sulawesi Selatan	8060,40	8520,30	8928,00	9265,50	9521,70	9696,00
Sulawesi Tenggara	2243,60	2499,50	2755,60	3003,00	3237,70	3458,10
Gorontalo	1044,80	1133,20	1219,60	1299,70	1370,20	1430,10
Sulawesi Barat	1164,60	1282,20	1405,00	1527,80	1647,20	1763,30
Pulau Sulawesi	17437,10	18724,00	19934,00	21019,80	21953,50	22732,00
Maluku	1541,90	1686,50	1831,90	1972,70	2104,20	2227,80
Maluku Utara	1043,30	1162,30	1278,80	1391,00	1499,40	1603,60
Kep. Maluku	2585,20	2848,80	3110,70	3363,70	3603,60	3831,40
Papua Barat	765,30	871,50	981,80	1092,20	1200,10	1305,00
Papua	2857,00	3149,40	3435,40	3701,70	3939,40	4144,60
Pulau Papua	3622,30	4020,90	4417,20	4793,90	5139,50	5449,60
INDONESIA	238518,80	255461,70	271066,40	284829,00	296405,10	305652,40

Sumber : Publikasi Badan Pusat Statistik, Update Terakhir : 18 Feb 2014

Dimana jumlah proyeksi penduduk ini nantinya akan di jadikan sebagai pertimbangan penentuan lokasi implementasi hotspot berbasis jaringan pita lebar.

Dalam sebuah analisis yang dilakukan oleh Kompas dengan metode survei tatap muka yang diselenggarakan oleh Litbang pada tanggal 3-16 Juni 2015. Sebanyak 6000 responden usia minimal 17 tahun yang dibagi dalam tiga kategori kota, yaitu besar (Tangerang, Surabaya, Bandung, Depok, Semarang ; masing-masing 500 responden), Kota sedang (Yogyakarta, Pontianak, Malang, Surakarta, Balikpapan: masing-masing 400 responden) dan kota kecil (Madiun, Bontang, Salatiga, Magelang, Mojokerto: masing-masing 300 responden). Berdasarkan jumlah sampel tersebut diperkirakan margin error per kota sebesar +4,4% - 5,7% pada tingkat kepercayaan 95%.

Namun kesalahan diluar pencuplikan dimungkinkan terjadi. Dapat disimpulkan jika diukur secara jumlah, Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah pengguna internet terbesar di dunia. Meski demikian, keterjangkauan akses atau penetrasi internet di negeri ini ternyata masih rendah dan belum merata. Persentase pengguna internet masih kecil dan lebih banyak terpusat di daerah perkotaan.

Pemilihan lokasi implementasi

Sesuai dengan tujuan utama, bahwa penyelenggaraan fasilitas akses internet berbasis hotspot dengan teknologi pita lebar nirbabel merupakan disajikan sebagai teknologi alternatif substitusi dan/ atau komplementer dari fasilitas akses internet berbasis seluler dengan teknologi pita lebar 4G LTE di daerah perdesaan atau rural, perbatasan maupun di wilayah-wilayah pantai, dan maritim serta pulau-pulau dan laut. Maka lokasi utama yang akan dipilih adalah dengan kriteria:

- Area lokasi minimal tercover jaringan seluler dengan tingkatan signal seluler GPRS karena pendaftaran account sebagai metode autentifikasi akses internet berbasis SMS (*Short Message Service*);
- Jumlah kepadatan penduduk dalam 1 desa mencapai ≥ 2000 orang;
- Lokasi desa merupakan kawasan wisata, kawasan pemukiman dan di sekitarnya merupakan salah satu kawasan industri atau berdekatan dengan keduanya;

Dengan pertimbangan meminimalisir faktor eksternal yang tidak dapat dikenjalikan sepenuhnya tanpa dukungan intervensi pemerintah, adapun beberapa

faktor yang dimaksud sesuai dari hasil program Menkominfo dengan tindakan PENINGKATAN AKSES MASYARAKAT TERHADAP INTERNET MELALUI PROGRAM PUSAT LAYANAN INTERNET KECAMATAN (PLIK) , ada beberapa factor yang menjadi tantangan utama yang didapat dari analisa menggunakan Technology Acceptance Model (TAM) :

- Pendapatan Masyarakat
- Kepemilikan fasilitas TIK
- Kepemilikan Fasilitas Penunjang dalam mengakses TIK
- Persepsi Kemudahan Menggunakan Internet dan Persepsi Kemanfaatan Internet.

Selain dukungan data kependudukan, berikut data-data pendukung yang akan di gunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Jumlah desa menurut provensinya

Provinsi	2011	2012	2013
Aceh	287	289	289
Sumatera Utara	421	422	440
Sumatera Barat	176	176	179
Riau	157	163	163
Jambi	131	138	138
Sumatera Selatan	223	230	231
Bengkulu	124	127	127
Lampung	214	225	225
Kepulauan Bangka Belitung	46	47	47
Kepulauan Riau	59	63	66
DKI Jakarta	44	44	44
Jawa Barat	626	626	626
Jawa Tengah	573	573	573
DI Yogyakarta	78	78	78
Jawa Timur	662	664	664
Banten	154	155	155
Bali	57	57	57
Nusa Tenggara Barat	116	116	116

Provinsi	2011	2012	2013
Nusa Tenggara Timur	293	306	306
Kalimantan Barat	176	176	176
Kalimantan Tengah	130	136	136
Kalimantan Selatan	151	152	152
Kalimantan Timur	146	150	103
Kalimantan Utara	--	--	50 1
Sulawesi Utara	159	164	167
Sulawesi Tengah	161	170	172
Sulawesi Selatan	304	306	306
Sulawesi Tenggara	204	209	209
Gorontalo	70	77	77
Sulawesi Barat	69	69	69
Maluku	86	95	113
Maluku Utara	112	112	113
Papua Barat	175	175	175
Papua	389	389	440
Indonesia	6 773	6 879	6 982
Catatan: 1 Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2012 tanggal 16 November 2012			
Sumber: Berdasarkan Laporan BPS Provinsi/Kabupaten/Kota			

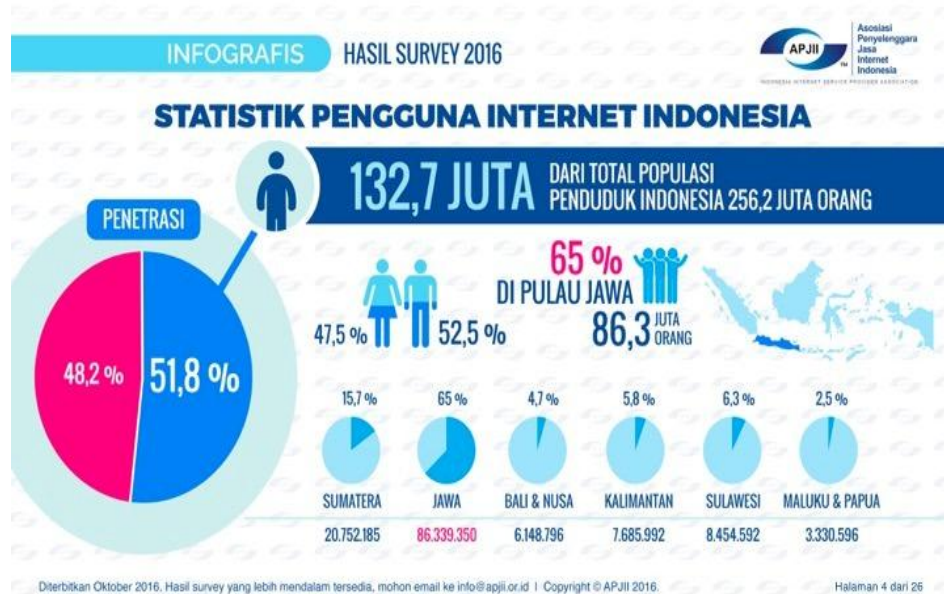
Tabel 4. 3 Persentase Penduduk Buta huruf

Provinsi	2014			2015		
	Persentase Penduduk Buta Huruf (Persen)			Persentase Penduduk Buta Huruf (Persen)		
	15+	15-44	45+	15+	15-44	45+
ACEH	2.58	0.43	8.31	2.37	0.27	7.73
SUMATERA UTARA	1.43	0.66	3.19	1.32	0.51	3.08
SUMATERA BARAT	1.56	0.43	3.72	1.44	0.32	3.52
RIAU	1.25	0.48	3.59	1.13	0.33	3.42
JAMBI	2.23	0.57	6.34	2.16	0.49	6.06
SUMATERA SELATAN	1.86	0.52	5.06	1.78	0.48	4.73
BENGKULU	2.48	0.54	7.20	2.37	0.48	6.77
LAMPUNG	3.46	0.42	9.91	3.33	0.34	9.52

Provinsi	2014			2015		
	Persentase Penduduk Buta Huruf (Persen)			Persentase Penduduk Buta Huruf (Persen)		
	15+	15-44	45+	15+	15-44	45+
KEP. BANGKA BELITUNG	2.40	0.91	5.94	2.37	0.87	5.86
KEP. RIAU	1.29	0.38	4.62	1.21	0.29	4.42
DKI JAKARTA	0.46	0.08	1.44	0.41	0.06	1.26
JAWA BARAT	2.04	0.41	5.56	1.99	0.29	5.45
JAWA TENGAH	7.02	0.65	16.68	6.88	0.50	16.10
DI YOGYAKARTA	5.56	0.09	13.71	5.50	0.19	12.80
JAWA TIMUR	8.64	1.43	19.66	8.53	1.24	19.24
BANTEN	2.76	0.48	9.21	2.63	0.33	8.69
BALI	7.44	1.06	18.72	7.23	0.61	18.31
NUSA TENGGARA BARAT	13.04	3.54	34.32	13.03	3.31	33.78
NUSA TENGGARA TIMUR	8.82	3.48	19.87	8.55	3.10	19.47
KALIMANTAN BARAT	7.70	2.06	21.18	7.68	2	20.78
KALIMANTAN TENGAH	1.18	0.32	3.56	1.12	0.30	3.32
KALIMANTAN SELATAN	1.81	0.28	5.46	1.79	0.19	5.40
KALIMANTAN TIMUR	1.41	0.19	4.75	1.31	0.13	4.34
KALIMANTAN UTARA	-	-	-	5.01	1.36	14.89
SULAWESI UTARA	0.40	0.18	0.77	0.37	0.17	0.71
SULAWESI TENGAH	2.92	1.38	6.45	2.66	0.91	6.42
SULAWESI SELATAN	8.74	2.58	21.44	8.71	2.22	21.34
SULAWESI TENGGARA	5.97	1.62	17.10	5.90	1.37	17.07
GORONTALO	2.10	1.10	4.43	1.76	0.61	4.35
SULAWESI BARAT	7.73	3.93	17.66	7.36	3.33	17.37
MALUKU	1.23	0.81	2.21	1.15	0.80	1.96
MALUKU UTARA	1.64	0.57	4.67	1.51	0.47	4.28
PAPUA BARAT	3.25	2.27	6.36	3.12	2.09	6.32
PAPUA	29.22	28.50	31.85	29.17	28.47	31.57
INDONESIA	4.88	1.24	12.25	4.78	1.10	11.89

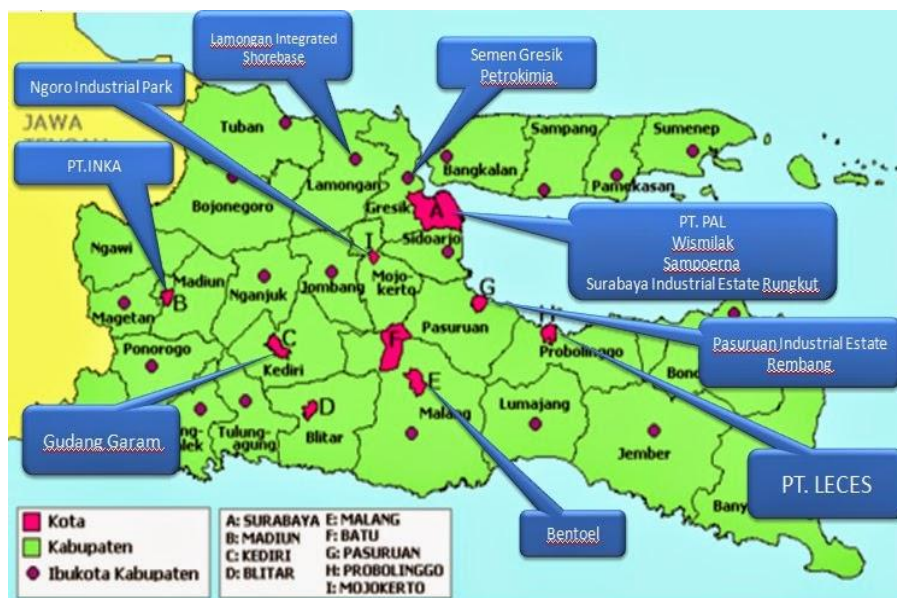
Berdasarkan pengamatan data diatas (Tabel 4.2 dan Tabel 4.3) maka lokasi yang di pilih adalah jawa timur, dengan pertimbangan :

1. Pertumbuhan terbesar jumlah pelanggan pengguna internet yaitu 86,3 juta berasal dari Jawa. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Peta Demografi pengguna internet indonesia (Sumber : APJII, 2016)

2. Terdapat lebih dari 5 Kawasan Industri Jawa Timur (Sidoarjo, Gresik, Ngoro, Lamongan, Tuban, Mojokerto, dan Jombang). Seperti yang terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 7 Peta Kawasan Industri Jawa Timur

3. Memiliki jumlah pedesaan yang cukup banyak sekitar 664 kecamatan

Tabel 4. 4 Jumlah kecamatan berdasarkan Kota

Provinsi	2011	2012	2013
Aceh	287	289	289
Sumatera Utara	421	422	440
Sumatera Barat	176	176	179
Riau	157	163	163
Jambi	131	138	138
Sumatera Selatan	223	230	231
Bengkulu	124	127	127
Lampung	214	225	225
DKI Jakarta	44	44	44
Jawa Barat	626	626	626
Jawa Tengah	573	573	573
DI Yogyakarta	78	78	78
Jawa Timur	662	664	664
Banten	154	155	155
Bali	57	57	57
Nusa Tenggara Barat	116	116	116
Nusa Tenggara Timur	293	306	306
Kalimantan Barat	176	176	176
Kalimantan Tengah	130	136	136
Kalimantan Selatan	151	152	152
Sulawesi Tengah	161	170	172
Sulawesi Selatan	304	306	306
Sulawesi Tenggara	204	209	209
Sulawesi Barat	69	69	69
Maluku	86	95	113
Maluku Utara	112	112	113
Papua Barat	175	175	175
Papua	389	389	440
Indonesia	6 773	6 879	6 982
Catatan: 1 Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2012 tanggal 16 November 2012			
Sumber: Berdasarkan Laporan BPS Provinsi/Kabupaten/Kota			

4. Berdasarkan pandangan Kepala BPS Jatim Teguh Pramono pada media Jawa Pos Pertumbuhan ekonomi Jawa Timur secara year on year pada kuartal pertama 2016 menunjukkan angka yang menggembirakan. Pertumbuhan mencapai 5,34 persen. Angka itu melampaui pertumbuhan nasional. Meski tumbuh positif, pertumbuhan ekonomi secara quarter-to-quarter (qtq) agak melambat. Pada kuartal IV 2015, ekonomi Jatim masih mencatat pertumbuhan lebih tinggi, yakni 5,94 persen Produk domestik regional bruto (PDRB) atas dasar harga berlaku mencapai Rp 444,31 triliun. Sedangkan PDRB atas dasar harga konstan Rp 337,56 triliun. Sama seperti nasional, secara qtq, sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan tumbuh paling cepat, yakni 20,94 persen. Diikuti sektor jasa informasi dan komunikasi yang tumbuh 4,46 persen. Itu didukung penyediaan jasa internet yang tumbuh tinggi serta stasiun televisi swasta yang semakin banyak dan cepat pertumbuhannya
5. Dan jika dilihat juga aktivitas penggunaan akses internet di Jawa Timur memiliki keragaman yang mendukung perkembangan pendidikan dan ekonomi digital yang cukup baik, asumsi tersebut dapat dilihat dari persentase remaja (Pengguna akses internet pada usia produktif) Jawa Timur yang pernah mengakses internet dalam 3 bulan terakhir adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Alasan penggunaan internet

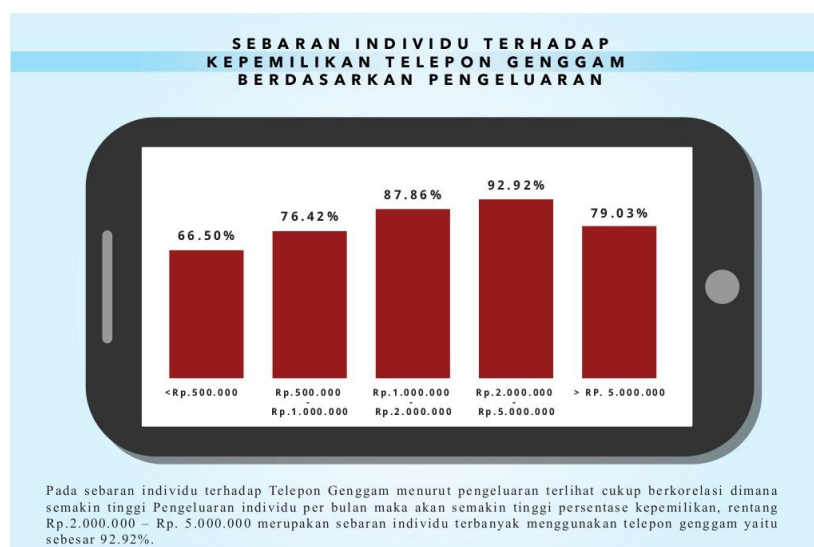
Remaja Jawa timur Untuk Apa Mengakses Internet							
Mendapat Informasi	Mengerjakan Tugas Sekolah	Mengirim/ Menerima E-mail	Sosial Media	Pembelian/ Penjualan	Hiburan (Game, TV, Radio)	E - Banking	Lainnya
62,97	75,20	17,93	73,44	3,98	47,04	2,14	1,72

Pengguna Internet di Indonesia Kebanyakan Anak Muda, Dari jumlah tersebut (132,7 juta pengguna), sebanyak 80 persennya (94,6 juta pengguna) merupakan pengguna internet usia 20 sampai 39 tahun. Didominasi oleh profesi karyawan swasta (23,8 juta pengguna), wirausaha kecil (20 juta pengguna), mahasiswa (18 juta pengguna), PNS (14,9 juta pengguna), pelajar (11,3 juta pengguna), Ibu rumah tangga (10,8 juta pengguna) dan profesi lainnya dibawah 10 juta. *Sumber : Publikasi Statistik BPS tentang Remaja Jawa Timur 2015*

6. Masyarakat Jawa timur memiliki peningkatan yang tinggi dalam status kepemilikan perangkat TIK dalam menunjang kebutuhan sehari harinya, asumsi tersebut dapat dilihat dari Buku Saku Survey Indikator Akses dan Penggunaan TIK Pada Rumah Tangga Tahun 2014 yang di terbitkan oleh MENKOMINFO yang terlihat pada gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4. 8 Perbandingan Akses Rumah tangga terhadap TIK



Gambar 4. 9 Pendapatan yang mendukung kemampuan beli paket internet

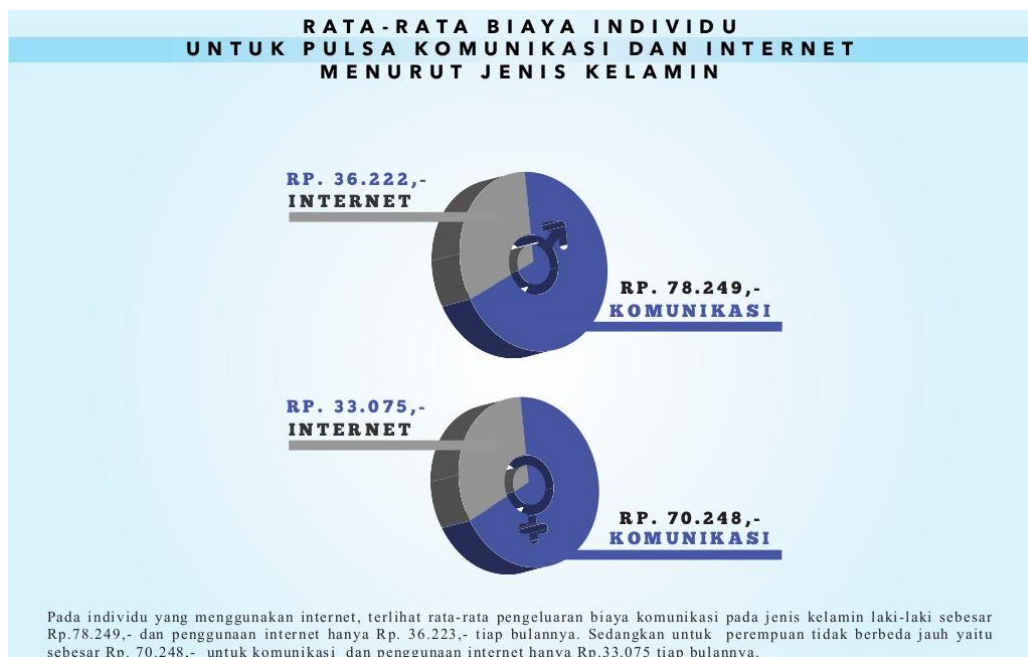
Proyeksi Jumlah Pelanggan

4.1.1.1 Profil Pengguna potensial

Karena dalam realisasinya, penempatan BWA ini diposisikan pada public area guna memfokuskan sasaran segmentasi dan calon pelanggannya maka kriteria pelanggan yang ditargetkan adalah :

