

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pembangunan jaringan telekomunikasi antara Sulawesi Utara (Manado) dan Maluku Utara (Sofifi) menggunakan radio microwave dengan teknologi SDH (Synchronous Digital Hierarchy) yang dapat memenuhi kapasitas yang besar dan kehandalan yang cukup tinggi. Pemilihan komunikasi dengan radio microwave pada link ini disebabkan banyaknya kendala pada proses implementasinya, dimana link ini melewati lautan. Oleh sebab itu tidak memungkinkan membangun komunikasi kabel bawah laut (Sub Marine) dalam waktu relatif singkat maka sistem komunikasi radio microwave memberikan suatu solusi. Hasil perencanaan dapat digunakan referensi penentuan penggunaan perangkat yang sesuai dengan spesifikasi dalam pembangunan komunikasi radio microwave dengan rute Sulawesi Utara (Manado) – Maluku Utara (Sofifi) agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan standarisasi internasional. Dalam hal standar yang digunakan mengacu pada ITU-R.

Pembangunan jaringan telekomunikasi antara pulau Maluku – Papua menggunakan radio microwave dengan teknologi SDH (Synchronous Digital Hierarchy) yang dapat memenuhi kapasitas yang besar dan kehandalan yang cukup tinggi. Pemilihan komunikasi dengan radio microwave pada link ini disebabkan banyaknya kendala pada proses implementasinya, dimana link ini melewati lautan, oleh sebab itu tidak memungkinkan membangun komunikasi kabel laut dalam waktu relatif singkat. Maka sistem komunikasi radio microwave memberikan suatu solusi. Sistem ini merambat dalam garis pandang (line of sight) atau ruang bebas sehingga tidak diperlukan syarat utama yang harus dipenuhi dalam membangun komunikasi radio microwave. Sebelum membangun sistem komunikasi radio microwave maka dibutuhkan perencanaan agar sistem ini memenuhi kebutuhan suatu sistem komunikasi. Perencanaan dilakukan terdiri atas beberapa tahap seperti penentuan lokasi, penentuan rute radio link, konfigurasi radio link dan path analysis. Tahap-tahap tersebut dilaksanakan agar mendapatkan hasil yang maksimal pada suatu perencanaan. Hasil perencanaan dapat digunakan sebagai referensi penentuan penggunaan perangkat yang sesuai dengan spesifikasi

dalam pembangunan komunikasi radio microwave dengan rute pulau Maluku – Papua agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan standarisasi internasional. Dalam hal ini standar yang digunakan mengacu pada ITU-R [1].

Sistem komunikasi radio microwave sangat berperan penting dalam komunikasi seluler khususnya untuk komunikasi backbone, pada link point to point ini digunakan untuk traffic rate yang sangat tinggi sampai (Giga bit per second) Gbps. Kondisi link yang line of sight (LOS) menjadi syarat untuk komunikasi backbone. Didalam proses perencanaan microwave, permasalahan timbul dari perencanaan power link budget, dimana instalasi dan troubleshoot atau maintenance untuk pelanggan belum berjalan secara maksimal, karena untuk membuat perencanaan dan perhitungan masih menggunakan catatan tulis dan dibantu oleh microsoft office (excel). Sehingga untuk mengoptimalkan pembuatan power link budget, perlu adanya suatu media yang digunakan sebagai alat bantu untuk memberikan kemudahan kepada petugas dalam menentukan perhitungan power link budget dan maintenance untuk pemasangan radio microwave point-to-point dengan menggunakan media aplikasi berbasis web dan database MySQL. Setiap parameter yang diperlukan dalam menentukan power link budget dapat diakses langsung melalui aplikasi yang dirancang dengan hasil perhitungan yang dapat langsung diketahui oleh petugas lapangan. Dari perbandingan hasil perhitungan aplikasi power link budget dengan data dilapangan yang diambil dari beberapa titik lokasi terdapat rata-rata error sebesar 41%, hal tersebut dipengaruhi oleh sistem LOS dan Obstacle real dilapangan dengan peta kontur tanah dari capture google eart pro berbeda.

Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) sebagai sebuah institusi pendidikan memanfaatkan TIK untuk menunjang kegiatan akademik dan administrasinya. Saat ini PNUP telah memiliki dua buah kampus sehingga dibutuhkan interkoneksi infrastruktur jaringan antar lokasi tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisa dan desain link microwave sebagai infrastruktur jaringan antar kampus. Penelitian meliputi survey, perancangan melalui hasil analisa dengan metode line of sight melalui studi topografi dan analisa link budget menggunakan Aplikasi Google Earth, Pathloss, dan perangkat GPS. Desain ketinggian antena menggunakan tower Jurusan Elektro Kampus 1 setinggi 20 m

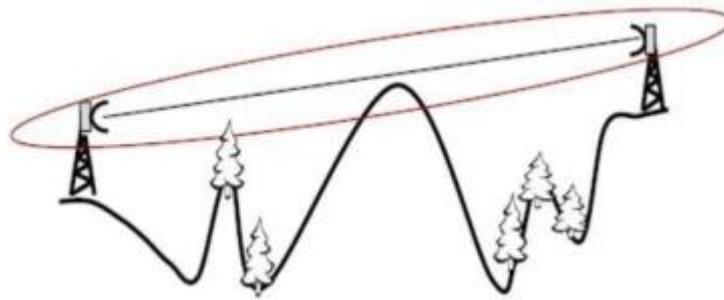
dan tiang antenna titik akhir di atas Gedung Jurusan Elektro Kampus 2 setinggi 3,35 m. Performansi komunikasi melalui jalur link microwave tersebut diatas memiliki kualitas yang sangat baik dimana parameter komunikasi terpenuhi adalah FSL 128.75 dB, EIRP 45.60 dBm, RSL -57.65 dBm, SOM 12.46 dB. Desain yang dihasilkan pada penelitian ini adalah desain infrastruktur link microwave yang memenuhi persyaratan jaminan kualitas performansi komunikasi sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan infrastruktur jaringan antar kampus PNUP[2].

Salah satu permasalahan jaringan internet di pedesaan adalah sulitnya menyambungkan internet yang berbasis kabel dikarenakan jarak terlalu jauh, jaringan internet berbasis nirkabel dapat menjadi solusi alternatif dari permasalahan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang jaringan WiFi outdoor pada frekuensi 5725 MHz sebagai gambaran dalam pengimplentasian rancangan jaringan di Desa Kutanaganara Garut. Pengujian dilakukan melalui perhitungan Power Link Budget dan simulasi menggunakan aplikasi Internet Service Provider Design Center Ubiquiti dengan perangkat pemancar LiteAP GPS dan perangkat penerima NanoBeam 5AC. Perencanaan jaringan dibuat menggunakan masing-masing 1 pemancar dan penerima pada pita frekuensi 5725 MHz Sub Band NII-3. Parameter yang diuji adalah System Operating Margin (Effective Isotropically Radiated Power (EIRP), Margin Signal), Free Space Loss (FSL), Fresnel Zone Clearance (FZC), daerah cakupan, kekuatan sinyal dan kapasitas kecepatan internet. Hasil dari perhitungan dan konfigurasi menunjukkan nilai EIRP pengirim 36 dBm, EIRP penerima 36 dbm, bandwidth maksimum 20 MHz, Fresnel zone clearance 3,4 m dan kekuatan sinyal yang diterima -49 dBm. Hasil tersebut sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) dan dapat dibuat rancangan jaringannya. Hasil dari simulasi jaringan menunjukkan rancangan jaringan internet sudah mencakup seluruh daerah desa dengan sinyal yang didapat adalah -49 dBm, dengan margin sinyal sebesar 46,2 dB yang sudah memenuhi standar dari Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON) dengan klasifikasi jaringan termasuk dalam kategori outstanding

(sangat bagus) dan memiliki kapasitas maksimum internet 147 Mbps terdiri dari 74 Mbps kecepatan unduh dan 74 Mbps kecepatan unggah[3].