1. 15 % Karyawan Swasta
2. 30% Petani/Nelayan
3. 30% Wiraswasta
4. 25% Pelajar

Pertimbangan tersebut di dukung dari hasil survei MENKOMINFO yang menunjukkan anggaran belanja paket data internet masyarakat, berikut datanya terlampir pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Rata-Rata biaya Individu untuk pulsa komunikasi dan internet

4.1.1.2 Perkiraan jumlah pelanggan

Pada perhitungan proyeksi pelanggan yang digunakan oleh operator sellular, proyeksi jumlah user-nya ditentukan secara geometrik dengan pendekatan

scalability perangkat yang disesuaikan pada jumlah pertumbuhan penduduk area yang akan dicover ditambah dengan perhitungkan *Handoff factor*, dengan tahapan:

1. **Pertama**, menentukan terlebih dahulu jumlah kanal trafik yang bisa dibangun oleh setiap sektor per frekuensi (FA), kemudian jumlah kanal tsb dikalikan dengan jumlah FA yang dipakai, sehingga diperoleh jumlah kanal total trafik per sektor.
2. **Kedua**, konversikan jumlah kanal tersebut ke dalam Erlang (GOS 2%), angka yang diperoleh adalah kapasitas Erlang per sektor.
3. **Ketiga**, tentukan kapasitas Erlang per BTS dengan memperhitungkan Handoff factor.
4. **Keempat**, tentukan jumlah pelanggan per BTS berdasarkan Erlang/user. jumlah FA yang dipakai, sehingga diperoleh jumlah kanal total trafik per sektor.
5. **Kelima**, menghitung luas cakupan cell, luas cakupan dihitung dengan rumus propagasi model Hata. Cara menghitung radius adalah dengan menyamakan F dengan loss propagasi model Hata. Jadi satu persamaan dengan satu bilangan anu. Kalau radius diketahui maka luas cakupan dapat dihitung dengan rumus $S = 2,6 \times R^2$
6. **Keenam**, menghitung jumlah pelanggan dalam satu area layanan, Contoh : dari hasil perhitungan, luas masing-masing BTS berturut-turut adalah : 1,86 km² ; 6,86 km² dan 47,11 km². Dari hasil survey luas wilayah pelayanan bdsk morfologi berturut-turut adalah : 2,4 km² ; 30 km² dan 125 km². Dengan demikian akan diketahui berturut-turut jumlah BTS yang dibutuhkan dan jumlah pelanggan yang bisa dilayani.

Sedangkan pada proyeksi pelanggan BWA penentuan perkiraan jumlah user kedepan diproyeksikan secara statik melalui simulasi dilapangan. Hal ini dilakukan karena faktor sarana pendukung seperti luas area tempat akses (Cafe, ruang terbuka balai desa) dan fasilitas pendukung (kursi,dll) juga terbatas. Selain itu secara teknis sesuai dengan perencanaan coverege pun dibatasi hanya pada radius tertentu.

Dari hasil simulasi dilapangan selama kurun waktu 12 bulan didapatkan data jumlah pelanggan sebagai berikut :

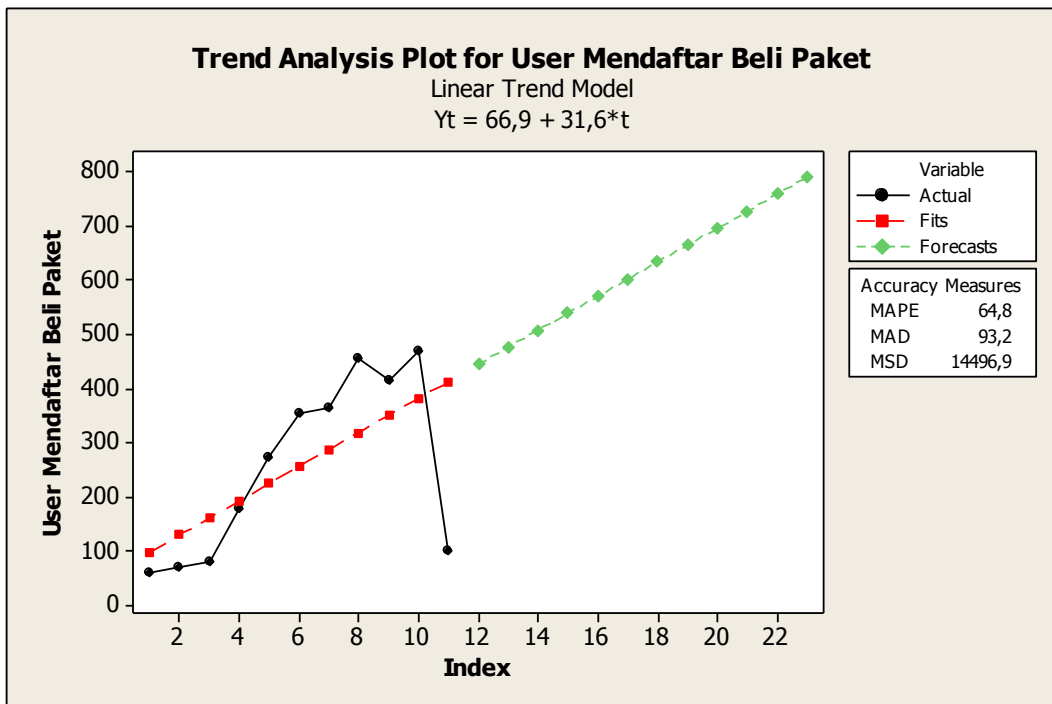
Tabel 4. 6 Pelanggan dalam 10 desa percontohan (30 Titik Hotspot)

Bulan (Masehi)	Bulan (Hijriah)	Jumlah Penduduk Potensial	Jumlah User terdaftar	Jumlah User membeli paket	Pentrasi
Januari 2016	Rabi'ul-Awwal – Rabi'ul-Akhir 1437	3000	59	59	1.9 %
Februari	Rabi'ul-Akhir – Jumadil-Awwal	3000	87	69	2.3 %
Maret	Jumadil-Awwal – Jumadil-Akhirah	3000	79	79	2.6 %
April	Jumadil-Akhirah – Rajab	3000	243	178	5.9 %
Mei	Rajab – Sya'ban	3000	292	272	9.1 %
Juni	Sya'ban – Ramadhan	3000	387	354	11.8 %
Juli	Ramadhan – Syawwal	4500	393	366	8.1 %
Agustus	Syawwal – Dzul-Qa'idah	4500	656	456	10.1 %
September	Dzul-Qa'idah – Dzul-Hijjah	3500	672	415	11.8 %
Oktober	Dzul-Hijjah – Muharram 1438	3500	698	471	13.4 %
November	Shafar 1438	3000	767	100	3.3 %

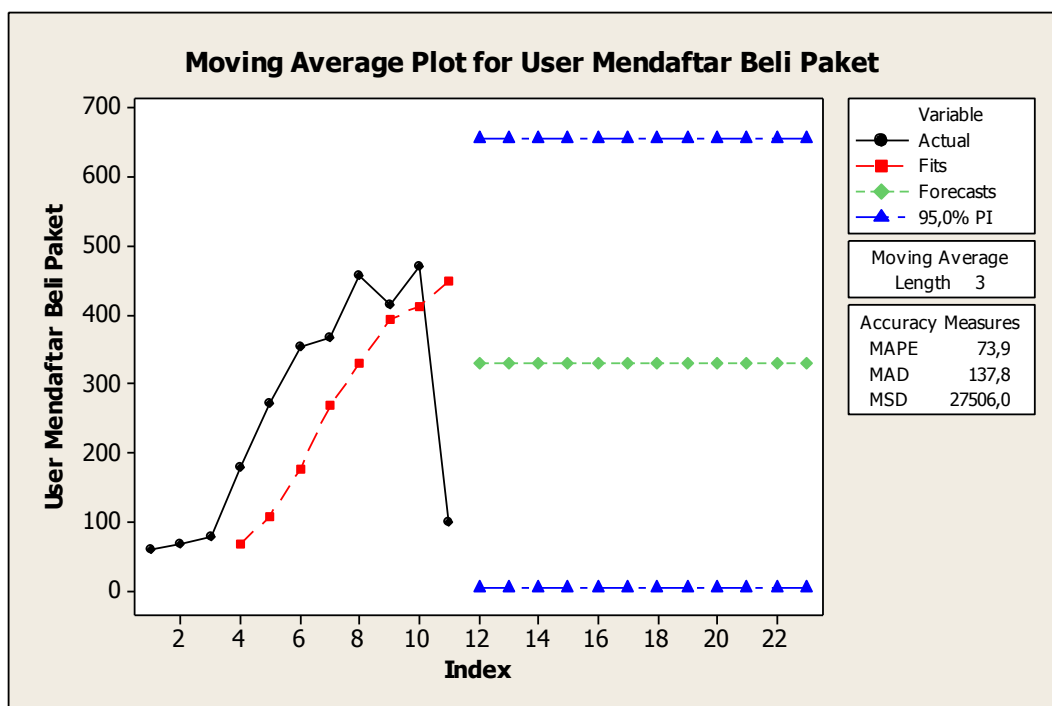
Catatan :

- 1) Lokasi desa percontohan berada dalam gabungan kawasan wisata bromo dan kawasan industri Pasuruan yaitu pada wilayah Kota Pasuruan (Balidono, Blarang, Cemoro, Kandangan, Kayukebek, Lebakrejo, Mororejo, Ngadirejo, Ngadiwono, Nongkojajar, Tlogosari);
- 2) Jumlah Penduduk Potensial dibulan Januari (*Rabi'ul Awwal - Awal Ramadhan*) Hingga Juni di asumsikan sebanyak 300 Orang per desa, sedangkan pada Juli (*Ramadhan - Dzul-Qa'idah*) hingga Agustus di asumsikan sebanyak 450 Orang per desa dan pada September (Dzul Qa'idah – Dzul Hijjah) Oktober sebanyak 350 orang. Dengan total penduduk desa diatas 2000 orang dan 40% adalah penduduk dengan usia produktif (21-38 tahun) sesuai dengan kriteria profile pelanggan potensial.

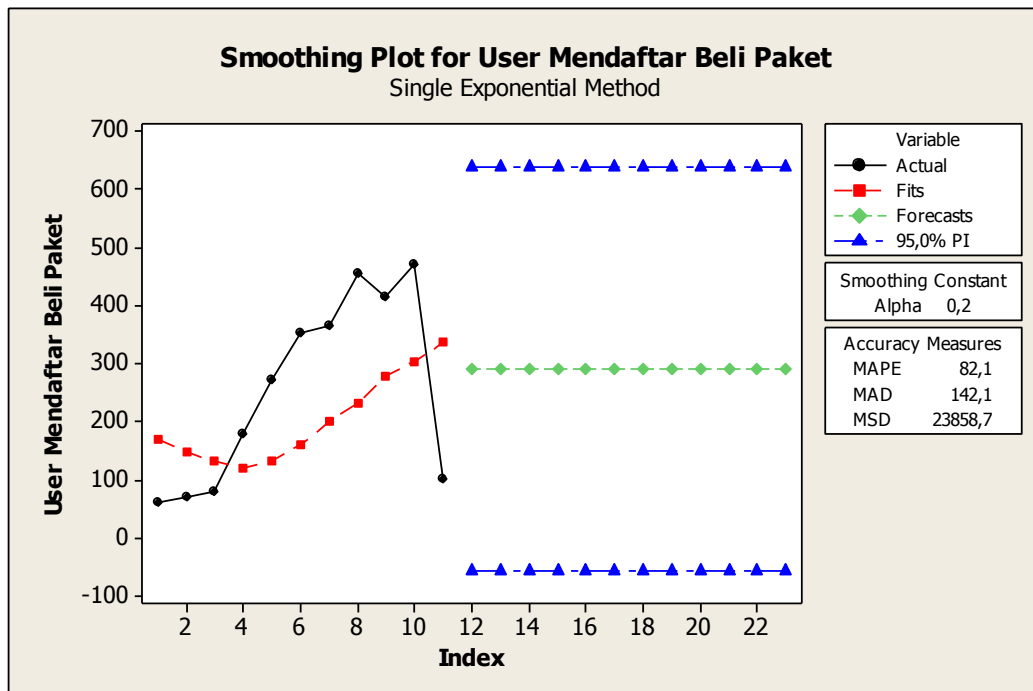
Dari data di atas, perkiraan jumlah user kedepan diproyeksikan dengan metode peramalan melalui pendekatan kuantitatif yaitu metode *forecasting linear trend, moving average trend forecasting* dan *exponential trend forecasting*. Metode tersebut akan dikolaborasikan dengan hasil study kelayakan oleh pihak team marketing melalui pendekatan kuantitatif (*marketing research*), didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 11 Peramalan Linier



Gambar 4. 12 Peramalan Moving Average

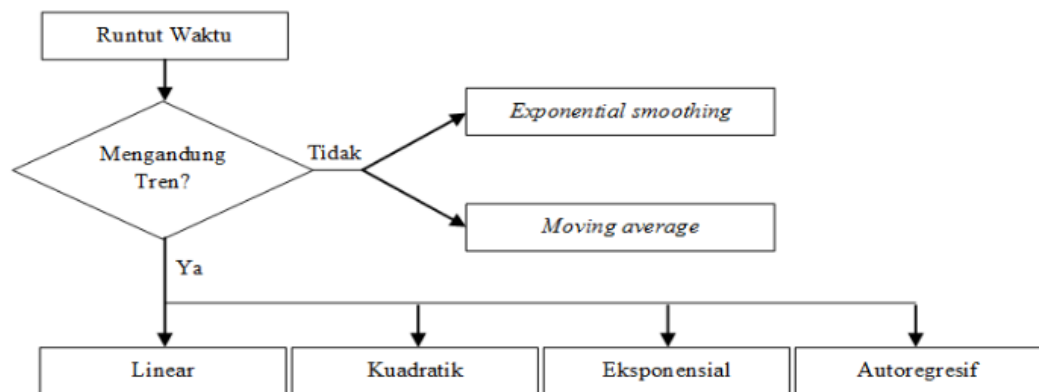


Gambar 4. 13 Peramalan Smoothing Plot

Keakuratan suatu model peramalan bergantung pada seberapa dekat nilai hasil peramalan terhadap nilai data yang sebenarnya. Perbedaan atau selisih antara nilai aktual dan nilai ramalan disebut sebagai “kesalahan ramalan (*forecast error*)”.

Kesalahan ramalan dapat dilihat pada hasil *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD), dimana MAPE menunjukkan rata-rata kesalahan absolut prakiraan dalam bentuk persentasenya terhadap data aktualnya, Sedangkan MAD merupakan nilai total absolut dari *forecast error* dibagi dengan data. Atau yang lebih mudah adalah nilai kumulatif absolut error dibagi dengan periode.

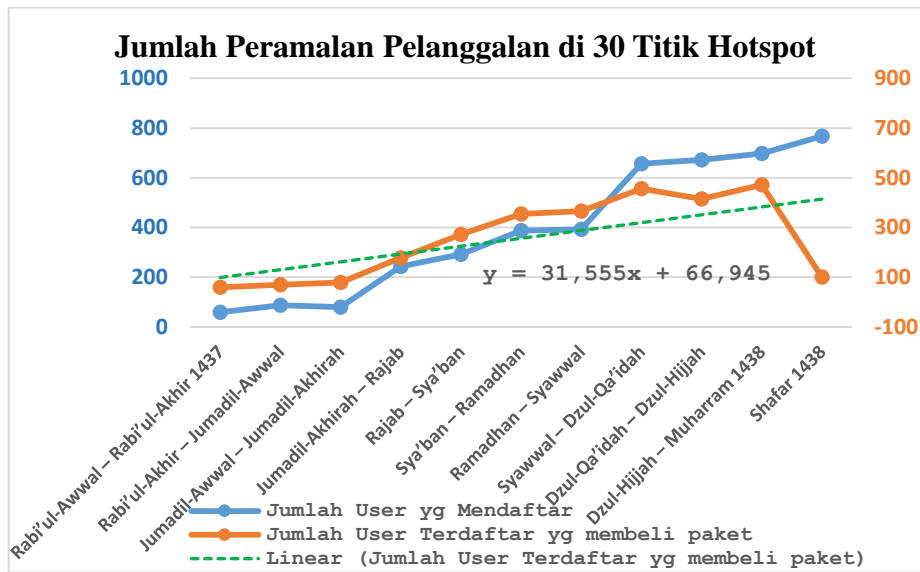
Dari hasil pengujian peramalan dengan tiga metode yang di tunjukkan pada gambar 4.11,4.12 dan 4.13. didapatkan hasil peramalan metode linier yang dapat digunakan sebagai acuan, karena jika mengacu pada indikator metode tersebut memiliki nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu MAD 93.2 dan MAPE 64.8. dan juga pendapat Kuncoro, M. (2011) dalam Metode Kuantitatif, Teori dan Aplikasi untuk Bisnis dan Ekonomi edisi keempat seperti pada ilustrasi gambar 4.14 dibawah ini



Gambar 4. 14 Penentuan model runtun waktu (Kuncoro, 2011)

Tabel 4. 7 Peramalan Pelanggan dalam 10 desa percontohan (30 Titik Hotspot)

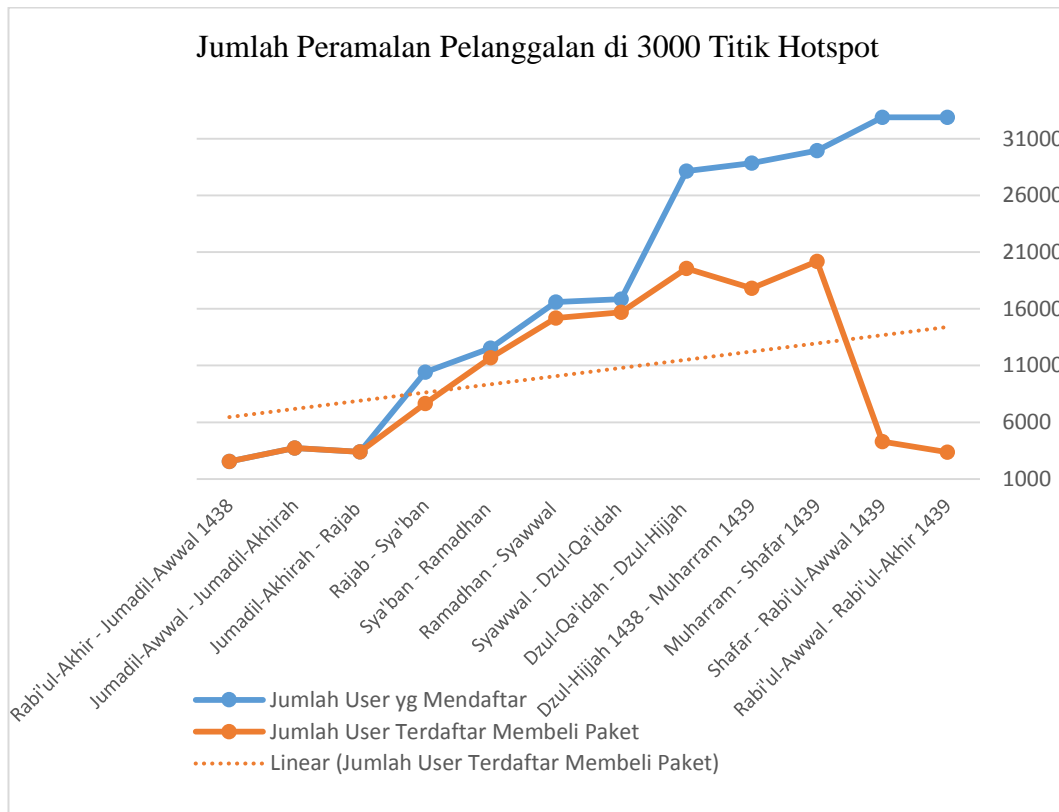
Bulan (Masehi)	Bulan (Hijriah)	User Mendaftar Beli Paket	Peramalan linear	Peramalan Moving	Peramalan Exponential
Januari 2016	Rabi'ul-Awwal – Rabi'ul-Akhir 1437	59	446	329	290
Februari	Rabi'ul-Akhir – Jumadil-Awwal	69	477	329	290
Maret	Jumadil-Awwal – Jumadil-Akhirah	79	509	329	290
April	Jumadil-Akhirah – Rajab	178	540	329	290
Mei	Rajab – Sya'ban	272	572	329	290
Juni	Sya'ban – Ramadhan	354	603	329	290
Juli	Ramadhan – Syawwal	366	635	329	290
Agustus	Syawwal – Dzul-Qa'idah	456	666	329	290
September	Dzul-Qa'idah – Dzul-Hijjah	415	698	329	290



Gambar 4.15 Proyeksi Pelanggan di 30 Titik Hotspot

Jumlah peningkatan pelanggan terjadi pada bulan Juli – Oktober seperti yang terlihat pada gambar 4.15. Jika dilihat dari kalender Hijriah bertepatan pada acara besar umat Islam yaitu pada bulan Syawwal - Dzul-Hijjah. Karena Jumlah penduduk Indonesia mayoritas beragama islam, sudah menjadi tradisi bagi umat Islam untuk berlibur dan pulang kampung walaupun pada bulan-bulan tersebut, Walau sebagian besar penduduk didaerah percontohan tersebut adalah mayoritas umat beragama Hindu (Desa tengger).

Hal ini mendorong peningkatan jumlah penduduk produktif hingga 80 % di daerah tersebut serta sebagian dari masyarakat yang datang dari kota sudah terbiasa menggunakan akses internet di daerah perkotaan, dan didaerah tersebut walau sudah tercover jaringan cellular namun hanya pada teknologi GPRS dan/atau Edge. Maka jika hasil proyeksi diatas jika digunakan sebagai dasar perhitungan pada Poyeksi Pelanggan dalam 300 desa (1000 titik hotspot) dalam 12 bulan seperti yang terlihat pada gambar 4.16



Gambar 4. 16 Proyeksi Pelanggan di 3000 Titik Hotspot

Tabel 4. 8 Proyeksi Pelanggan dalam 300 desa (940 titik hotspot) dalam 12 bulan

Bulan (Masehi)	Bulan (Hijriah)	Jumlah Penduduk Potensial	Jumlah User terdaftar	Jumlah User membeli paket	Pentiasi
Januari 2017	Rabi'ul-Akhir - Jumadil-Awwal 1438	128700	2541	2541	39.8 %
Februari	Jumadil-Awwal - Jumadil-Akhirah	128700	3729	3729	40.0 %
Maret	Jumadil-Akhirah - Rajab	128700	3399	3399	43.6 %
April	Rajab - Sya'ban	128700	10428	7656	57.2 %
Mei	Sya'ban - Ramadhan	128700	12540	11682	60.6 %
Juni	Ramadhan - Syawwal	128700	16599	15180	43.0 %
Juli	Syawwal - Dzul-Qa'idah	193050	16863	15708	70.7 %
Agustus	Dzul-Qa'idah - Dzul-Hijjah	193050	28149	19569	84.5 %
September	Dzul-Hijjah 1438 - Muharram 1439	150150	28842	17820	85.2 %
Oktober	Muharram - Shafar 1439	150150	29964	20196	37.2 %
November	Shafar - Rabi'ul-Awwal 1439	128700	32901	4290	36.7 %
Desember 2017	Rabi'ul-Awwal - Rabi'ul-Akhir 1439	128700	32901	3354	40.9 %

Catatan :

- Jumlah Penduduk Potensial dibulan Januari (*Rabi'ul Akhir- Awal Ramadhan*) Hingga Mei diasumsikan sebanyak 600 Orang per desa, sedangkan pada Juni (*Ramadhan - Dzul-Qa'idah*) hingga Juli di asumsikan sebanyak 900 Orang per desa dan pada Agustus (*Dzul Qa'idah – Dzul Hijjah*) September sebanyak 750 orang. Dengan total penduduk desa diatas 2000 orang dan 40% adalah penduduk dengan usia produktif (21-38 tahun) sesuai dengan kriteria profile pelanggan potensial (Point 4.1.4.1).
- Penetrasi penggunaan internet di dukung dengan publikasi dan sosialisasi secara masif dan komprehensif dari team marketing
- Penetrasi penggunaan akses internet dihitung dengan perbandingan jumlah akun yang terdaftar dan telah membeli paket data dengan jumlah penduduk usia produktif yang potensial menggunakan internet .
- Dengan dasar pertimbangan proyeksi pelanggan adalah Demografi pengguna internet di Indonesia masih didominasi pada area perkotaan padahal menurut Direktur Perkotaan dan Perdesaan Deputi Kementerian PPN/Bapenas Bidang Pengembangan Regional dan Otonomi Daerah, Suprayoga Hadi Pada 2015, 56 persen penduduk Indonesia tinggal di kota sedangkan sisanya di desa, padahal sesungguhnya wilayah Indonesia 80 persen masih pedesaan. Artinya ada potensi besar yang belum tergarap secara maksimal dalam bidang industri telekomunikasi di area pedesaan
- Bila memperhitungkan faktor hand off sebesar 20% maka per titik hotspot dikurangi dengan 20% untuk persediaan bila ada pengguna dari luar sel masuk ke sel yang baru.

Perencanaan Titik Hotspot

Perencanaan coverage akan dibagi berdasarkan pembagian persebaran sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Lokasi yang akan di jangkau

KOTA	DESA	JUMLAH HOTSPOT
Gresik	<ul style="list-style-type: none">• Daerah Bungah• Daerah Duduksampeyan• Daerah Tanggapan• Daerah Ujungpangkah• Daerah Petung• Daerah Pedesaan• Daerah Drajat• Daerah Kebomas	40 Lokasi dengan 120 Titik
Lamongan	<ul style="list-style-type: none">• Daerah Mantup• Daerah Pajaman• Daerah Tanjungkodok	20 Lokasi dengan 60 Titik
Surabaya	<ul style="list-style-type: none">• Daerah Asem Rowo	20 Lokasi dengan 40 Titik

KOTA	DESA	JUMLAH HOTSPOT
	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Benowo • Daerah Kenjeran • Daerah Bulak • Daerah Gununganyar • Daerah Karangpilang 	
Sidoarjo	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Arteri Porong • Daerah Kalisawah • Daerah Ngaban • Daerah Tanggulangin • Daerah Sawotratap • Daerah Buduran • Daerah Tulangan • Daerah Candi 	40 Lokasi dengan 120 Titik
Krian	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Krian • Daerah Ngaresrejo • Daerah Balong Pandan 	20 Lokasi dengan 60 Titik
Mojokerto	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Puri • Daerah Mojosari • Daerah Jatirejo • Daerah Ngoro • Daerah Ngoro/Pungging 	40 Lokasi dengan 120 Titik
Jombang	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Terongan • Daerah Sowobito • Daerah Diwek • Daerah Mojoagung • Daerah Grobogan 	30 Lokasi 90 Titik
Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Pasuruan • Daerah Rejoso • Daerah Karang Ketug • Daerah Jl R. PSR • Daerah Jl R. MLG PSR 	30 Lokasi 90 Titik
Pandaan	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Bakalan • Daerah Lumansih • Daerah Prigen 	30 Lokasi 90 Titik
Bangil	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Satak • Daerah Bangil 	20 Lokasi 60 Titik
Malang	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Purworedjo • Daerah Purworedjo • Daerah Purwodadi • Daerah Lawang • Daerah Singosari 	33 Lokasi 60 Titik

KOTA	DESA	JUMLAH HOTSPOT
	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Karanglo • Daerah Sawojajar • Daerah Kebalen • Daerah Mergosono • Daerah Buring • Daerah Gadang 	
Batu	<ul style="list-style-type: none"> • Daerah Bumiaji • Daerah Junrejo 	10 Lokasi 30 Titik

Perhitungan Demand Traffic dan Kebutuhan Kapasitas Jaringan

Kapasitas (*Avability*) yang besar dan kecepatan data (*Reability*) tertinggi merupakan dua dari banyak faktor yang mempengaruhi performa jaringan pada teknologi-teknologi nirkabel pita lebar. Sementara dampak dari aspek-aspek lainnya seperti throughput, spektrum dan latensi merupakan hal yang fundamental bagi suksesnya jaringan masa depan.

Menyadari bahwa penetrasi langganan mobile hotspot broadband diharapkan tumbuh mendekati 80%, dengan peningkatan lebih dari 800 akun langganan perdaerah, penting bagi operator untuk terus mengoptimalkan jaringan performa dan memastikan jaringan-jaringan yang fleksibel untuk menghadapi pengembangan yang luar biasa ini.

Proyeksi Demand Traffic

Jumlah titik hotspot yang akan direalisasikan adalah 940 titik dengan alokasi bandwidth secara statik sebesar 3Mbps (aggregate download dan upload) perlokasi maka proyeksi demand traffic adalah :

Tabel 4. 10 Proyeksi Demand Traffic

KOTA	JUMLAH HOTSPOT	DEMAND TRAFFIC
Gresik	40 Lokasi dengan 120 Titik	40 X 3Mbps = 120 Mbps
Lamongan	20 Lokasi dengan 60 Titik	20 X 3Mbps = 60 Mbps
Surabaya	20 Lokasi dengan 40 Titik	20 X 3Mbps = 60 Mbps
Sidoardjo	40 Lokasi dengan 120 Titik	40 X 3Mbps = 120 Mbps

Krian	20 Lokasi dengan 60 Titik	20 X 3Mbps = 60 Mbps
Mokokerto	40 Lokasi dengan 120 Titik	40 X 3Mbps = 120 Mbps
Jombang	30 Lokasi 90 Titik	30 X 3Mbps = 90 Mbps
Pasuruan	30 Lokasi 90 Titik	30 X 3Mbps = 90 Mbps
Pandaan	30 Lokasi 90 Titik	30 X 3Mbps = 90 Mbps
Bangil	20 Lokasi 60 Titik	20 X 3Mbps = 60 Mbps
Malang	33 Lokasi 60 Titik	33 X 3Mbps = 99 Mbps
Batu	10 Lokasi 30 Titik	10 X 3Mbps = 30 Mbps

Kebutuhan Kapasitas Jaringan

. Untuk menjamin ketersediaan link secara optimal maka kapasitas yang disiapkan setiap titik akses adalah sebesar 5Mbps(aggregate download dan upload).

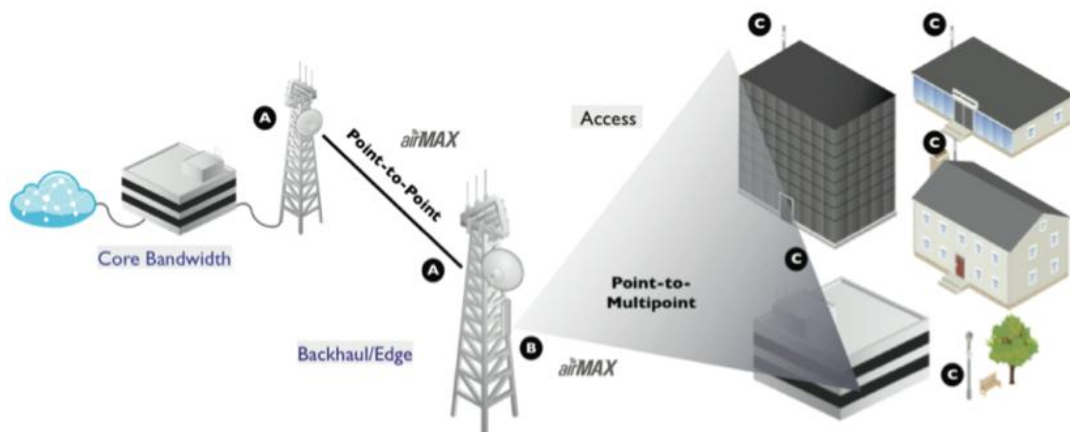
Tabel 4. 11 Proyeksi Demand Traffic VS Target Kapasitas Throughput

KOTA	DEMAND TRAFFIC (Total Bandwith)	TARGET KAPASITAS THROUGHPUT
Gresik	40 X 3Mbps = 120 Mbps	40 X 5Mbps = 200 Mbps
Lamongan	20 X 3Mbps = 60 Mbps	20 X 5Mbps = 100 Mbps
Surabaya	20 X 3Mbps = 60 Mbps	20 X 5Mbps = 100 Mbps
Sidoardjo	40 X 3Mbps = 120 Mbps	40 X 5Mbps = 200 Mbps
Krian	20 X 3Mbps = 60 Mbps	20 X 5Mbps = 100 Mbps
Mokokerto	40 X 3Mbps = 120 Mbps	40 X 5Mbps = 200 Mbps
Jombang	30 X 3Mbps = 90 Mbps	30 X 5Mbps = 150 Mbps
Pasuruan	30 X 3Mbps = 90 Mbps	30 X 5Mbps = 150 Mbps
Pandaan	30 X 3Mbps = 90 Mbps	30 X 5Mbps = 150 Mbps
Bangil	20 X 3Mbps = 60 Mbps	20 X 5Mbps = 100 Mbps
Malang	33 X 3Mbps = 99 Mbps	33 X 5Mbps = 165 Mbps
Batu	10 X 3Mbps = 30 Mbps	10 X 5Mbps = 50 Mbps

4.2 PENGUJIAN JARINGAN

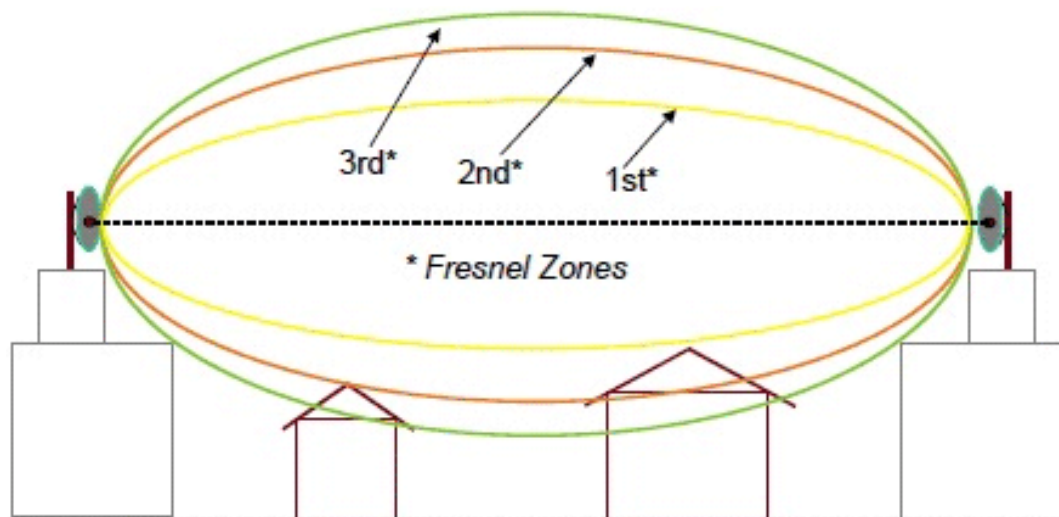
Skenario Pengujian Kapasitas Jaringan

Pengujian dilakukan dengan topologi point to point, dimana topologi ini bersifat komunikasi langsung (*Direct Communication*) komunikasi dan juga dengan topologi point to multi point. seperti pada gambar 4.17 dengan menggunakan frekuensi 5 GHz, 24 G.



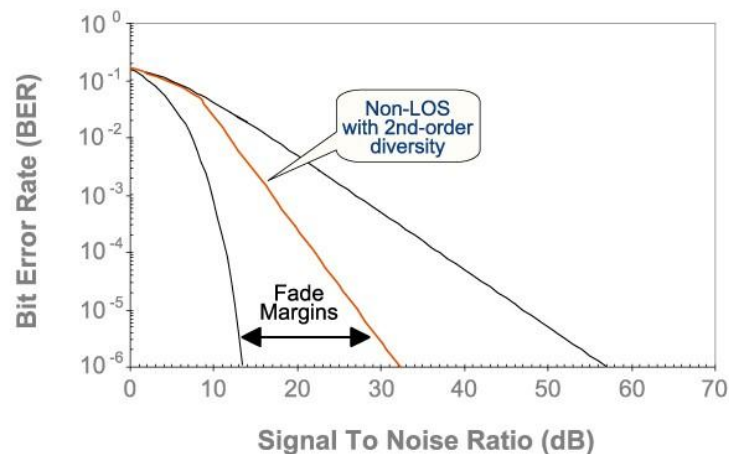
Gambar 4. 17 Koneksi PtP dan PtMP (Sumber : Ubiquiti Network)

Syarat Utama adalah harus memenuhi kriteria LOS (Line Of Sight) atau terlihat tanpa ada penghalang di antaranya, boleh ada penghalang di antaranya tetapi tidak boleh masuk dalam area Jari-jari pertama Fresnel Zone 1 seperti pada ilustrasi gambar 4.17



Gambar 4. 18 Fresnel Zone (Sumber : DigitalAir Wireless Networks)

Daya yang digunakan juga harus di sesuaikan, harus ada cadangan power jika terjadi hujan dan redaman atmosfer seperti ilustrasi pada Gambar 4.18 tentang Adaptive Modulation And Coding, Cadangan power untuk mengantisipasi redaman disebut *Fading Margin*.

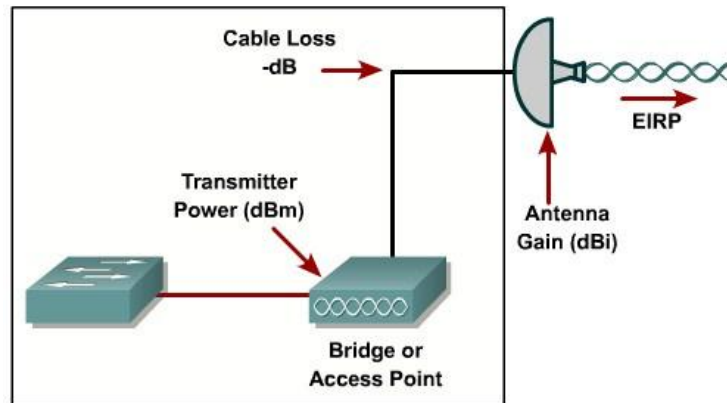


Gambar 4. 19 Fading Margin.
 (Sumber : Victor Shtrom and Jose Tellado 2002)

Perhitungan daya yg dibutuhkan antara 2 titik dengan jarak tertentu disebut Link Budget, didalam Link Budget, hasil yang utama yang dinilai dalam link budget adalah perhitungan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). EIRP adalah total energi yang di keluarkan oleh sebuah access point dan antenna. Saat sebuah Access Point mengirim energinya ke antenna untuk di pancarkan, sebuah kabel mungkin ada diantaranya. Beberapa pengurangan besar energi tersebut akan terjadi di dalam kabel. Untuk mengimbangi hal tersebut, sebuah antenna menambahkan power / Gain, dengan demikian power bertambah. Jumlah penambahan power tersebut tergantung tipe antenna yang digunakan. FCC dan ETSI mengatur besar power yang bisa dipancarkan oleh antenna. EIRP inilah yang digunakan untuk memperkirakan area layanan sebuah alat wireless, rumus dari EIRP adalah :

$$\text{EIRP} = \text{Power Output Transmitter (AP)} - \text{Cable loss} + \text{Antenna Gain}$$

Selain kondisi lintasan harus LOS, ada beberapa faktor yang mempengaruhi transmisi signal wireless di udara, seperti Free Path Loss, Penyerapan Signal, Pemantulan Signal, Pemecahan Signal dan Pembelokan Signal. Berikut penjelasan singkatnya ter ilustrasi pada gambar 4.20



Gambar 4. 20 EIRP (sumber : <http://sciencepole.com>)

Free Path Loss

Model dimana sebuah signal yang menjauhi sumbernya makin lama akan menghilang. Ilustrasinya seperti saat menjatuhkan batu secara vertikal ke sebuah kolam air, akan terbentuk gelombang yang menjauhi titik batu dijatuhkan dan semakin jauh semakin menghilang, namun tidak berhenti, hanya menghilang. Sama halnya seperti signal Gelombang Radio

Absorption (Penyerapan/Peredaman Signal)

Seperti diketahui semakin besar Amplitudo gelombang (Power) semakin jauh signal dapat memancar. Ini baik karena dapat menghemat access point dan menjangkau lebih luas. Dengan mengurangi besar amplitudo (Power) suatu signal, maka jarak jangkauan signal tersebut akan berkurang. Faktor yang mempengaruhi transmisi wireless dengan mengurangi Amplitudo (Power) disebut Absorption (Penyerapan signal). Efek dari Penyerapan adalah panas. Masalah yang dapat dihadapi ketika signal di serap seluruhnya adalah, signal berhenti. Namun efek ini tidak mempengaruhi/ merubah panjang gelombang dan frekuensi dari signal tersebut. Contoh benda yang dapat menyerap signal adalah Tembok, tubuh manusia, dan karpet, benda yang dapat menyerap/meredam suara dapat meredam signal. Peredaman signal ini perlu diperhitungkan juga saat akan mendeploy jaringan nirkabel terutama dalam gedung, apalagi bila ada kaca dan karpet. karena dalam hal ini peredaman signal akan terjadi.