2.2 Sistem komunikasi Radio Gelombang Mikro

Sistem komunikasi radio gelombang mikro adalah sistem komunikasi yang dapat mengirimkan informasi dari satu lokasi pengirim ke lokasi penerima tanpa terganggu kondisi daratan. Komunikasi berupa suara, video, dan data dikirimkan melalui udara bebas (*Air Interface*) pada *range* frekuensi 2 GHz sampai 24 GHz, berdasarkan standar yang direkomendasikan oleh *Committee Consultative International on Radio* (CCIR)[4].



Gambar 2.1 Propagasi LOS[9]

Komunikasi radio gelombang mikro digunakan untuk sistem komunikasi satelit, terestrial, dan komunikasi bergerak yang perambatannya melalui atmosfer dimana kondisi atmosfer ini dapat mempengaruhi performansi komunikasi radio gelombang mikro. Sistem komunikasi radio gelombang mikro terdiri dari dua bagian yaitu bagian pemancar (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*). Dalam jalur komunikasi radio gelombang mikro dari satu lokasi menuju lokasi lainnya harus dalam keadaan *Line of Sight* (LOS) yang artinya lintasan propagasi tersebut dalam keadaan bebas pandang sehingga antena pemancar dan penerima tidak adanya penghalang (*obstacle*) yang dapat menghalangi lintasan perambatan gelombang radio[5].

2.3 Komponen Link microwave

Terdapat dua bagian komponen utama yang ada di dalam *link microwave* yaitu *Indoor Unit* (IDU) dan *Outdoor Unit* (ODU).

2.3.1 Indoor Unit (IDU)

Indoor Unit atau sering disebut IDU. IDU berisi mengenai modem radio yang berfungsi sebagai titik terminasi untuk sinyal digital dari perangkat *end user* dan kemudian mengubahnya kedalam sinyal yang berbasis sinyal radio untuk dikirimkan sepanjang media transmisi gelombang mikro dengan menggunakan skema modulasi dan juga memodulasikan *carrier* ke sinyal digital pada penerima. Terlepas dari modulasi dan demodulasi sinyal, IDU juga berfungsi sebagai kanal komunikasi antar *Network Monitoring System* (NMS) dan *Outdoor Unit* (ODU). IDU biasanya ditempatkan dilokasi yang terproteksi[6].

2.3.2 Outdoor Unit (ODU)

Outdoor unit atau sering disebut dengan ODU. ODU berfungsi mengkonversikan sinyal digital berfrekuensi rendah (*Intermediate Frequency*) menjadi sinyal radio berfrekuensi tinggi (*Radio Frequency*). Ketika sinyal diterima oleh antena, sinyal dilewatkan ke *Low Noise Amplifier* (LNA) untuk dikuatkan. Kemudian dilewatkan ke *Automatic Gain Control* (AGC). ODU berisi perangkat *Radio Frequency* dan pengirim dan penerima. Dengan fitur ini, ODU juga disebut sebagai radio *transceiver*. ODU mendapat catuan listrik dan sinyal termodulasi rendah dari IDU melalui kabel koaksial.

2.4 Faktor yang mempengaruhi Komunikasi Radio Gelombang Mikro

Dalam sistem komunikasi radio gelombang mikro terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja sistem radio. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja tersebut antara lain:

2.4.1 Antenna

Antenna merupakan suatu perangkat pengubah (*transducer*) energi listrik dari saluran transmisi, menjadi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke ruang bebas, dan sebaliknya. Dengan kata lain antenna menjadi struktur perantara pengubah gelombang *Radio Frekuensi* (RF) terbimbing menjadi gelombang radio bebas, sehingga perangkat ini merupakan bagian utama pada komunikasi radio *Microwave*[7].

2.4.2 Atmosfer

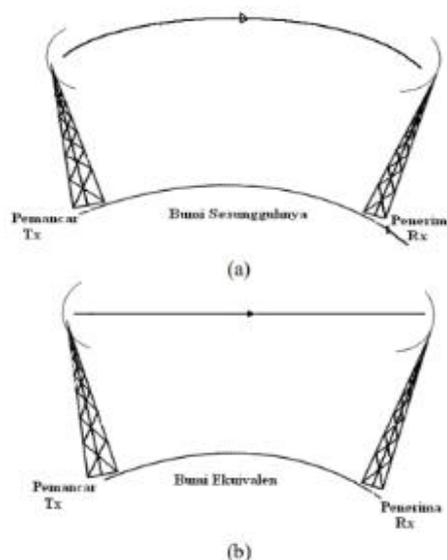
Butir-butir hujan memberikan redaman terhadap gelombang elektromagnetik yang melintas. Semakin lebat hujan maka redaman tersebut semakin besar. Pada komunikasi *microwave terrestrial* banyak faktor-faktor yang sangat mempengaruhi performa sistem yang berkaitan dengan efek dari atmosfer antara lain :

a. Absorption

Absorption adalah penyerapan sebagian energi gelombang mikro oleh oksigen dalam atmosfer, hujan dan kabut. Hal ini dapat menyebabkan energi elektromagnetik yang dipancarkan di ruang bebas mengalami redaman. Akan tetapi redaman akibat penyerapan ini masih tergolong cukup kecil.

b. Refraction (Pembiasan)

Refraction adalah pembengkokan atau pembelokan gelombang radio karena perubahan karakteristik atmosfer (karena perubahan temperature, kerapatan, kelembaban). Perubahan kerapatan atmosfer berpengaruh terhadap cepat rambat gelombang. Refraksi pada gelombang yang merambat pada atmosfer menyebabkan timbulnya *horizon radio* (Kaki Langit), sehingga jarak Tx-Rx pada sistem *Line Of Sight* (LOS) terbatas padahal dalam komunikasi yang diinginkan adalah propagasi garis pandang.



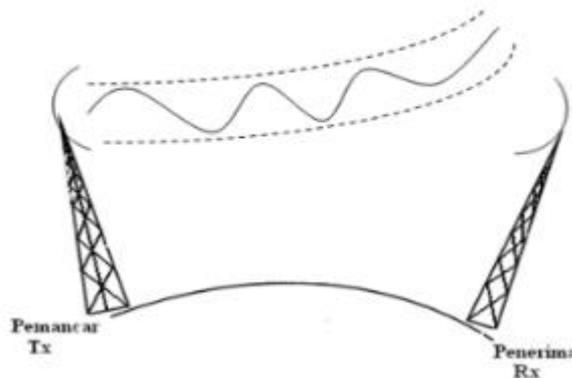
Gambar 2.2 *Microwave Path*

(a) *Real earth*

(b) *Equivalent earth*

c. *Ducting*

Ducting adalah peristiwa di mana terperangkapnya gelombang mikro dalam sebuah *atmosphere waveguide*. Ini biasa terjadi pada ketinggian yang rendah dengan lapisan atmosphere yang sangat padat dan terjadi didekat atau diatas permukaan air. Ada 2 macam ducting yaitu *Surface Ducts* ketika batas terendah dari duct adalah permukaan bumi dan *Elevated Ducts* ketika batas terendah dari duct adalah diatas permukaan bumi[8].



Gambar 2.3 Peristiwa Ducting

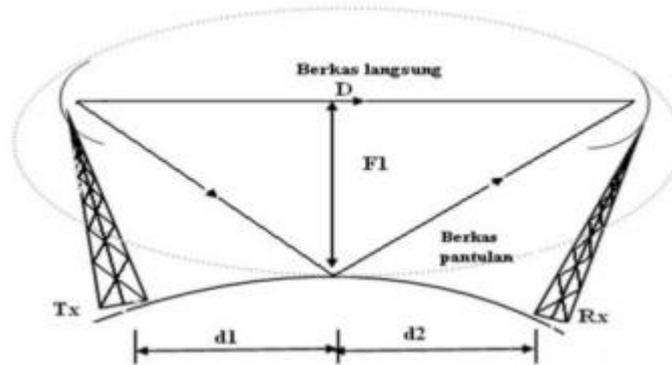
2.4.3 Terrain Effect

Selain atmosfer, kondisi daerah yang dilintasi gelombang radio juga bisa menyebabkan gelombang tersebut mengalami *multipath*/lintasan jamak. Dalam propagasi gelombang mikro sangat diharapkan terjadinya suatu propagasi garis pandang yang *Line Of Sight* (LOS) tanpa adanya penghalang.