Pemantulan Signal

Signal radio bisa memantul bila menemui cermin/kaca. Biasanya banyak terjadi pada ruangan kantor yang di sekat. PemantulanI pun tergantung dari frekuensi signalnya. Ada beberapa frekuensi yang tidak terpengaruh sebanyak frekuensi yang lainnya. Dan salah satu efek dari pemantulan signal ini adalah terjadinya Multipath. Multipath artinya singnal datang dari 2 arah yang berbeda. Karakteristiknya adalah penerima kemungkinan menerima signal yang sama beberapa kali dari arah yang berbeda. Ini tergantung dari panjang gelombang dan posisi penerima. Karakteristik lainnya adalh Multipath dapat menyebabkan signal yang = nol, artinya saling membatalkan, atau dikenal dengan istilah Out Of Phase signal.

Pemecahan Signal / Scattering

Isu dari pemecahan signal terjadi saat signal dikrim dalam banyak arah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa objek yang dapat memantulkan signal dan ujung yang lancip, seperti partikel debu di air dan udara. Ilustrasinya dalah menyinari lampu ke pecahan kaca. Cahaya akan dipantulkan ke banyak arah dan menyebar. Dalam skala besar adalah bayangkan saat cuaca hujan. Hujan yang besar mempunyai kemampuan memantulkan signal. oleh karena itu disaat Hujan , signal wireless dapat terganggu.

Pembelokan Signal / Refraction

Refraction adalah perubahan arah, atau pembelokan dari signal disaat signal melewati sesuatu yang beda massanya. Sebagai contoh signal yang melewati segelas air. Signal ada yang di pantulkan dan ada yang dibelokkan.

Pengujian Kapasitas Jaringan

Metode dalam pengujian kapasitas ini akan dilakukan dengan dua cara, yaitu teknik simulasi pada kondisi nyata dilapangan dan simulasi laboratorium yang mereplikasi kondisi nyata dilapangan. Sebelum dilakukan pengujian, setiap perangkat akan di kalkulasikan kapasitas maksimalnya jika dala kondisi ideal (tanpa dipengaruhi *noise* dan *inteferensi*) dengan metode Link Budget.

Link budgeting adalah perhitungan dari keseluruhan gain dan loss dari pemancar melalui media seperti udara, kabel, fiber, dll ke penerima dalam system telekomunikasi. Hal ini memperhitungkan pelemahan dari signal yang di kirim selama transmisi selayaknya yang melalui antenna.

4.2.1.1 Pengujian berdasarkan Jarak

Pengujian Berdasarkan Jarak untuk menguji pengaruh Tx Power (*signal strength*) dan gain Antena terhadap kemampuan Daya Transmitter dan Daya Receiver Perangkat telekomunikasi berbasis nirkabel.

Bagaimana sebenarnya menghitung dengan benar kekuatan wireless yang dapat menghasilkan pencapaian signal wireless menjadi excellent sampai di komputer anda. Beberapa pertanyaan yang sering muncul diantaranya seperti:

- Berapa besar power (dB) yang dibutuhkan dengan jarak tertentu yang ada.
- Berapa besar jarak maksimum antara transmitter (pemancar) dengan receiver (penerima) agar mendapatkan kualitas penerimaan yang masih tergolong normal.

Jarak Maksimum

Dalam menghitung kekuatan wireless outdoor maksimum dapat dihitung dengan menghitung selisih signal radio yang kehilangan sebagian power, mulai signal dipancarkan karena akan ada power yang menyebar selain dari arah jalannya signal tersebut. FSPL (Free Space Path Lost), akan mengukur daya yang hilang dalam ruang bebas hambatan, FSPL ini penting diketahui untuk mengetahui perkiraan jarak antara pemancar dan penerima yang ideal sekaligus menjaga kualitas link pada kecepatan transfer data yang berbeda.

$$\text{Rumus FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

d = distance (jarak)

f = frekuensi

K = konstanta yang bergantung pada satuan jarak antara d dan f.

Jika jarak diukur dengan satuan KM dan f diukur dengan satuan MHz, maka rumusnya akan menjadi seperti ini

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32.44$$

Jika jarak diukur dengan satuan KM dan f diukur dengan satuan GHz, maka rumusnya akan menjadi seperti ini.

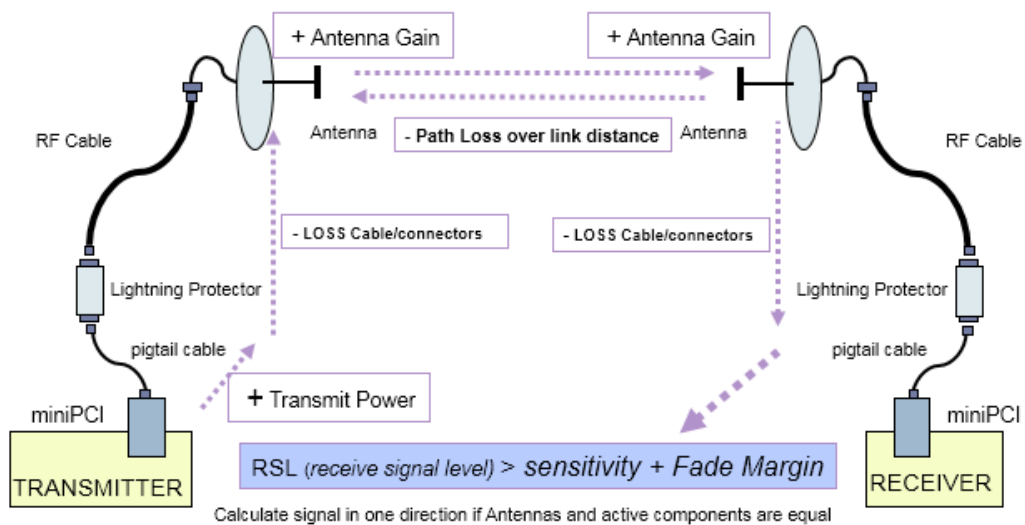
$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92.45$$

Sedangkan jika jarak diukur dengan satuan M dan f diukur dengan satuan MHz, maka rumusnya akan menjadi seperti ini.

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 27.55$$

Dalam penulisan tesis ini yang akan ambil konstanta dengan satuan frekuensi GHz. FSPL dapat dihitung dengan rumus seperti yang tergambar pada gambar 4.21, dimana FSPL dapat di hitung dari data Fade Margin Equation.

$$\text{Free Space Path Loss} = \text{Tx Power} - \text{Tx Cable Loss} + \text{Tx Antenna Gain} + \text{Rx Antenna Gain} - \text{Rx Cable Loss} - \text{Rx Sensitivity} - \text{Fade Margin}$$



Gambar 4. 21 Perhitungan Free Space Path Loss

Dari kedua FSPL equation diatas dapat menghitung jarak. $\text{Distance (km)} = 10(\text{Free Space Path Loss} - 92.45 - 20\log_{10}(f))/20$

Contoh:

Ada sebuah perangkat wireless dengan spesifikasi sbb:

TX Power = 36 dBm (maksimum standard FCC US), TX Cable Loss = 1 dB, TX Antenna Gain = 24 dBi, RX Antenna Gain = 24 dBi (standard antenna Grid berbanding dengan antena isotropik (0 dBi), RX Cable Loss = 1 dB, RX Sensitivity = -68 dBm, -90 dBm (yang merupakan daya pancar minimum untuk mendapatkan throughput 54 Mbps), Fade Margin = 0, frekuensi yang digunakan 2.4 GHz

Perhitungan

Free Space Path Loss=Tx Power-Tx Cable Loss+Tx Antenna Gain+Rx Antenna Gain - Rx Cable Loss - Rx Sensitivity - Fade Margin

$$FSPL \rightarrow 36 - 1 + 24 + 24 - 1 - 68 - 0 = 14$$

$$\text{Distance (km)} = 10(\text{Free Space Path Loss} - 92.45 - 20\log_{10}(f))/20$$

$$D \rightarrow 10(14 - 92.45 - 20\log_{10}(2.4))/20 = - 40.425 \text{ KM}$$

Maka jarak yang dapat dicapai dengan perangkat wireless tersebut dalam radius 40,425 KM.

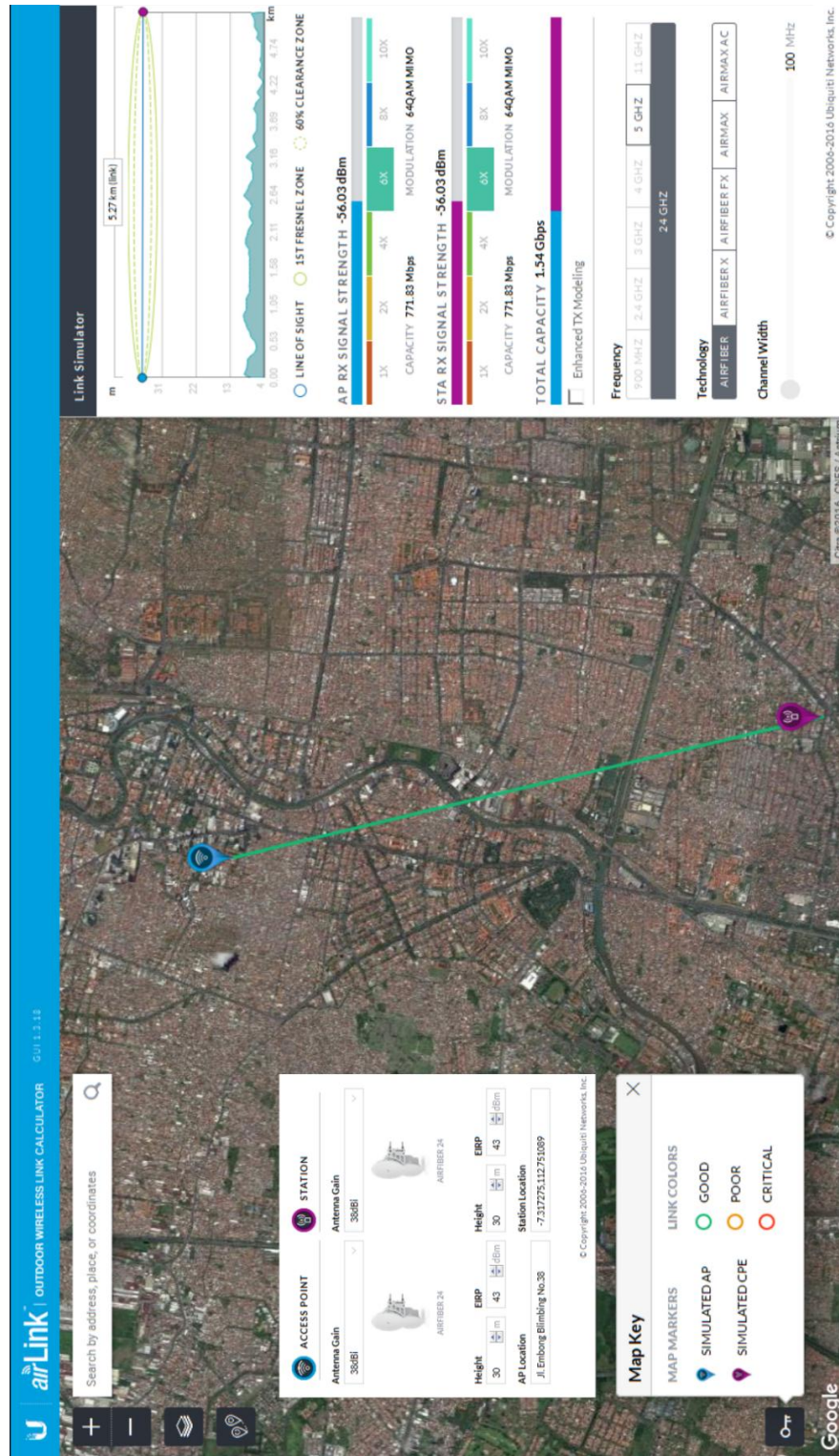
DETAIL PENGUJIAN PERANGKAT BACKHAUL TIER 3

Tabel 4. 12 Detail Perangkat Backhaul Tier 3 yang akan di Uji

DISTRIBUTION NETWORK		
PERUNTUKAN BACKHAUL TIER 3		
Information	AirFiber 24	AirFiber 5
Key Architecture	<ul style="list-style-type: none"> Hybrid Division Duplexing (HDD) Dual-independent Antenna Architecture (<i>simultaneous transmission and reception in the same time</i>) 	
Frequency	24Ghz	5Ghz
Max. Modulation	64QAM	1024QAM
Integrated Split Antenna	TX Gain 33 dBi RX Gain 38 dBi	TX Gain 23 dBi RX Gain 23 dBi
Beamwidth	< 3.5°	6°
Energy Con.	50W	40W

Hasil Pengujian Perangkat Tier 3 dengan Frekuensi 24Ghz

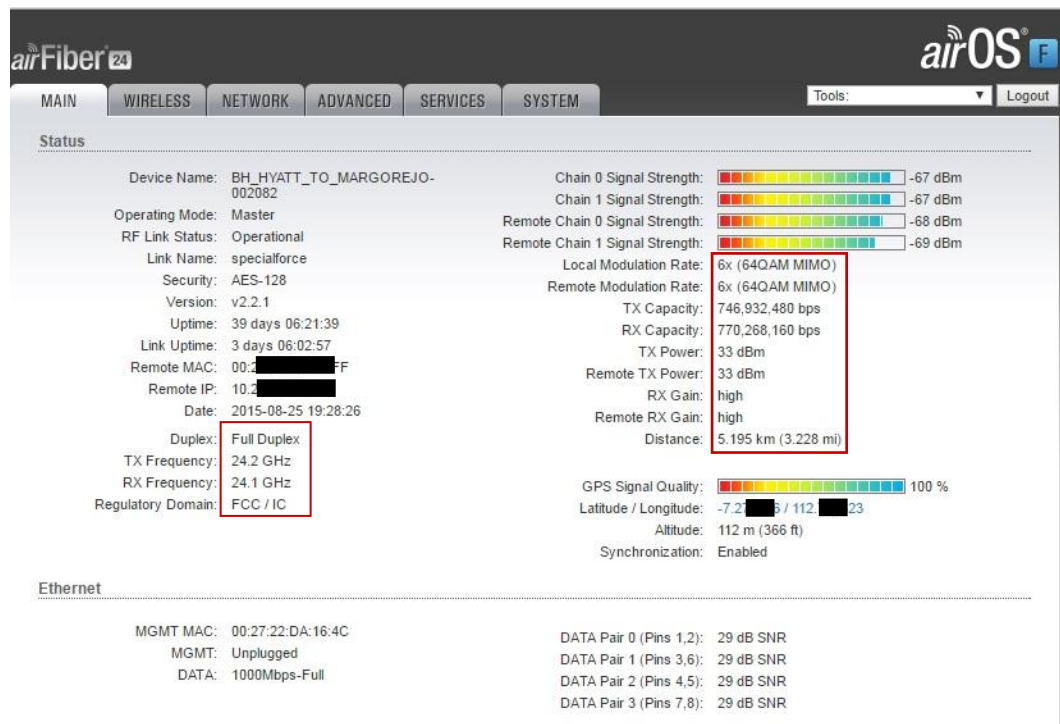
Perhitungan link budgetnya untuk jarak 5 Km adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 22 Link Budget perangkat bachaul tier 3 (24Ghz)

Dari Perhitungan Link Budget yang ditunjukkan pada gambar 4.22 di dapatkan hasil aggregate throughput sebesar 1,5 Gbps jika perangkat berada pada ketinggian 30 Meter dari permukaan tanah dan kedua perangkat mendapatkan signal strength – 50 dBm dan menghasilkan EIRP sebesar 43dBm.

Hasil



Gambar 4. 23 Test speed link the bachaul tier 3

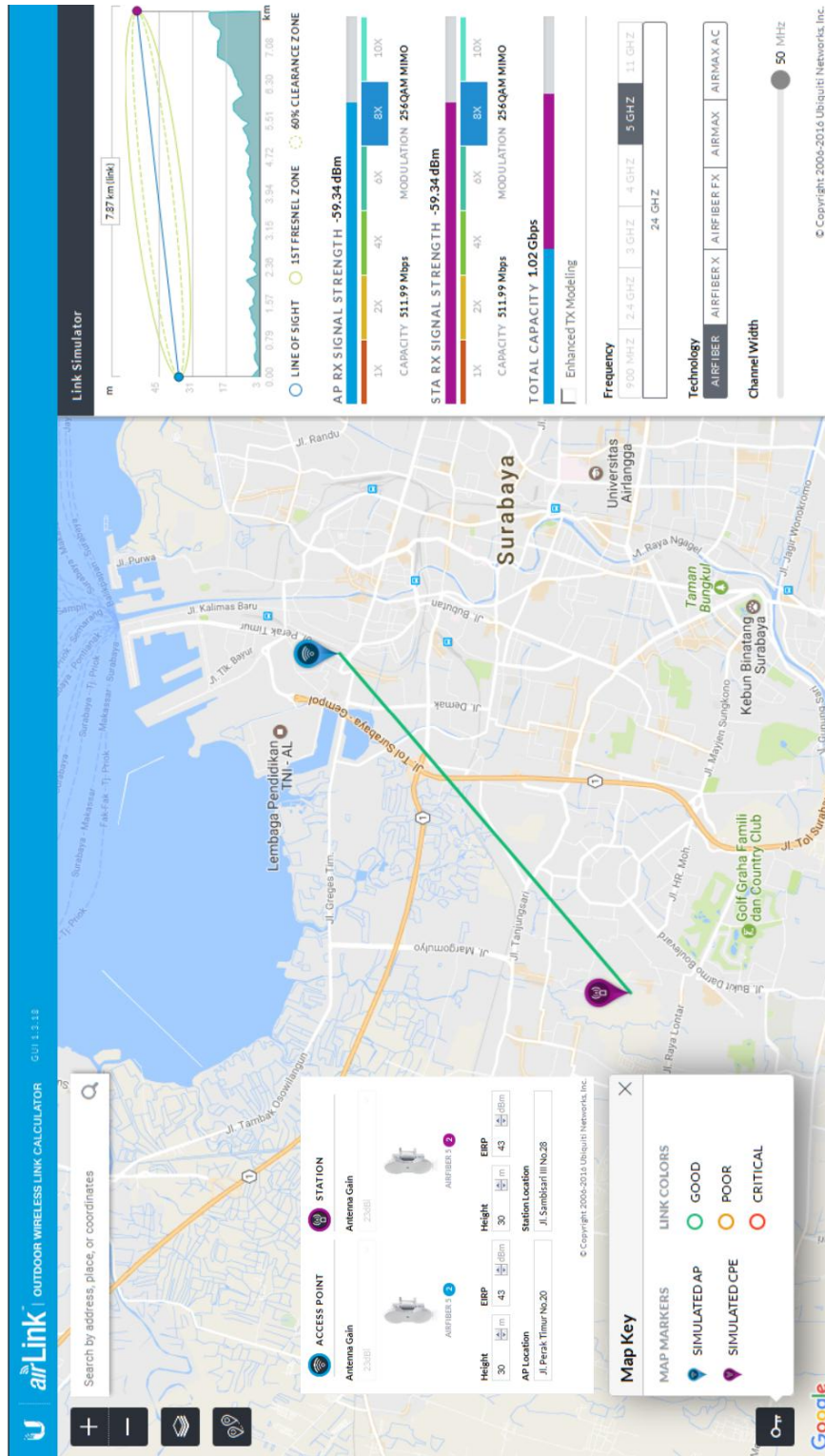
Didapatkan hasil aggregate throughput sebesar 1,5 Gbps dengan pembagian kapasitas pada TX (Upload) sebesar 746 Mbps dan RX (Download) 770 Mbps, hasil ini di dapatkan dengan signal strength – 67 dBm, dimana Modulation Rate mencapai pada modulasi tertinggi dari kemampuan perangkat tersebut yaitu 6X 64QAM MIMO sesuai dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.23

Tabel 4. 13 AF24 Receive Sensitivity

AF24 Receive Sensitivity			
Modulation	Sensitivity (dBm)	FDD Capacity (Mbps)	TDD Capacity(Mbps)
64QAM	-66	1500	760
16QAM	-72	1000	507
QPSK MIMO	-78	500	253
QPSK SISO	-80	250	127
¼ QPSK SISO	-87	62.5	31.7

Hasil Pengujian Perangkat Tier 3 dengan Frekuensi 5 Ghz

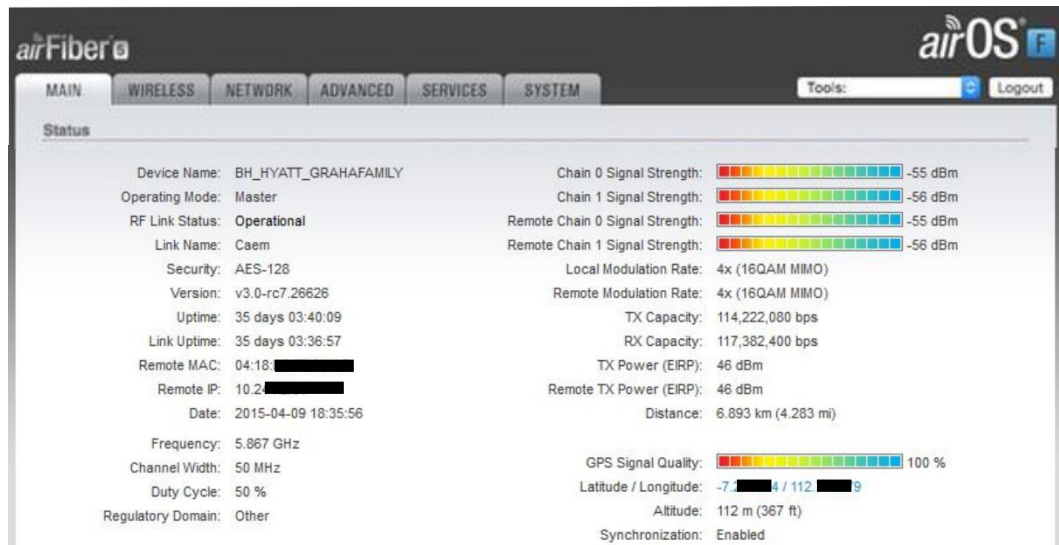
Perhitungan link budgetnya untuk jarak 7 Km adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 24 Link Budget perangkat bachaul tier 3 (5Ghz)

Dari Perhitungan Link Budget yang ditunjukkan pada gambar 4.24 di dapatkan hasil aggregate throughput sebesar 1 Gbps jika perangkat berada pada ketinggian 30 Meter dari permukaan tanah dan kedua perangkat mendapatkan signal strength – 59 dBm dan menghasilkan EIRP sebesar 43dBM.