a. *Fresnel Zone*

Fresnel Zone untuk menghindari pengaruh *multipath* (terutama pantulan tanah) ditetapkan daerah “clearance” (bebas dari obstacle/penghalang) yang salah satu komponennya adalah fresnel zone. Pada Gambar 2.4 menunjukkan dua berkas lintasan propagasi gelombang radio dari pemancar ke penerima, yaitu berkas lintasan langsung (*direct ray*) dan berkas lintasan pantulan (*reflected ray*) yang mempunyai radius $F1$ dari garis lintasan langsung. Jika berkas lintasan pantulan mempunyai panjang setengah kali lebih panjang dari berkas lintasan langsung, maka dianggap bumi merupakan pemantul yang sempurna (koefisien pantul sama dengan -1, artinya gelombang datang dan gelombang pantul berbeda fase 180°), maka pada saat tiba di penerima akan mempunyai fase yang sama

dengan gelombang langsung. Akibatnya akan terjadi intensitas kedua gelombang pada saat mencapai antenna penerima akan saling menguatkan.



Gambar 2.4 Daerah *Fresnel*[9]

b. *Clearance*

Lintasan sinyal yang ditransmisikan pada sistem line of sight harus mempunyai daerah bebas hambatan yang disebut clearance. Daerah clearance ditentukan untuk menghindari pengaruh jalur jamak terutama karena pantulan tanah[9].

2.4.4 Link Budget Analysis

Analisis link budget calculation dilakukan agar perencanaan jaringan transmisi microwave antara BTS Near End dan BTS Far End dapat memenuhi kondisi sistem komunikasi yang bekerja secara optimal dalam melakukan performansi komunikasi radio microwave. Suatu link gelombang mikro dapat terbentang jarak yang sangat jauh. Tiap hop harus dalam kondisi LOS. Ukuran dari antenna, daya keluaran pemancar (transmitter), daya penerimaan minimum dan panjang lintasan semua hal tersebut saling berhubungan. Daya terima minimum merupakan titik awal dalam perancangan lintasan. Besarnya daya minimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut[9].

$$P_{t_{min}} = L_{tr} + FM + C_{min} \quad (2.1)$$

Dimana,

$P_{t_{min}}$ = daya minimum

L_{tr} = redaman transmisi (dB)

FM = tanding margin (dB)

C_{min} = level sinyal terima minimum (dB)

Sedangkan untuk *loss* transmisi atau rugi-rugi transmisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut[9].

$$L_{tr} = L_{fs} + L_f + L_b + A_{eff} - G_{total} \quad (2.2)$$

Dimana,

L_{tr} Transmisi *Loss*

L_{fs} = redaman ruang bebas (dB)

L_f = *loss feeder* / redaman saluran transmisi (dB)

L_b = *loss branching* / perbandingan (dB)

A_{eff} = redaman efektif hujan (dB)

G_{tot} = total gain antara antara antenna pemancar dengan penerima (dB)

Dan untuk mencari level sinyal penerima minimum dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut[9].

$$C_{min} = N_{th} + \frac{C}{No} \quad (2.3)$$

Dimana,

C_{min} = Level sinyal terima minimum (dB)

C/No = *Carrier to noise ratio* (dB)

Sedangkan N_{th} dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$N_{th} = 10 \log K T B + N_F \quad (2.4)$$

Dimana,

N_{th} = Ambang daya *thermal noise* (dB)

K = Konstanta *Boltzman* (1.38×10^{-23} J/oK)

T = Temperatur absolut (°K)

B = Lebar bidang/*bandwidth* (Hz)

N_f = *Noise figure* (dB)

2.5 Klasifikasi Link microwave

Pada umumnya *link microwave* beroperasi pada *range* frekuensi 2 GHz sampai dengan frekuensi 58 GHz. Berdasarkan *range* frekuensi kerjanya *link microwave* dapat diklasifikasi menjadi tiga kategori yaitu *short haul*, *medium haul*, dan *long haul*.

2.5.1 Short Haul

Short haul beroperasi pada frekuensi yang sangat tinggi (23 GHz – 58 GHz), dengan jarak jangkauan yang pendek antara 1 – 18 km. Pada *range*

frekuensi yang lebih rendah pada band ini, *link* akan dipengaruhi oleh *multipath* dan *rain fading*. Pada frekuensi yang lebih tinggi pada saat panjang lintasan hanya beberapa kilometer, pengaruh *multipath* tidak akan memberikan dampak yang signifikan. Tetapi, bagaimanapun hujan akan memberikan dampak besar pada link ini. Berikut frekuensi yang termasuk kategori *short haul* :

1. *Band* Frekuensi 23 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 18 km
 - b. Diameter antena 30 cm – 120 cm untuk gain berkisar antara 35,5 dBi – 47,3 dBi
 - c. *Rain fading* dan *multipath fading*
 - d. Menggunakan 2 polarisasi horizontal dan vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer hujan sekitar 3 dB/km pada saat curah hujan 20 mm/jam
2. *Band* Frekuensi 26 dan 27 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 15 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm – 60 cm
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km
 - f. Atenuasi karena hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
3. *Band* Frekuensi 38 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 10 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm dengan *gain* 39,66 dB
 - d. Hanya menggunakan 1 polarisasi, yaitu vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer 0,12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 5 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
4. *Band* Frekuensi 55 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal kurang lebih beberapa kilometer saja
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm dengan *gain* 39,66 dB
 - d. Menggunakan 1 polarisasi vertikal

- e. Atenuasi akibat hujan sekitar 5 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
 - f. Atenuasi atmosfer 0,12 dB/km
5. *Band* Frekuensi 58 GHz
- a. Daya jangkauan maksimal hanya 1 – 2 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 15 cm
 - d. Hanya untuk polarisasi vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer 12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 7 dB/km saat curah hujan 20 mm/h

2.5.2 Medium Haul

Frekuensi operasi *link* ini biasanya antara 11 GHz – 20 GHz. Dipengaruhi oleh kondisi iklim dan frekuensi operasi. Panjang lintasan bervariasi antara 20 – 40 km. Link ini juga dipengaruhi oleh *multipath fading* dan *rain fading*. Berikut beberapa fungsi yang termasuk kategori Medium Haul :

1. *Band* Frekuensi 13 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 40 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 60 cm – 120 cm untuk gain antena berkisar 36,4 dB – 42,4 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
2. *Band* Frekuensi 15 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 35 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 60 cm – 120 cm dengan gain antena berkisar 38 dB – 44 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
3. *Band* Frekuensi 18 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 20 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena hingga 60 cm – 180 cm dengan gain 39 dB – 49 dBd. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
 - d. Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km
 - e. Atenuasi akibat hujan sekitar 1 dB/km saat curah hujan 20 mm/h [10].

2.5.3 Long Haul

Frekuensi operasi *link* ini biasanya antara 2 GHz sampai 10 GHz. Pada kondisi iklim terbaik dan frekuensi operasi, jarak yang dapat dicakup oleh *link* ini dapat berkisar antara 45 km – 80 km. *Link* ini dipengaruhi *multipath fading*. Berikut beberapa *band* frekuensi yang termasuk kategori *Long Haul*.

1. *Band* Frekuensi 2 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 80 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 370 cm dengan *gain* antena 36 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
2. *Band* Frekuensi 7 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 50 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 370 cm dengan *gain* antena 46,8 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
3. *Band* Frekuensi 10 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 45 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena hingga 60 - 120 cm untuk *range gain* 34 dB – 40 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal

2.6 Perhitungan link Budget Microwave

Adapun terdapat parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan *link budget microwave* adalah sebagai berikut:

2.6.1 Gain

Antena adalah suatu perangkat digunakan untuk mengirimkan sinyal informasi yang berasal dari pemancar maupun penerima dan juga mengubah sinyal informasi menjadi sebuah gelombang elektromagnetik. Selain itu antena berfungsi sebagai penguat daya informasi yang dikirimkan dan mengubah gelombang RF menjadi gelombang ruang bebas dan sebaliknya.