Hasil



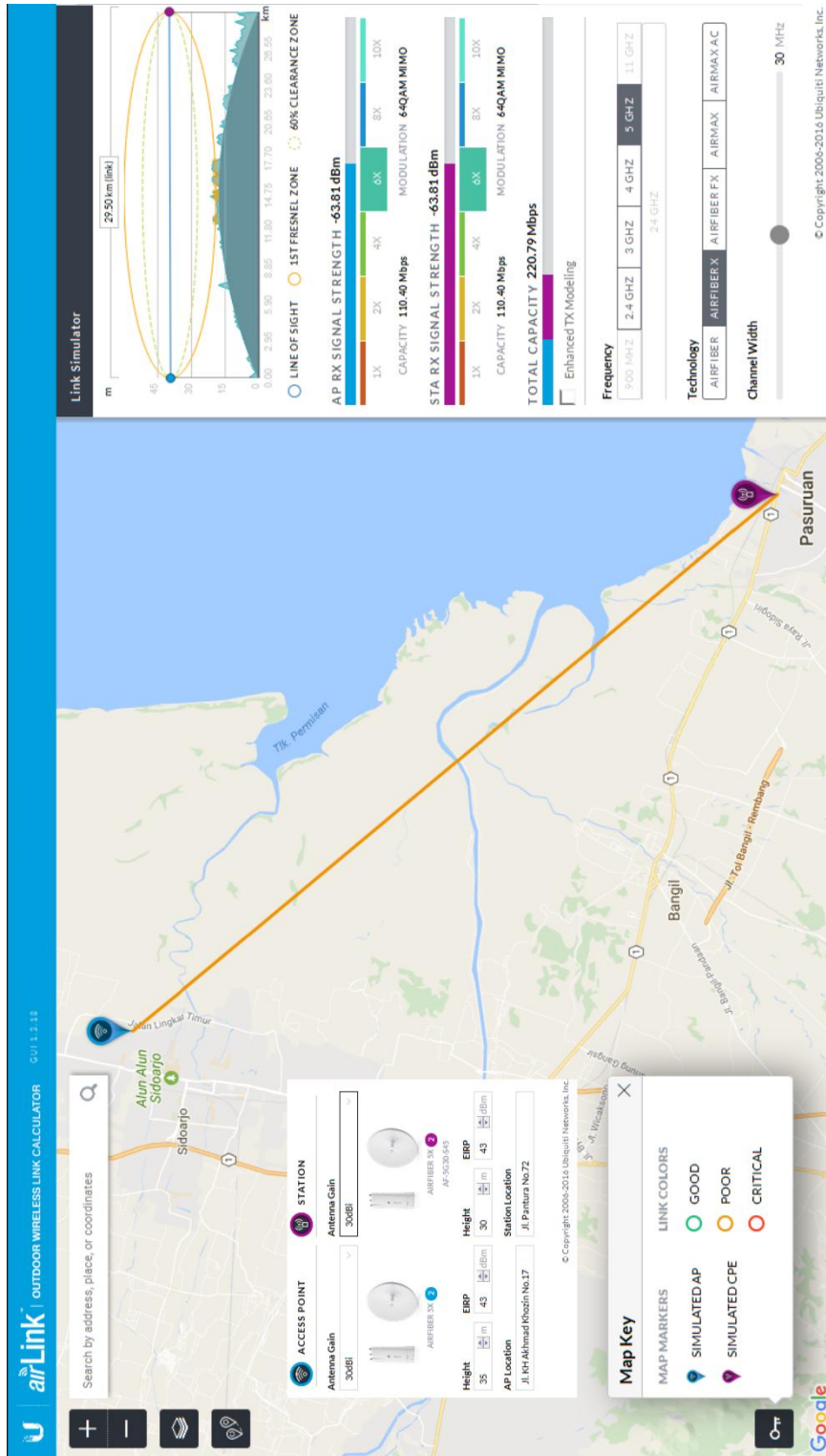
Gambar 4. 25 Test speed link the bachaul tier 3 (5Ghz)

Didapatkan hasil aggregate throughput sebesar 220Mbps dengan pembagian kapasitas pada TX (Upload) sebesar 746 Mbps dan RX (Download) 770 Mbps, hasil ini di dapatkan dengan signal strength – 67 dBm, dimana Modulation Rate mencapai pada modulasi medium dari kemampuan perangkat tersebut yaitu 4X 16QAM MIMO sesuai dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.25

Tabel 4. 14 AF5 Receive Sensitivity

AF5 Receive Sensitivity								
Rate	Modulation	Sensitivity (10 MHz)	Sensitivity (20 MHz)	Sensitivity (30 MHz)	Sensitivity (40 MHz)	Sensitivity (50 MHz)	FDD Capacity	TDD Capacity
10X	1024QAM	-63 dBm	-60 dBm	-59 dBm	-58 dBm	-57 dBm	1280 Mbps	640 Mbps
8X	256QAM	-70 dBm	-67 dBm	-66 dBm	-65 dBm	-64 dBm	1024 Mbps	512 Mbps
6X	64QAM	-77 dBm	-74 dBm	-73 dBm	-72 dBm	-71 dBm	768 Mbps	384 Mbps
4X	16QAM MIMO	-84 dBm	-81 dBm	-80 dBm	-79 dBm	-78 dBm	512 Mbps	256 Mbps
2X	QPSK MIMO	-90 dBm	-87 dBm	-86 dBm	-85 dBm	-84 dBm	256 Mbps	128 Mbps
1X	½ Rate QPSK	-93 dBm	-90 dBm	-89 dBm	-88 dBm	-87 dBm	128 Mbps	64 Mbps

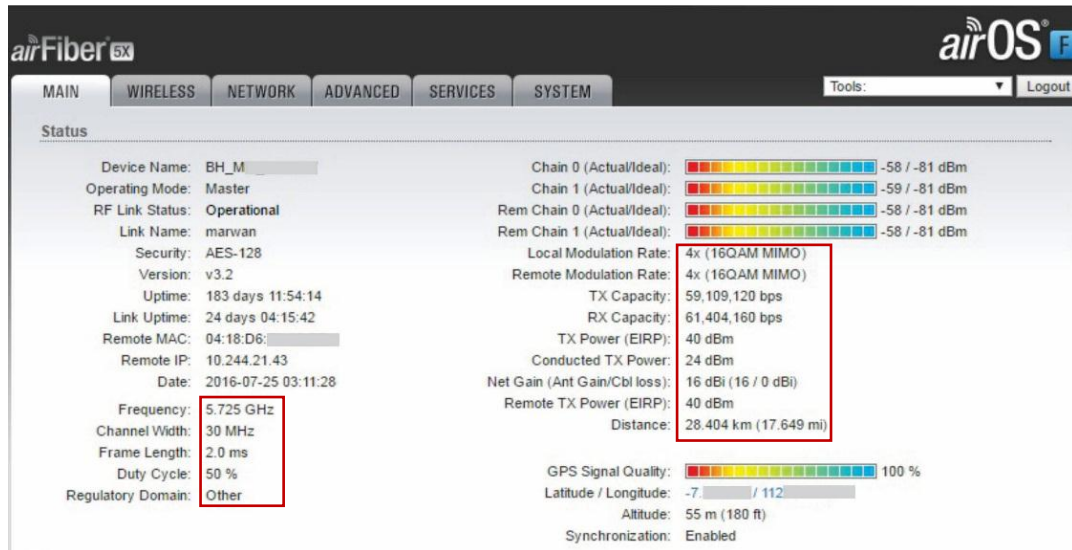
Hasil Pengujian Perangkat Tier 2 dengan Frekuensi 5 Ghz
 Perhitungan link budgetnya untuk jarak 28 Km adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 26 Link Budget perangkat bachaul tier 2 (5Ghz)

Dari Perhitungan Link Budget yang ditunjukkan pada gambar 4.26 di dapatkan hasil aggregate throughput sebesar 220 Mbps jika perangkat berada pada ketinggian 35 Meter dari permukaan tanah dan kedua perangkat mendapatkan signal strength – 63 dBm dan menghasilkan EIRP sebesar 43dBM.

Hasil



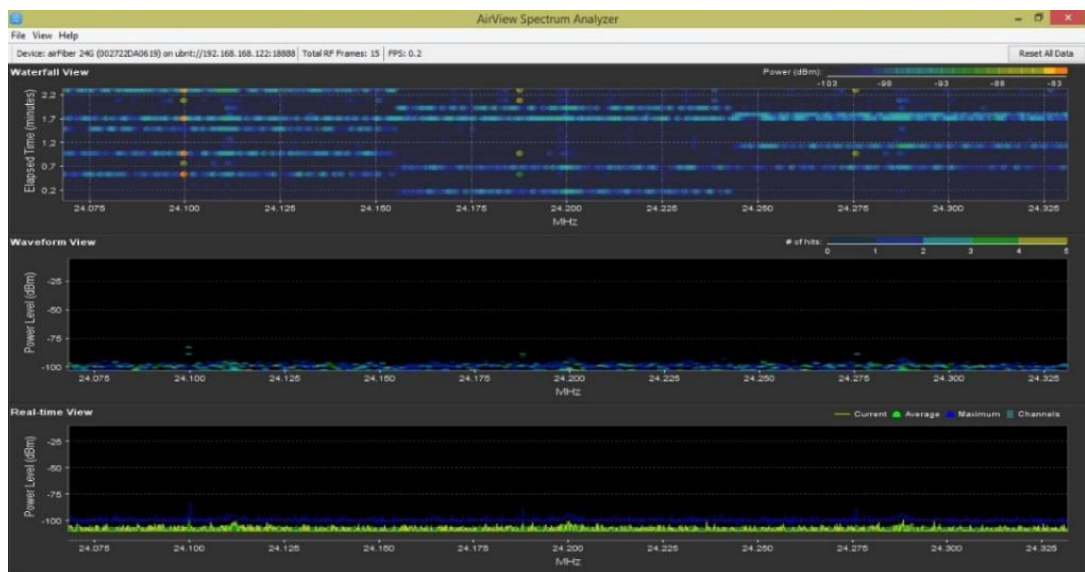
Gambar 4. 27 Test speed link the bachaul tier 2

Didapatkan hasil aggregate throughput sebesar 110 Mbps dengan pembagian kapasitas pada TX (Upload) sebesar 59 Mbps dan RX (Download) 61 Mbps, hasil ini di dapatkan dengan signal strength – 58 dBm, dimana Modulation Rate mencapai pada modulasi medium dari kemampuan perangkat tersebut yaitu 4X 16QAM MIMO dan menggunakan HDD Technology. sesuai dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.27

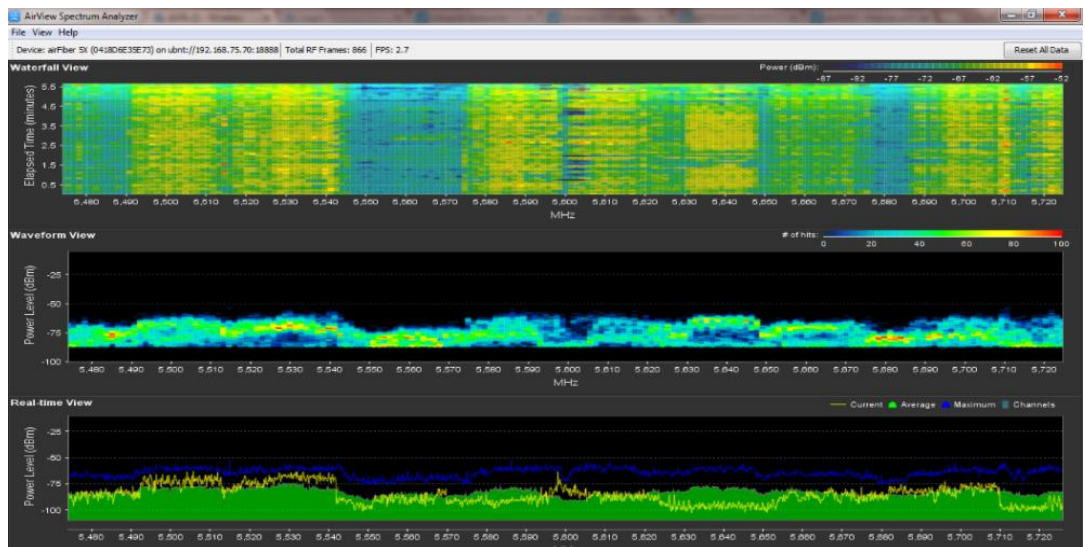
Tabel 4. 15 AF5X Receive Sensitivity

AF5X Receive Sensitivity						
Rate	Modulation	Sensitivity (10 MHz)	Sensitivity (20 MHz)	Sensitivity (30 MHz)	Sensitivity (40 MHz)	Sensitivity (50 MHz)
8X	256QAM	-66 dBm	-64 dBm	-62 dBm	-61 dBm	-60 dBm
6X	64QAM	-74 dBm	-71 dBm	-69 dBm	-68 dBm	-67 dBm
4X	16QAM MIMO	-81 dBm	-78 dBm	-76 dBm	-75 dBm	-74 dBm
2X	QPSK MIMO	-88 dBm	-85 dBm	-83 dBm	-82 dBm	-81 dBm
1X	½ Rate QPSK xRT	-90 dBm	-87 dBm	-85 dBm	-84 dBm	-83 dBm

Berbeda dengan hasil yang didapatkan AF 24 dimana hasil realisasi tidak jauh berbeda dari hasil perhitungan link budget, fenomena tersebut dipengaruhi oleh pemilihan Frekuensinya, yaitu 24Ghz dan 5Ghz. Penggunaan Frekuensinya 5Ghz di area perkotaan cukup banyak pada perangkat teknologi nirkabel outdoor sehingga hal tersebut menyebabkan tingginya tingkat interferensi pada frekuensi tersebut. sesuai dari hasil analisis dari spectrum analyzer yang terlihat pada gambar 4.28 dan 4.29



Gambar 4. 28 Kondisi frekuensi 24 Ghz



Gambar 4. 29 Kondisi frekuensi 5 Ghz

4.2.1.2 Pengujian berdasarkan ketahanan terhadap Interferensi

Pada dasarnya Penggunaan frekuensi pada perangkat nirkabel dapat bebas digunakan untuk pada area *unlicensed band* seperti frekuensi 5Ghz, namun pada realitanya penggunaan perangkat nirkabel telah menjadi hal lumrah dalam implementasi jaringan outdoor. Maka tak jarang kegagalan mendapatkan hasil yang optimal dalam membentuk jaringan nirkabel bersumber pada interferensi, Solusinya adalah dengan mengusahakan penggunaan frekuensi pada channel yang masih tidak terlalu padat digunakan, namun hal tersebut juga masih sulit untuk dilakukan terutama pada area perkotaan sehingga dibutuhkan solusi lain untuk optimalisasi kualitas link. Seiring dengan perkembangan teknologi, telah banyak alternative solusi yang dapat digunakan, seperti Teknik Modulasi Gelombang dan Polarisasi Antena. Modulasi adalah proses pencampuran dua signal menjadi satu signal. Biasanya signal yang dicampur adalah signal berfrekuensi tinggi dan signal berfrekuensi rendah. Contoh Signal informasi (suara, gambar, data), agar dapat dikirim ke tempat lain, signal tersebut harus ditumpangkan pada signal lain. Dalam konteks radio siaran, signal yang menumpang adalah signal suara, sedangkan yang ditumpang adalah signal radio yang disebut signal pembawa (carrier).