Gain adalah parameter pengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Pada antena parabola, efisiensi tidak mencapai 100% karena beberapa daya hilang. Secara komersial, efisiensi antenna parabola antara 50% hingga 70%. Besarnya nilai *gain* dapat dicari menggunakan

persamaan dibawah.

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \quad (2.5)$$

Dimana,

G = Gain/penguatan antena (dB)

η = Efisiensi antena (%)

d = Diameter antena (m)

f = Frekuensi kerja (GHz)

Jika *antenna* mempunyai efficiency yang lain maka gain bisa dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Ae = e \cdot A$$

$$G = 10 \log \left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2} \right) \quad (2.6)$$

e = efficiency

Ae = luas effective

A = luar fisik

Persamaan gain yang lain :

$$G = \tau \left(\frac{fD\pi}{c} \right)^2 \quad (2.7)$$

2.6.2 Free Space Loss (FSL)

Free Space Loss merupakan redaman yang ada disepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Besarnya nilai FSL untuk frekuensi GHz dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.8, sedangkan untuk frekuensi MHz dapat menggunakan Persamaan dibawah.

$$FSL = 92,45 + 20 \log (f_{GHz}) + 20 \log (D_{km}) \quad (2.8)$$

Dimana,

FSL= *Free Space Loss* (dB)

f = Frekuensi (GHz)

D = Jarak antara antena pemancar dan penerima (km)

$$FSL = 32,45 + 20 \log (f_{MHz}) + 20 \log (D_{km}) \quad (2.9)$$

Dimana,

FSL= *Free Space Loss* (dB)

f = frekuensi (MHz)

D = jarak antara antenna pemancar dan penerima (km)

2.6.3 *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antenna pemancar atau untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antenna pemancar, dalam arti lain daya tersebut sudah mengalami penguatan. EIRP diperoleh dengan menjumlahkan daya *output* dari antenna pemancar dengan *gain* antenna lalu dikurangkan oleh *loss* atau dapat dituliskan seperti persamaan.

$$EIRP = P_{TX} + G_{ant} + L_{TX} \quad (2.10)$$

Dimana,

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

P_{TX} = Daya pancar (dBm)

G_{ant} = *Gain* antenna (dBi)

L_{TX} = *Transmitter loss* (dB)

2.6.4 *Isotropic Receive Level (IRL)*

Isotropic Received Level (IRL) adalah nilai level daya isotropik yang diterima oleh *receiver*. Nilai IRL bukan merupakan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian *decoding*, tetapi merupakan nilai level daya terima antenna *receiver*. Besaran nilai IRL harus didapatkan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai daya terima pada antenna penerima. Besar nilai IRL didapatkan dari persamaan.

$$IRL = EIRP - FSL \quad (2.11)$$

Dimana,

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

2.6.5 *Received Signal Level (RSL)*

Received Signal Level (RSL) merupakan *level* daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Nilai RSL ini dipengaruhi oleh rugi-rugi jalur di sisi antenna penerima dan *gain* antenna penerima. Untuk mencari nilai RSL dapat digunakan Persamaan.

$$RSL = IRL + G_{RX} - L_{RX} \quad (2.12)$$

Dimana,

RSL = *Received Signal Level* (dBm)

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

GRx = *Gain Antena* (dBi)

LRX = *Received Loss* (dB)

2.6.6 *Fading Margin*

Untuk mengatasi *fading* maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan *level* daya terima di atas *level* ambang (*rx threshold*). Cadangan daya tersebut disebut dengan *fading margin*. Terdapat 3 jenis *fade margin*, diantaranya: *thermal fade margin*, *flat fade margin*, *effective fade margin*. Besarnya *thermal fade margin* dapat dihitung dari selisih antara daya terima dan daya terima minimum (*Rx Threshold*). Adapun hubungan antara *fading margin* dengan *Received Signal Level* ditunjukkan pada Persamaan dibawah.

$$FM = RSL - Rx_{Th} \quad (2.13)$$

Dimana,

FM = *Fading Margin* (dB)

RSL = *Receive Signal Level* (dBm)

RxTh = *Rx Threshold Level* (dBm)

2.6.7 *Availability and unavailability*

Availability merupakan ukuran kehandalan sistem. Secara ideal semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Namun keadaan tersebut tidak mungkin terpenuhi karena di dalam suatu sistem pasti terdapat kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan. Kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan disebut sebagai *unavailability*. Maka untuk mencari besarnya nilai *unavailability* dan *availability* dapat digunakan pada Persamaan dibawah.