Pengujian Ketahanan terhadap Interferensi pada Perangkat Backhaul Tier 2

Hasil pengujian ini merupakan sebuah simulasi laborarium yang di lakukan oleh Jim McNally dan Plus Ten, Inc. dan telah di publikasikan melalui community.ubnt.com. Detai Penelitiannya adal sebagai berikut

Daftar Perangkat yang akan di uji adalah :

Tabel 4. 16 Daftar perangkat Tier 2

NAMA PERANGKAT	MSRP
Ubiquiti AF5X	\$399
Ubiquiti AC lite	\$135
Ubiquiti AC PtP	\$219
Cambium EPTP-1000	\$499
Mimosa B5c	\$839
Mikrotik RB922	\$149

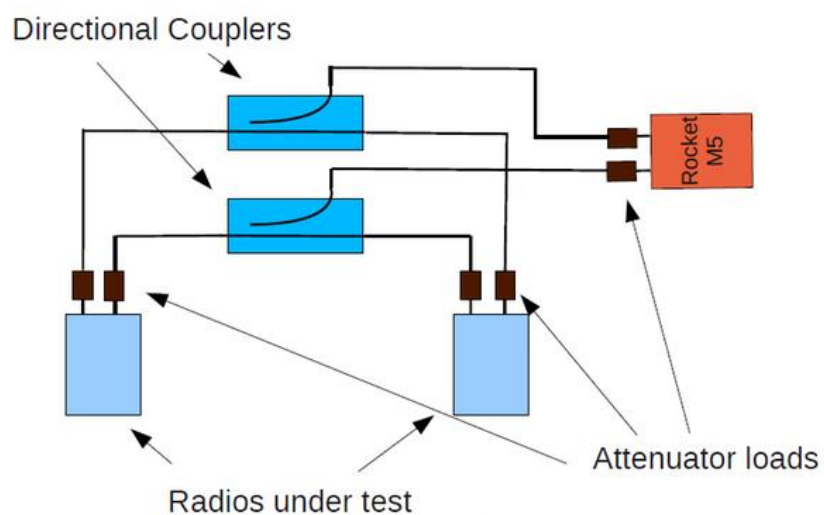
Detail fisik perangkat seperti yang terlihat pada Gambar 4.30



Gambar 4. 30 Perangkat Backhaul Tier 2

Metode Pengujian

Diagram pengujian

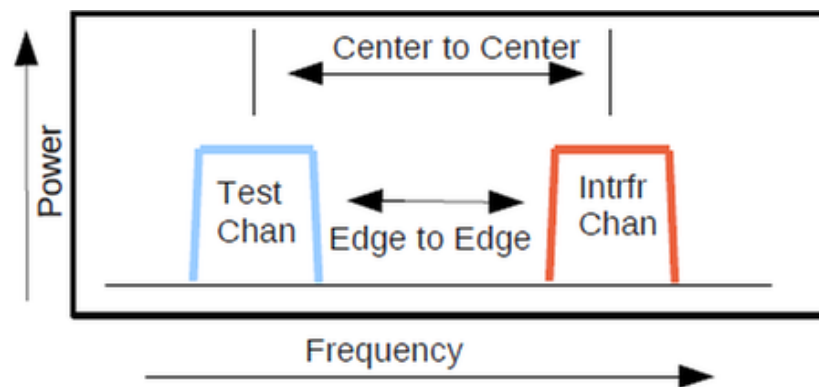


Gambar 4. 31 Diagram Pengujian Perangkat Backhaul 2

Untuk melakukan tes ini signal pengganggu perlu dimasukkan secara spesifik dan harus benar benar dapat mengganggu hubungan antara radio yang diuji,

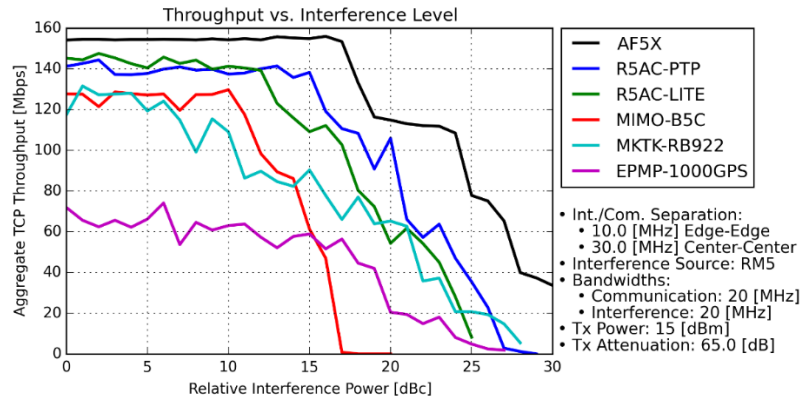
Hal tersebut dilakukan dengan mengkombinasikan attenuators secara searah (direksional) seperti pada diagram pada gambar 4.31, instalasi tersebut ditujukan untuk mengurangi signal level dari jalur RF signal tetapi hanya untuk jalur searah. Secara sederhana pola kerjanya adalah Port coupling akan mengambil sebagian dari signal melalui Coupler, atau dapat menambahkan signal ke arah signal yang berkomunikasi secara searah, Sehingga pada tingkat tertentu redamannya tetap, dampaknya adalah biasanya ada penurunan kekuatan signal sekitar 20-30 dB. Untuk versi tiga-port (seperti yang digunakan dalam tes ini) port 4 hanya diterminasi dengan 50 ohm beban internal. Untuk tes ini, sepasang directional couplers dibentuk dengan langsung jalur port yang terhubung ke radio yang sedang diuji, dan sumber gangguan yang terhubung ke port coupling. Dengan cara ini, level tertentu dari gangguan dapat disuntikkan ke dalam jalur tes. Dalam kasus ini Rocket M5 akan digunakan untuk membuatnya mengirimkan terus menerus dengan modulasi penuh untuk mensimulasikan gangguan yang sangat kuat dari radio terdekat.

Untuk seri ini tes, masing-masing pasangan radio dibentuk pada channel 20MHz pada received signal level, sedangkan signal interferensi yang dihasilkan oleh Rocket M5 yang di tujukan sebagai pengganggu, di atur sebesar 30dB. Setiap seri pengujian dijalankan dengan signal pengganggu yang overlapping dengan frekuensi pembawa radio yang diuji dengan lebar kanal yang berbeda seperti pada gambar 4.49, yaitu : 10MHz edge-to-edge (30MHz Center-to-Center), 30MHz EtoE (50MHz CtoC), 50MHz EtoE (70MHz CtoC) dan 70MHz EtoE (90MHz CtoC).

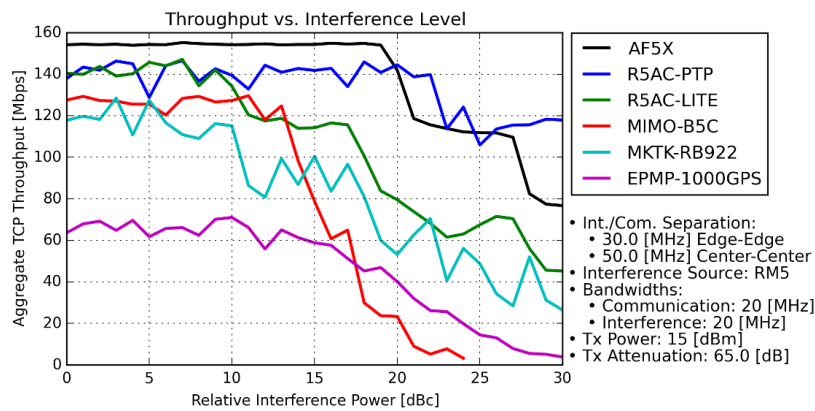


Gambar 4. 32 Ilustrasi pengujian

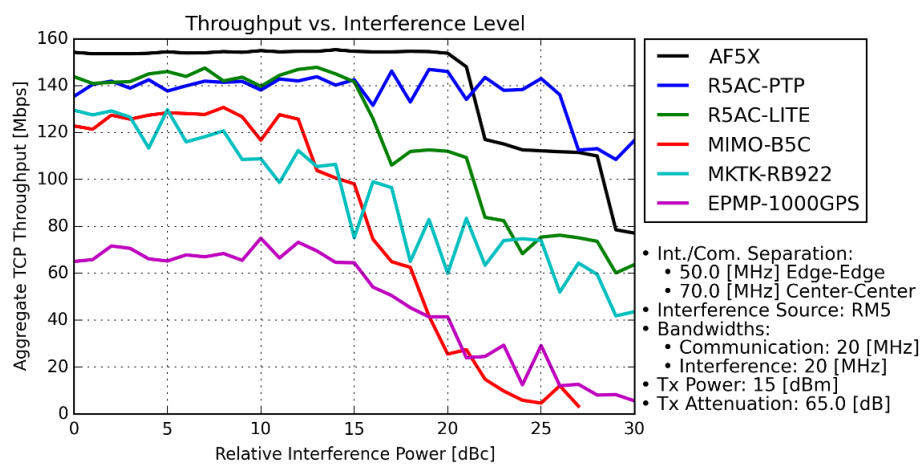
Dari pengujian dengan metode diatas didapatkan hasil yang digambarkan pada gambar 4.33,4.34,4.35 dan 4.36 :



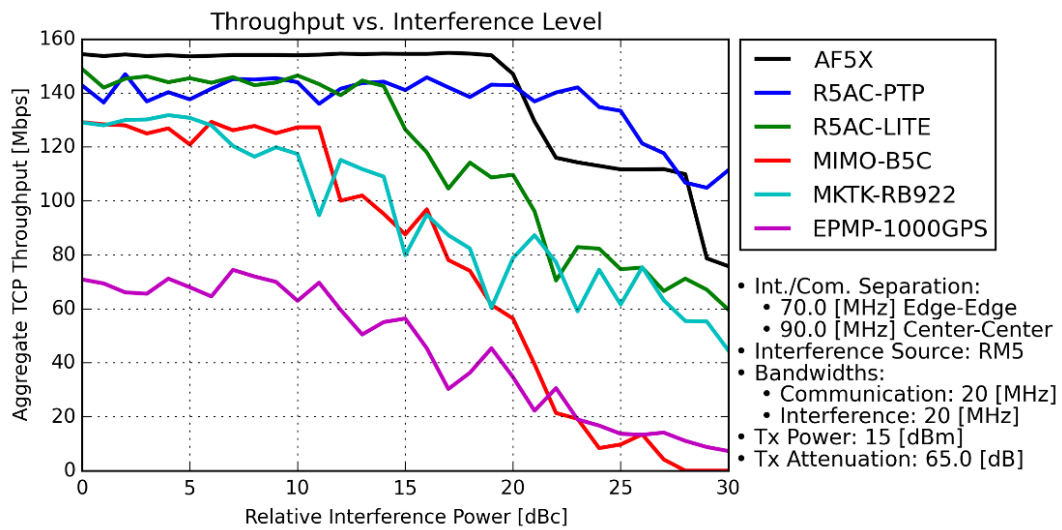
Gambar 4. 33 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 10-30 Mhz



Gambar 4. 34 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 30-50 Mhz



Gambar 4. 35 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 50-70 Mhz



Gambar 4. 36 Throughput vs. Interferensi level pada Channel width 70-90 Mhz

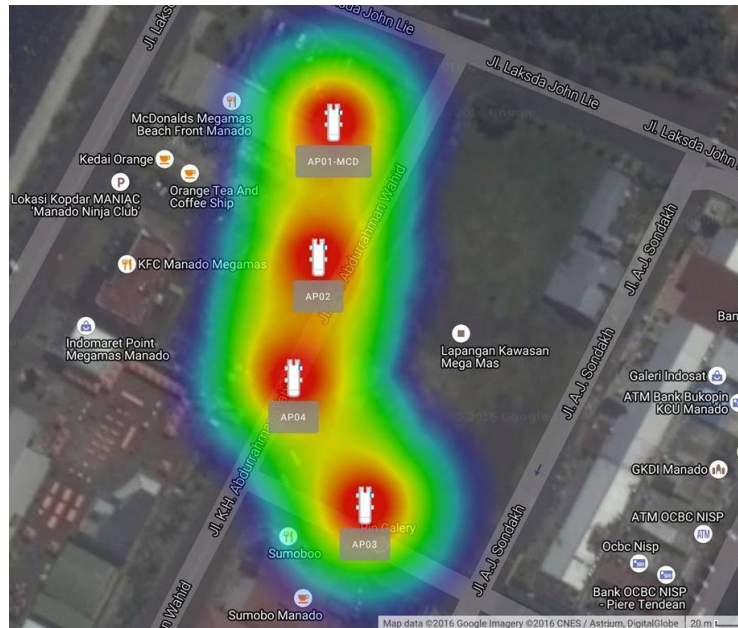
Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan AF 5X memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap interferensi baik pada jarak dekat yang di ilustrasikan pada channel width terbesar yaitu 70Mhz hingga pada jarak gangguan dengan diilustrasikan pada channel width 10Mhz.

4.2.1.3 Pengujian Berdasarkan Concurrent User Connected

Pada pengujian ini perangkat yang akan di uji adalah perangkat access network dengan frekuensi 2.4Ghz, pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai Maksimum jumlah device yang terkoneksi secara bersama dalam 1 perangkat

Metode Pengujian

Perangkat access point di pasang pada area tanpa penghalang dalam ruang terbuka dan merupakan tempat berkumpulnya pelanggan. Dalam Kasus ini perangkat di uji secara langsung untuk menyediakan akses internet pada konser musik band Airsupply dimanado. Gambar 4.37 dan 4.38 merupakan penempatan dan instalasinya



Gambar 4. 37 Mapping penempatan perangkat access network



Gambar 4. 38 penempatan perangkat access network



Gambar 4. 39 Hasil Pengujian Perangkat access network

Perangkat akses point yang telah ditempatkan kemudian diuji dengan metode *Stress testing*, yang dimaksud *Stress testing* adalah salah satu jenis pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas maksimal, kriteria pengujiannya adalah :

- Volume Testing : Menemukan kelemahan di perangkat terkait dengan bagaimana “*Handling*” dari perangkat jika diberikan data yang besar dalam kurun waktu yang singkat.
- Stress Testing : Untuk memastikan bahwa perangkat memiliki kapasitas untuk menghandle pemrosesan transaksi dalam jumlah besar selama “*peak period*”.

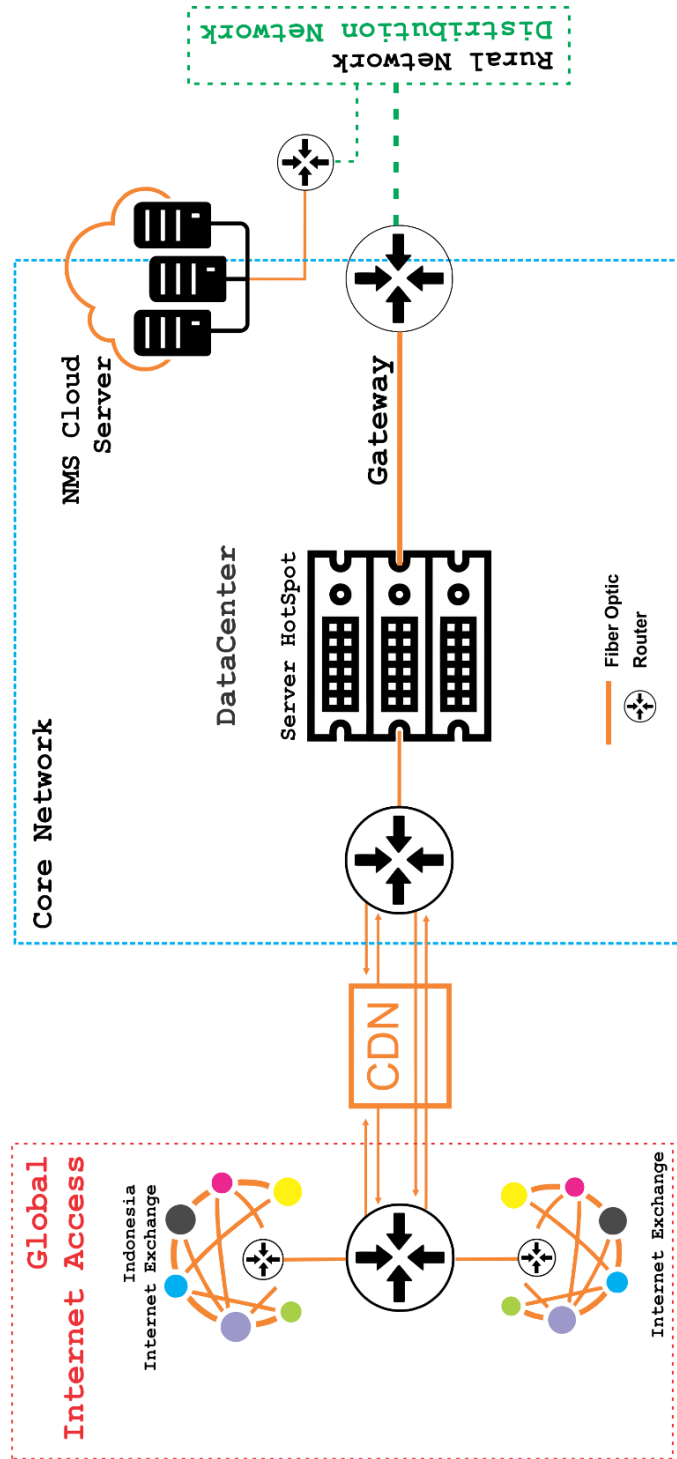
Ditunjukkan pada gambar 4.56 hasil pengujiannya sebagai berikut :

- Setiap perangkat dapat menangani rata-rata jumlah device yang terkoneksi secara bersama sejumlah > 200 Device dengan spesifikasi yang berbedanya dalam koridor teknologi Wi-Fi (IEEE 802.11)
- Beban total traffik yang telah > 1,6 GBPS.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 5
REKOMENDASI ARSITEKTUR

5.1 Core Network



Gambar 5. 1 Topologi Core Network

Jaringan pada level ini merupakan jaringan inti, fungsi utama adalah menyediakan saluran atau koneksi berkecepatan tinggi yang menjadi lintasan utama dalam mengintegrasikan jaringan local menuju jaringan global internet akses.. Pada prinsipnya Infrastruktur Core Network Telekomunikasi berfungsi mengintegrasikan saluran atau koneksi menjadi 2 bagian utama dari Global internet akses, yaitu :

1. Backbone Internasional, yaitu jaringan yang menghubungkan trafik domestik ke jaringan internasional, sarana utama yang digunakan adalah kabel optik bawah laut dan satelit internasional dan regional.
2. Backbone Domestik dengan Server Lokal Indonesia (Jaringan IIX/OpenIXP) , adalah sarana infrastruktur yang menghubungkan kota-kota di seluruh Indonesia. Untuk hubungan kota-kota metropolitan di bagian barat Indonesia pada umumnya telah terhubung dengan kabel optik, sedangkan satelit dan radio teresterial telah terhubung ke seluruh wilayah Indonesia.

Untuk melakukan Optimalisasi koneksi, pada jaringan ini direkomendasikan untuk menambahkan teknologi *Content Delivery Network* (CDN), Seperti yang terlihat pada gambar 5.1. CDN adalah sebuah sistem jaringan server untuk mendistribusikan konten yang ada dalam sebuah aplikasi/web ke berbagai pengakses/pengguna di berbagai belahan dunia agar data/konten yang dikirim diterima lebih cepat, kecepatan proses tersebut ditentukan beberapa faktor. Salah satunya adalah jarak antara server dan komputer pengakses(client). Contohnya, angka perbandingan menggunakan PING TIME dalam ms (mili-second) :

Server Lokal Indonesia (Jaringan IIX/OpenIXP)

- Akses pengunjung ke situs web dari pengguna di kota-kota Indonesia umumnya lebih cepat dibandingkan bila server berada di data-center USA (<80ms vs. ±250 ms).
- Akses dari luar Indonesia ke server lokal termasuk lambat, dan bervariasi tergantung mutu bandwidth internasional yang disediakan oleh data-center. (sekitar 250ms s/d 1.500ms).
- Cocok untuk website yang memiliki hanya atau mayoritas pengunjung lokal Indonesia.

- Kurang cocok bagi website yang juga memiliki cukup banyak pengunjung dari luar Indonesia.
- Tidak cocok untuk website yang juga menginginkan ranking memadai di berbagai Search-Engine terkenal.

Server di Data-Center Singapura

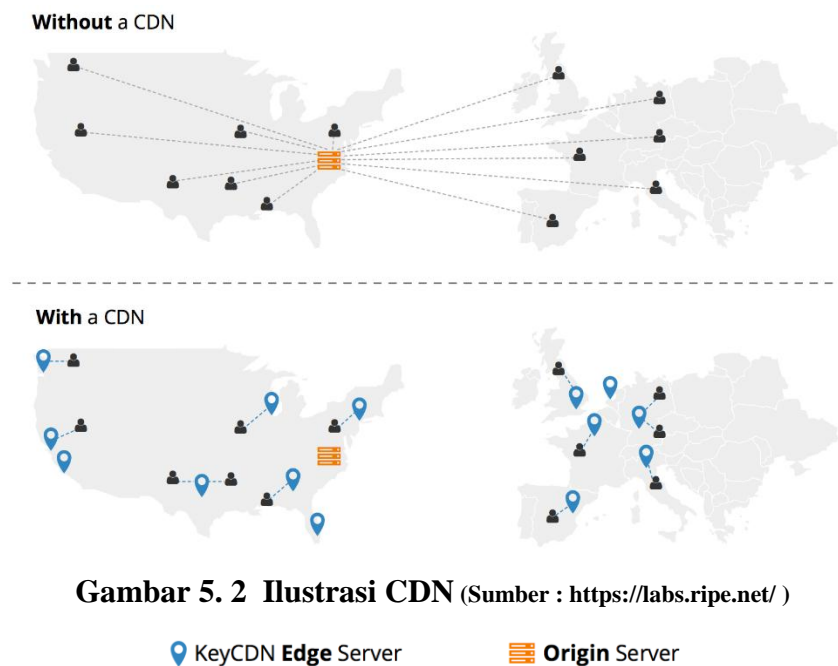
- Akses pengunjung ke situsweb dari pengguna di kota-kota Indonesia lebih cepat dibandingkan bila server berada di data-center USA (rata-rata di bawah 100ms). Kecepatan akses juga tergantung mutu bandwidth internasional yang dijual ke pelanggan akses Internet, yang berbeda-beda dari masing-masing ISP di Indonesia.
- Akses dari berbagai kota besar di Indonesia cukup cepat (<80 ms).
- Akses dari kawasan Asia-Tenggara sangat cepat (<80 ms).
- Akses dari kawasan Asia-Timur sangat cepat (<100 ms).
- Akses dari kawasan Amerika-Utara cukup cepat (± 150 ms).
- Akses dari kawasan Eropah-Barat cukup cepat (± 200 ms).
- Cukup mendukung bagi website yang memiliki $\geq 50\%$ pengunjung dari Indonesia.
- Cukup memadai untuk website yang akan didaftarkan di berbagai Search-Engine terkenal.

Server di Data-Center USA (Pantai Barat)

- Akses pengunjung ke situsweb dari pengguna di kota-kota Indonesia umumnya lebih lambat dibandingkan bila server berada di data-center lokal IIX (sekitar ± 250 ms vs. <100ms). Kecepatan akses juga tergantung mutu bandwidth internasional yang dijual ke pelanggan akses Internet, yang berbeda-beda dari masing-masing ISP di Indonesia.
- Akses dari kawasan Amerika-Utara sangat cepat (± 60 ms).
- Akses dari kawasan Eropah-Barat cukup cepat (± 100 ms).
- Akses dari kawasan Asia-Timur cukup cepat (± 150 ms).
- Akses dari kawasan Asia-Tenggara cukup cepat (± 200 ms).
- Akses dari kawasan lainnya bervariasi, dan rata-rata berkecepatan ± 250 ms.
- Kurang cocok untuk website yang memiliki hanya atau mayoritas pengunjung lokal Indonesia.
- Cocok bagi website yang juga memiliki cukup banyak pengunjung dari luar Indonesia.

- Cocok untuk website yang juga menginginkan ranking memadai di berbagai Search-Engine terkenal (bertujuan SEO).

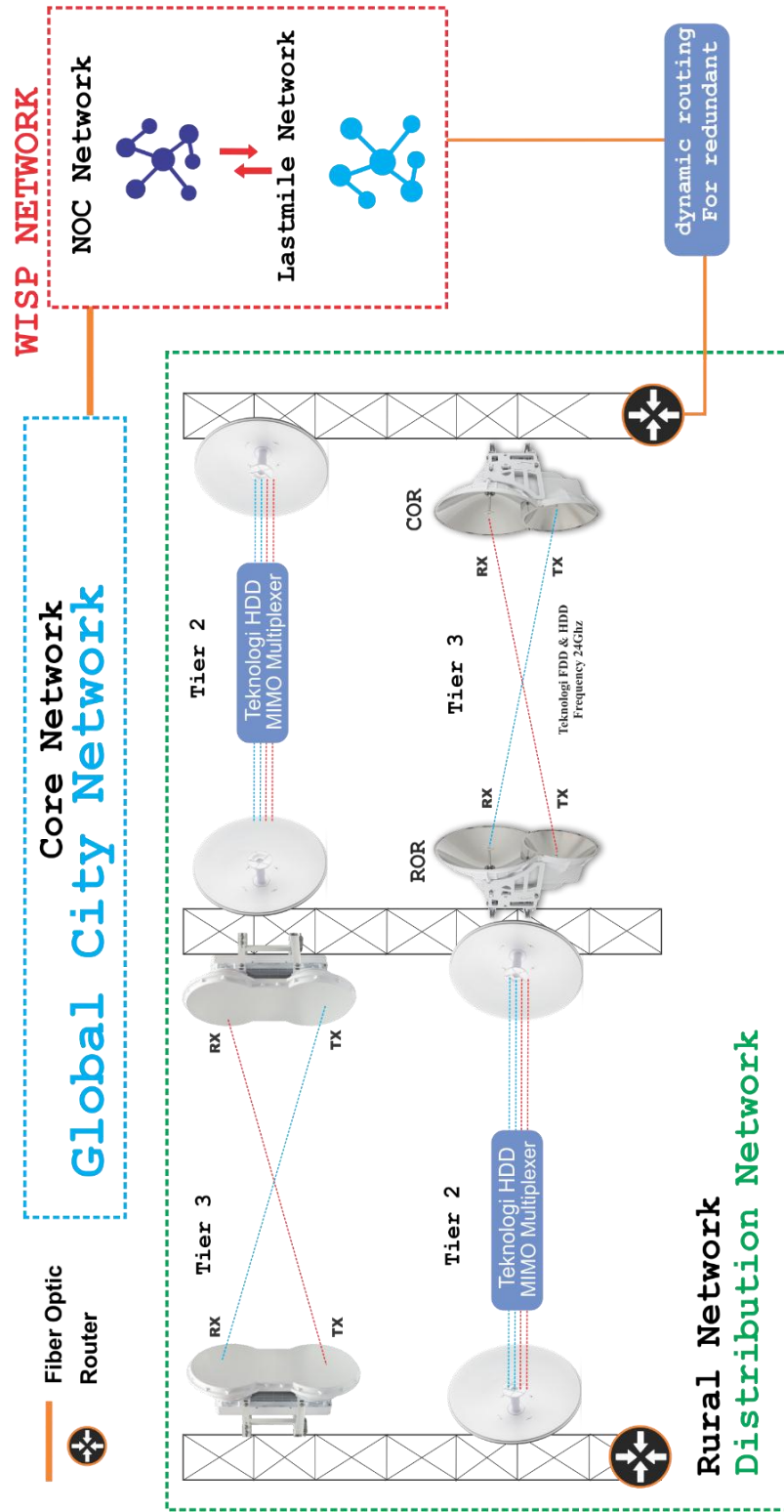
Oleh sebab itulah, website-website yang diakses dari berbagai belahan dunia perlu server-server lain yang ditempatkan di berbagai tempat di dunia agar pengaksesannya di wilayah tersebut lebih cepat. Server-server inilah yang disebut CDN server(CDNS). CDNS ini berisi salinan data-data dari server utama, sehingga ketika client mengakses web tersebut data yang diminta dan diterima bukan dari server utama, melainkan dari cdns sehingga prosesnya lebih cepat, ilustrasinya seperti gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Ilustrasi CDN (Sumber : <https://labs.ripe.net/>)

Selain lokasi dan ping-time, jumlah router serta faktor hardware dan software sebuah server juga mempengaruhi unjuk-kerja sebuah server dan website-website yang diletakkan di dalamnya.

5.2 Distribusution Network

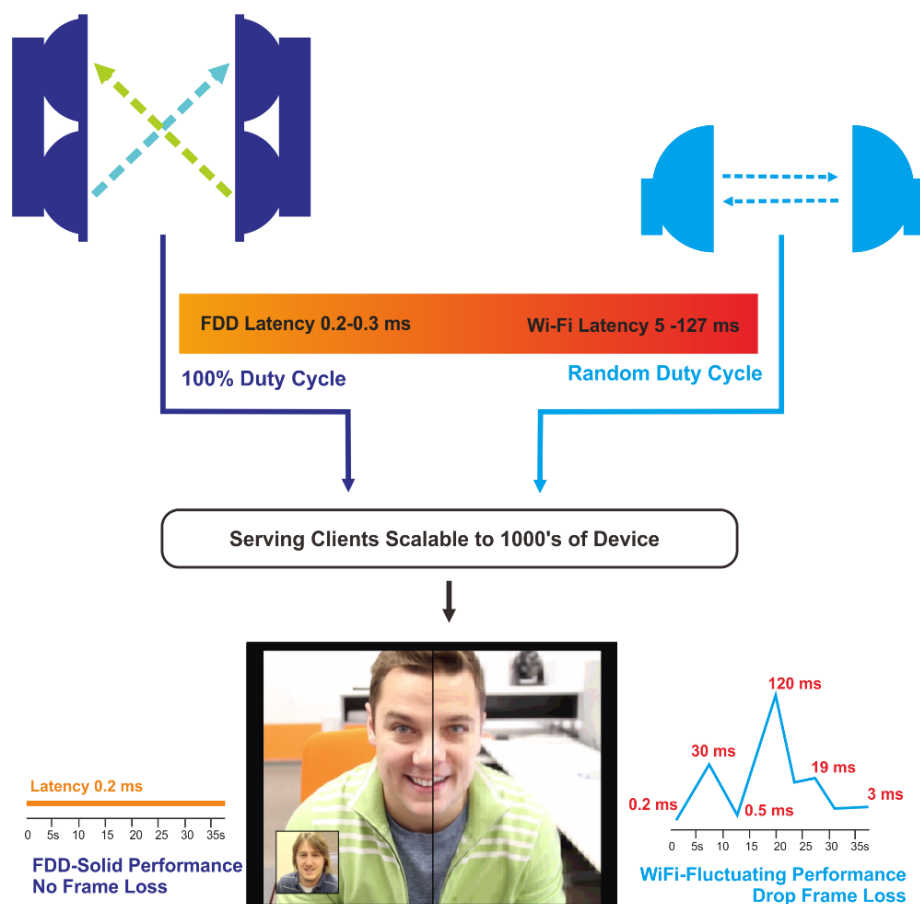


Gambar 5. 3 Topologi Distribution Network

Tugas utama jaringan pada level ini adalah sebagai lintasan awal yang menjembatani jaringan perkotaan dengan jaringan pedesaan seperti yang terlihat pada topologi gambar 4.42. Maka spesifikasi yang dibutuhkan pada jaringan ini adalah teknologi nirkabel yang dapat mencapai throughput aggregate hingga 1000 Mbps, dengan topologi point to point koneksi dalam jarak bentang 1 – 10 kilometer. Untuk mencapai target tersebut beberapa persyaratannya adalah :

1) **Dual-independent Antenna Architecture** dengan Synchronous Data Transmission and Reception

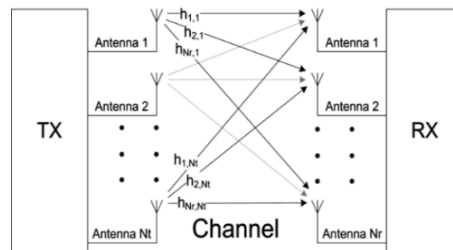
Pertimbangan menggunakan teknologi ini adalah karena standar nirkabel konvensional membebani latency seperti pada gambar 4.59 karena sistem kerjanya adalah memaksakanmendapatkan paket sebelum paket ditransmisikan.



Gambar 5. 4 Ilustrasi latency vs performa (sumber : <http://ubnt.com>)

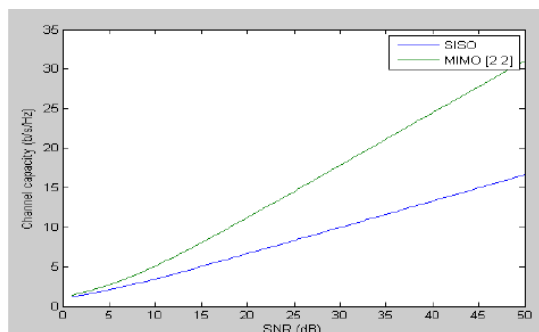
2) Multiple Input Multiple Output (MIMO) Spatial Multiplexing

Pertimbangan menggunakan teknologi ini adalah untuk mengatasi masalah gangguan pada kanal atau multipath fading . Sistem ini menggunakan sejumlah antena pengirim dan sejumlah antena penerima seperti yang terlihat pada gambar 4.60. Hal tersebut bertujuan untuk menjadikan signal pantulan sebagai penguat signal utama sehingga saling mendukung atau tidak saling menggagalkan. Dengan kemampuan yang ditawarkannya, MIMO menjadi jembatan untuk meningkatkan secara signifikan throughput data dan range (jangkauan) komunikasi tanpa lebar pita (bandwidth) frekuensi dan daya pancar tambahan.



Gambar 5. 5 Sistem MIMO Diagram (sumber : <https://www.researchgate.net>)

Dari beberapa pengujian yang dilakukan terlihat penggunaan teknologi MIMO menghasilkan hasil SNR yang didapatkan, dimana teknologi MIMO juga memperbaiki kualitas link komunikasi yang di tunjukkan dalam SNR, Peningkatan kualitas SNR mendorong meningkatnya kapasitas yang lebih besar dibandingkan teknologi SISO, baik pada penggunaan *Channel Width* kecil (5Mhz) hingga pada yang paling lebar (35 Mhz) seperti gambar 4.61 berikut ini



Gambar 5. 6 SISO vs MIMO capacity (sumber : <https://www.researchgate.net>)

3) Adaptive Modulation And Coding

Teknik AMC menggunakan skema modulasi dan coding yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi kanal (SNR). Bila kondisi kanal membaik, maka skema modulasi orde besar bisa digunakan untuk memperbesar kapasitas besar bisa digunakan untuk memperbesar kapasitas Kanal, namun bila terjadi fading, perangkat nirkabel akan beradaptasi dengan cara mengubah skema modulasi yang levelnya lebih rendah sehingga kontinuitas link komunikasi dan performansi sistem tetap terjaga. Beberapa fenomena cuaca yang mempengaruhi kualitas link adalah

Frekuensi 2.4 GHz

- Hujan lebat dapat melemahkan signal hingga 0.08 dB/km - 0.05 dB/km
- Kabut tebal hingga 0.03 dB/km - 0.02 dB/km.

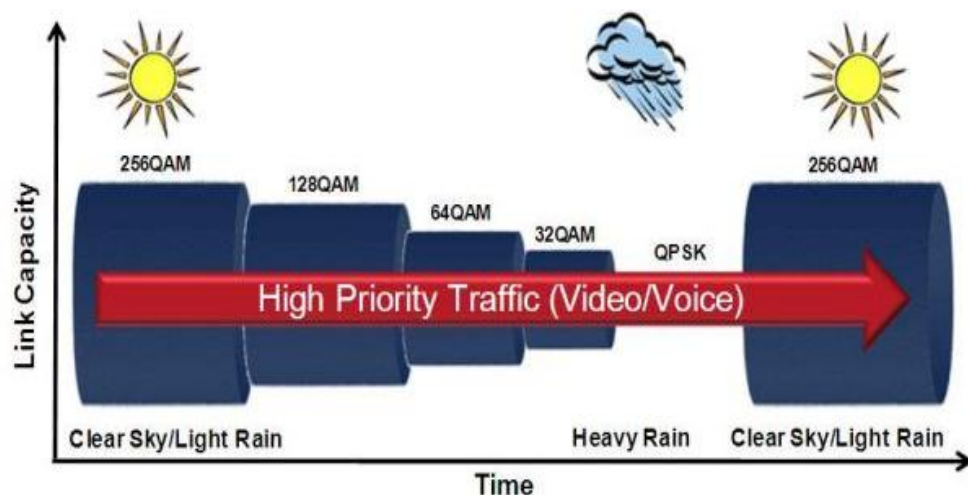
Frekuensi 5.8 GHz

- Hujan lebat dapat melemahkan signal hingga 1 dB/km - 3 dB/km
- Kabut tebal hingga 0.07 dB/km - 0.11 dB/km.

Dalam keadaan cuaca buruk transfer data tentunya akan relatif turun di bandingkan dalam keadaan cerah, hal ini disebabkan karena gelombang yang di pancarkan (signal) mendapat hambatan dari materi yang terdapat pada saat kondisi tidak bersahabat, sebagai contoh, pada saat hujan gelombang yang ditembakkan oleh pemancar wireless akan membentur butiran hujan dan dipantulkan kearah lain sehingga akan terjadi penurunan kualitas signal yang diterima oleh wireless penerima sehingga gelombang yang seharusnya tepat sasaran menjadi kacau akibat benturan-benturan pada saat cuaca buruk.

Oleh karena itu penggunaan akses internet pada saat cuaca bagus akan berpengaruh terhadap tingkat kecepatan dan signal bagus yang diterima, Sebanyak apapun BTS yang ada kalau cuaca tidak buruk pastinya tingkat frekuensi, signal yang diterima dan kecepatan akses akan memburuk

juga. Interaksi antara gelombang EM dan titik hujan menghasilkan 3 efek samping, scattering, absorption, dan depolarisasi. Tepatnya gelombang EM yang menabrak titik hujan ada sebagian dihamburkan (scattering), sebagian diserap (absorption), dan sebagian sisanya diteruskan arah depan (forward). Sebagian gelombang EM yang diteruskan ini akan mengalami depolarisasi oleh karena bentuk titik hujan tidak selalu sempurna seperti bola. Ketiga efek samping ini berkontribusi pada redaman gelombang EM yang melewati media hujan. Semakin tinggi frekuensi gelombang EM maka semakin besar ketiga efek samping tersebut, sehingga konsekuensinya semakin besar pula redaman signal yang terjadi. Hal-Hal inilah yang menyebabkan penurunan kualitas signal yang diterima oleh Wireless penerima sehingga gelombang yang seharusnya tepat sasaran menjadi kacau akibat benturan - benturan air hujan pada saat cuaca buruk. Sehingga dukungan teknik AMC dapat menjadi solusi kasus pembentukan link koneksi berbasis nirkabel. (Patriot Keliat, Kevin Putra P. K. R. 2013). Gambar 5.7 merupakan ilustrasi proses terjadinya Adaptive Modulation And Coding, yaitu radio nirkabel dalam komunikasi pembentukan link akan melakukan pencocokan modulasi, coding dan parameter sinyal serta protokol lainnya dengan kondisi yang terjadi.



Gambar 5. 7 Ilustrasi Adaptive Modulation And Coding

(sumber : <http://4g-communication-techniques.blogspot.co.id>)

5.3 Access Network

Detail spesifikasi yang dibutuhkan pada level ini adalah sebagai berikut :

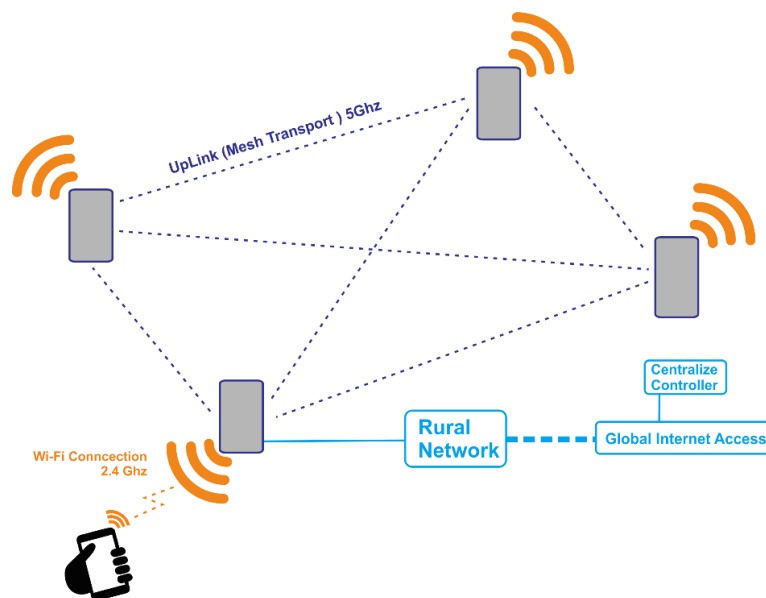
- b. Berbasis Standart Universal yaitu Protokol 802.11 (b/g/n)
Penggunaan protokol ini di maksudkan agar seluruh konsumen yang memiliki handphone dengan dukungan Wi-FI dapat memakai hotspot yang di tawarkan.
- c. Support up to > 200 user aktif dan multiple SSIDs
- d. *Dual-Band WiFi Mesh Omnidirectional Antenna* (Frekuensi Band 2.4 an 5 Ghz)

Fitur ini ditujukan untuk Untuk mendukung komunikasi *uplink wireless* guna memungkinkannya jaringan menjadi dinamis tanpa dukungan instalasi kabel sebagai media komunikasinya. Untuk UpLink nya di jalankan pada Frekuensi Band 5Ghz, Sedangkan Untuk Frekuensi Band 2.4 Ghz digunakan untuk akses hotspot

- e. Berbasis *Centralize Controller Management*

Ditujukan untuk mempermudah melakukan proses konfigurasi , pengelolaan dan monitoring access point dalam jumlah massal.

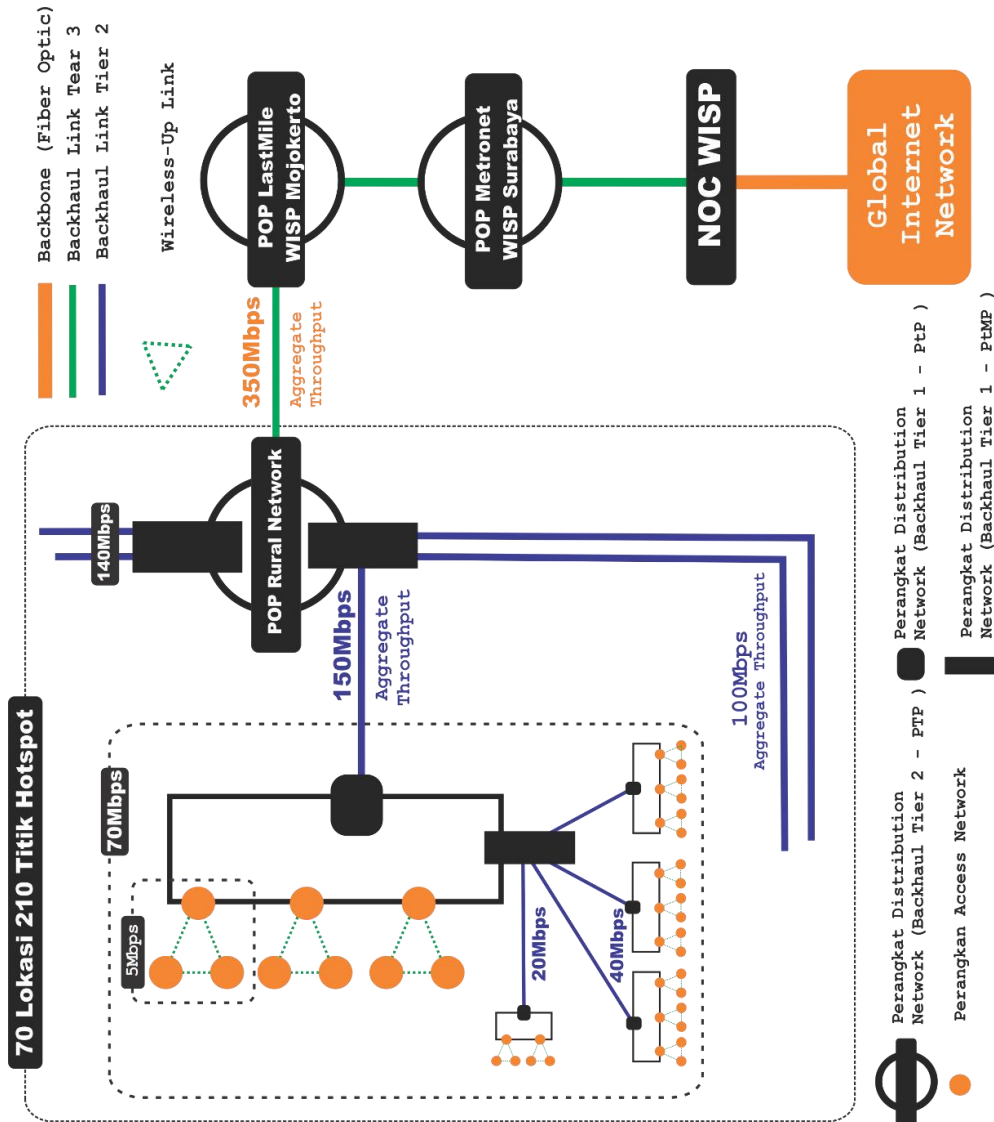
Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 5.8



Gambar 5. 8 Ilustrasi Koneksi Mesh pada Access network

5.4.1.2 Titik Area Mojokerto

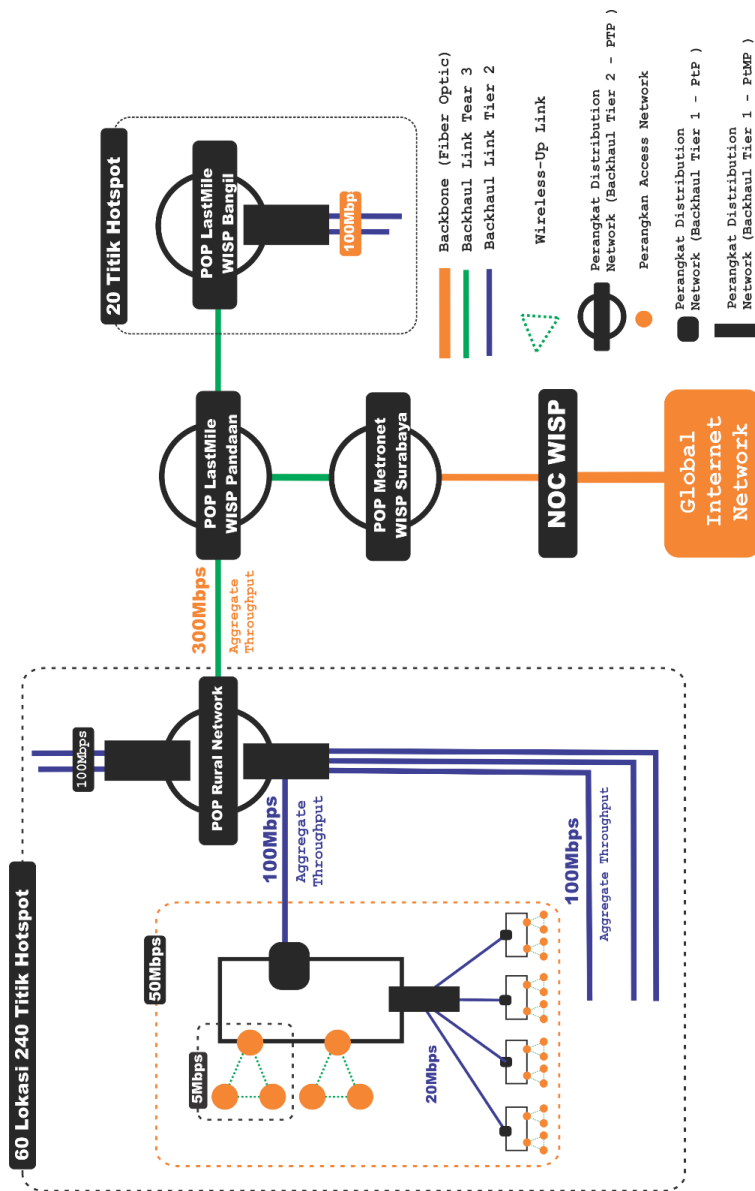
Pada titik area Surabaya ini yang di jangkau adalah 70 lokasi 210 titik hotspot dengan yang terdiri dari kumpulan daerah Mojokerto sebanyak 40 lokasi, dan Jombang 30 lokasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam struktur jaringan pada gambar 5.10



Gambar 5. 10 Rekomendasi Arsitektur Titik Mojokerto

5.4.1.3 Titik Pandaan, Pasuruan dan Bangil

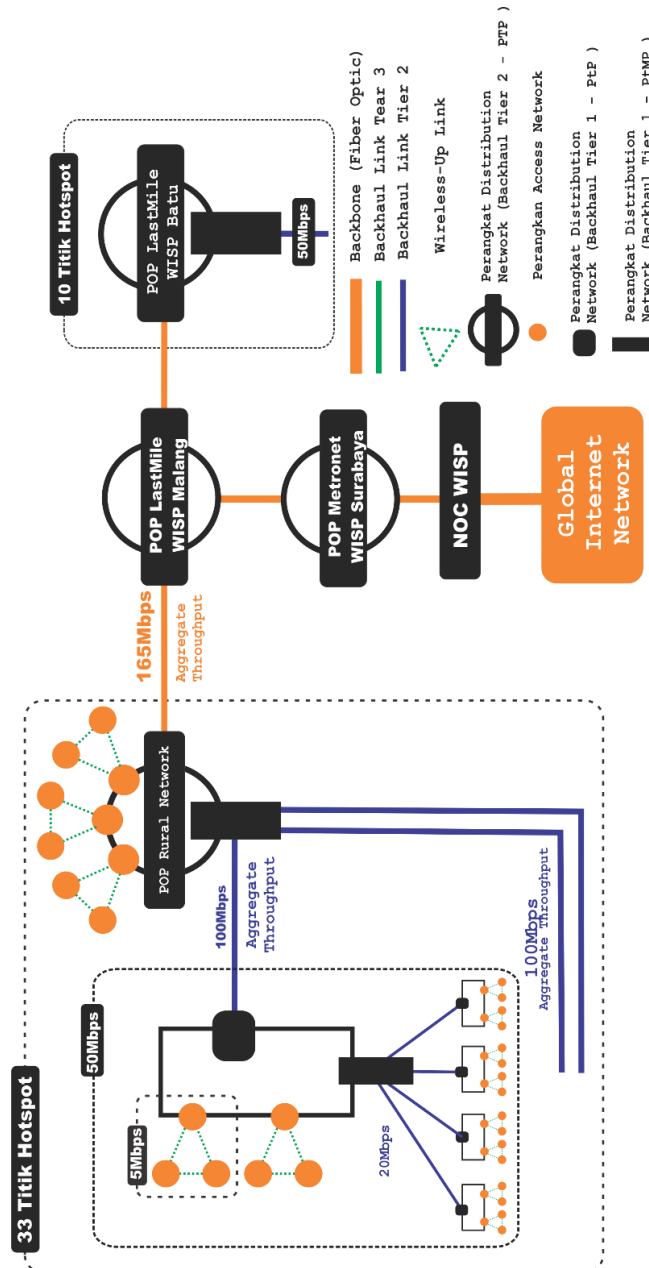
Pada titik area Pandaan ini yang di jangkau adalah 80 lokasi 240 titik hotspot yang terdiri dari kumpulan daerah Pandaan sebanyak 30 lokasi, Pasuruan sebanyak 30 Lokasi dan Bangil 20 Lokasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam struktur jaringan pada gambar 5.11



Gambar 5.11 Rekomendasi Arsitektur Titik Pandaan

5.4.1.4 Titik Malang dan Batu

Pada titik area Malang ini yang di jangkau adalah 43 lokasi dengan 90 titik hotspot yang terdiri dari kumpulan daerah malang sebanyak 33 Lokasi dan Batu sebanyak 10 Lokasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam struktur jaringan pada gambar 5.12

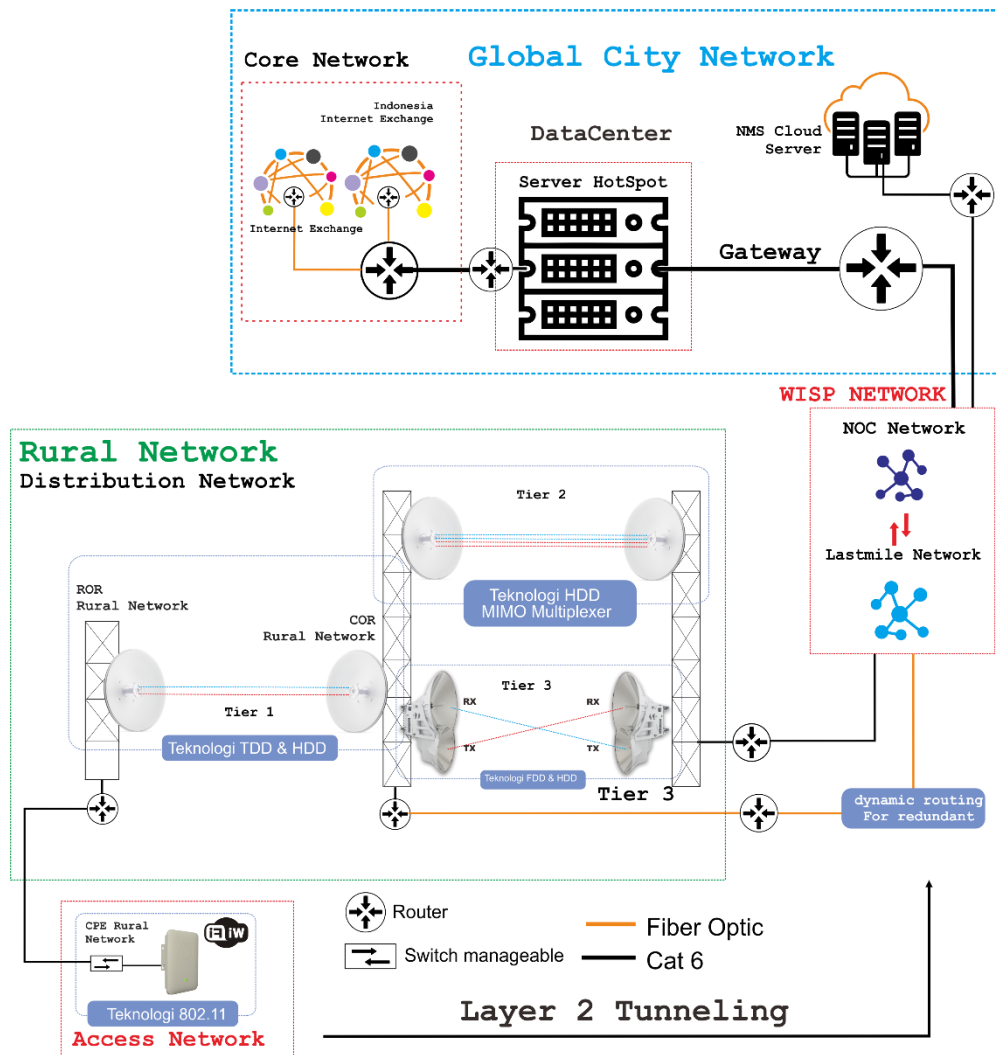


Gambar 5. 12 Rekomendasi Arsitektur Titik Malang

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Implementasi nyata dari konsep yang dijelaskan pada penelitian diatas diatas, disajikan pada gambar 5.1 yaitu Diagram rural wireless broadband service



Gambar 6. 1 Diagram rural wireless broadband service

Berdasarkan perencanaan, pengukuran, dan analisis, dapat di simpulkan arsitektur jaringan *broadband wireless access* (BWA) berbasis hotspot dengan menggunakan teknologi komunikasi data berspektrum bebas yang sesuai untuk

menyediakan akses internet berkecepatan tinggi dilingkungan pedesaan adalah dengan konsep backhaul secara hirarki, Dengan pembagian beban kerja sebagai berikut :

- Perangkat nirkabel dengan teknologi *Hybrid Division Duplexing* (HDD) dengan Dual-independent Antenna Architecture (*simultaneous transmission and reception in the same time*) pada frekuensi 24Ghz dapat menjadi perangkat utama dalam mengintegrasikan jaringan perkotaan (Core Network) dengan jaringan pedesaan (Distribution Network). Hal ini berdasarkan pertimbangan kemampuan kedua teknologi nirkabel tersebut yang mampu menghasilkan kapasitas throughput hingga 1.5 Gbps.
 - Sedangkan untuk perangkat nirkabel dengan teknologi HDD dengan Architecture Single Antenna dan MIMO multiplexer pada frekuensi 5 Ghz dapat di fungsikan sebagai perangkat distribusi pada jaringan pedesaan, Serta kemampuan perangkat tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai redundant dari perangkat HDD Dual-independent Antenna Architecture
2. Effisiensi dalam pemilihan (adopsi) dan pemanfaatan (Utilisasi) teknologi dapat dilakukan perhitungan yang tepat akan penggunaan *Tx power* dan *Gain Antenna* nya dengan tahapan :

Point to Point Configuration

- a. Lakukan Tx Power Adjustment yang sesuai dengan besarnya *Gain Antenna*, Contohnya pada konfigurasi perangkat teknologi HDD dengan Architecture Single Antenna dan MIMO multiplexer pada frekuensi 5 Ghz
- 1) Jika Target kapasitas throughput yang ingin diharapkan hanya berkisar 100 - 600 Mbps (aggregate throughput) untuk jarak bentang 10-15 Kilometer, Maka maksimum penggunaan Tx Pownya adalah 30 dBm dengan *gain Antenna* sebesar 30 dBi (*beamwidth* 3° (3 dB));
 - 2) Sedangkan Jika jarak bentang 15-30 kilometer, Maka maksimum penggunaan Tx Pownya adalah 36 dBm dengan *gain Antenna* sebesar 34 dBi (*beamwidth* 3° (3 dB));

Dasar pertimbangan konsep diatas karena Maximum Transmit Power dihasilkan dari perhitungan $\text{Radio Tx} + \text{Antenna Gain} = \text{EIRP}$, dan setiap negara memiliki regulasi yang berbeda akan nilai max. EIRP yang dihasilkan. Selain itu besar kecilnya power yang digunakan akan mempengaruhi *noise* yang diterima.

3. Jika pada konfigurasi diatas tidak dapat menghasilkan kapasitas throughput yang diharapkan, Maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan optimalisasi tuning channel untuk menentukan penggunaan channel frekuensi yang tergolong *less interference* untuk memperkecil Noise.
4. Pada Prinsipnya, *Noise* tidak bisa dihindarkan, tetapi dapat diminimalisir pengaruhnya dengan menerapkan solusi :
 - a. Teknik *Adaptive Modulation Coding*, dengan teknik ini radio akan memilih tipe modulasi dan coding yang sesuai dengan kondisi kanal sehingga didapatkan performansi nilai *Bit Error Rate* (BER) yang terbaik;
 - b. Upaya optimalisasi untuk menghadapi kondisi nLOS dapat dilakukan dengan penyesuaian polarisasi antena sesuai dengan kondisi dilapangan, dalam pengertian sebagai berikut :
 - 1) Jika di area perkotaan polarisasi yang paling sesuai adalah polarisasi vertikal, karena di area perkotaan terdapat banyak bangunan tinggi. Jika di area perkotaan yang banyak menggunakan perangkat nirkabel dengan frekuensi yang sama, maka direkomendasikan menggunakan polarisasi yang berbeda dari yang pada umumnya;
 - 2) Sedangkan pada area pedesaan dapat menggunakan polarisasi horizontal karena jumlah bangunan tinggi sangat jarang namun kecendrungan kepadatan penghalang cukup banyak seperti pepohonan dan kontur lereng pgunungan

6.2 Saran

Pada penelitian kedepan diharapkan penggunaan perangkat nirkabel juga melibatkan perangkat BWA dengan Teknologi berbasis sistem telekomunikasi bergerak selular yaitu LTE dengan *unlicensed spectrum*.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

- APJII, 2016. Statistik pengguna dan perilaku pengguna internet indonesia 2016
- Ary, Donald, Jacobs, L., C., Razavieh. 1985. Introduction To Research in Education. New York: Holt, Rinehart.
- Brian L. Urban, AS, BS, EIT (2006). Radio Propagation. Diakses 14 Agustus 2016 melalui <https://digital.library.unt.edu/>
- Bogdan, R.C dan Biklen, S.K. (1982). Qualitative Research for Education : An Introduction to Theory and Mehtods, Boston : Allyn and Bacon, Inc
- Jim McNally dan Plus Ten, Inc., let's try a whole bunch of them. 2015. diakses 06 Mei 2015 07.40 melalui <https://community.ubnt.com>
- Keliat, Patriot. Kevin Putra P. K. R. 2013 TEKNOLOGI BAHAN ELEKTRIK : Dampak Cuaca terhadap Jaringan Nirkabel (Wi-Fi)
- Kominfo.(2014). Buku Saku Survey Indikator Akses dan Penggunaan TIK Pada Rumah Tangga Tahun
- Kominfo. "Biaya Pembangunan Jaringan Pita Lebar Akses Bergerak Di Indonesia: Kajian Biaya Sosial Ekonomi Adopsi Teknologi
- Kominfo, ICT White Paper 2012 14 Agustus 2016 melalui <https://balitbangsdm.kominfo.go.id>
- Kuncoro, M. (2011). Metode Kuantitatif, Teori dan Aplikasi untuk Bisnis dan Ekonomi edisi keempat (4th ed.). Yogyakarta: Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen, YKPN.
- Ginano, Marvan. (2015) Analisa Performa Kualitas Jaringan VSAT Mobil Pusat Layanan Internet Kecamatan Sulawesi Utara
- Putra, Reza Mandala. Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin 2014. Kajian Broadband Wireless Access (BWA) Di Indonesia. Makridakis, S. dan Wheelwright, S.C. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalan. Edisi Ke-2. Terjemahan Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Learn networking. "Carrier Sense Multiple Access Collision Detect (CSMA/CD) Explained" , 2008 diakses pada 14 September 2016 melalui <http://learn-networking.com>

- Langston, Charan . 2002 . Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM, DMT)
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4 ed.). New York: The Free Press.
- Papa Moussa Ndaol, Yvon Erhel, Dominique Lemur and Jérôme Le Masson. A MIMO solution based on polarization diversity for ionospheric radio links : Figure 1 Comparison of channel capacity (bits/s.Hz) ; SISO vs. MIMO 2x2 circular polarization diakses pada 5 Desember 2016 melalui <http://www.researchgate.net>
- Subagyo, Pangestu. (1986). *Forecasting Konsep dan aplikasi* . Yogyakarta: BPPE UGM.
- Sangboh Yun,Member, IEEE, Seung Young Park,Member, IEEE, Yeonwoo Lee, Daeyoung Park,Member, IEEE, Yungsoo Kim,Member, IEEE,Kiho Kim,Senior Member, IEEE, and Chung Gu Kang,Member, IEEE. (2007) Hybrid Division Duplex System for Next-Generation Cellular Services. pada 14 September 2016 melalui <http://ieeexplore.ieee.org>
- Shtrom , Victor and Jose Tellado. 2002. Design How-To Turning to MIMO for Non-LOS Wireless Operation. pada 14 September 2016 melalui <http://www.eetimes.com>
- Surachmad,Winartno.1982 Pengantar Penelitian Ilmiah.Bandung:Tarsito
- Tornatzky, L. G., dan Fleischer, M. (Eds.). (1990).*The Process of Technological Innovation*. Lexington, MA: Lexington Books.
- Triana,ita “ MIMO (Multiple Input Multiple Output)” , 2012 diakses pada 14 September 2016 melalui <http://ita-triana.blogspot.co.id>
- Badan Pusat Statistik,(2013). Proyeksi Penduduk indonesia diakses, diakses pada 17 November melalui <https://www.bps.go.id/>