Unavailability terdapat rumus sebagai berikut:

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \quad (2.14)$$

$UnAv_{path}$ = ketidakhandalan sistem

D = panjang lintasan (Km)

FM = cadangan daya (dB)

f = frekuensi kerja (GHz)

a = faktor kekasaran bumi atau C faktor

- a = 4 ; untuk daerah halus, laut, danau, dan gurun
- a = 1 ; untuk daerah kekasaran rata-rata, dataran
- a = 1/4 ; untuk pegunungan dan dataran tinggi
- b = faktor iklim
 - b = 1/2 ; untuk daerah panas dan lembab
 - b = 1/4 ; untuk daerah normal
 - b = 1/8 ; untuk daerah pegunungan (sangat kering)

Availability terdapat rumus sebagai berikut :

$$Av_{path} = (1 - UnAv_{path}) \times 100\% \quad (2.15)$$

dimana,

Avpath = kehandalan sistem *space diversity*

UnAvpath = ketidakhandalan system *space diversity*

Adapun curah hujan juga akan mempengaruhi *availability* jaringan yang dihasilkan. Curah hujan di setiap negara/zona bisa berbeda-beda tergantung pada kondisi dan letak geografisnya. Pembagian zona curah hujan menurut rekomendasi ITU-R Pn.837-1 terbagi menjadi zona A sampai dengan zona Q. Indonesia dikategorikan ke dalam zona P yang memiliki curah hujan termasuk besar, termasuk negara tropis lainnya[9].

Tabel 2. 1 Hubungan antara *Availability* dan *Outage Time*

<i>Availability or reliability</i> (%)	<i>Outage time</i> (%)	<i>Outage timer per</i>		
		<i>Year</i>	<i>Month</i> (avg.)	<i>Day</i> (avg.)
0	100	8760 h	720 h	24 h
50	50	4380 h	360 h	12 h
80	20	1752 h	144 h	4,8 h
90	10	876 h	72 h	2,4 h
95	5	438 h	36 h	1,2 h
98	2	175 h	14 h	29 min
99	1	88 h	7 h	14,4 min
99,9	0,1	8,8 h	43 min	1,44 min
99,99	0,01	53 min	4,3 min	8,6 s
99,999	0,001	5,3 min	26 s	0,86 s

99,9999	0,0001	2 s	2,6 s	0,086 s
---------	--------	-----	-------	---------

Ukuran kinerja sistem pada *link microwave* yaitu availability. Secara ideal, semua sistem diinginkan memiliki availability 100%. Tetapi hal tersebut tidak mungkin dipenuhi, sehingga dalam sistem pasti terdapat ketidakhandalan sistem. Ketidakhandalan sistem terjadi karena dua faktor, yaitu [10] :

1. Kesalahan Karena Manusia (human error)

Hal ini disebabkan karena pemeliharaan atau kegagalan yang terjadi karena perangkat tidak sebanding dengan perencanaan dan dapat juga karena pabrik perangkat sistem tersebut.

2. Kesalahan Bukan Karena Manusia

Faktor utama penyebab terjadinya unavailability sistem adalah kondisi atmosfer. Faktor yang lainnya antara lain adalah gempa bumi, kebakaran, banjir dan lain-lain. Availability sering disebut juga reability yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan sesuai standard link yang diinginkan.

2.7 Standar ITU-R G.827 dan F.1703

Target AR (*Avability Radio*) dari tautan ini diberikan oleh jumlah dari tujuan ketidakterersediaan yang dirujuk ke bagian tautan yang dimiliki setiap bagian jaringan. Menurut Rekomendasi ITU-T G.827 target untuk NPE (*National Path Element*) adalah :

- AR Standard = 0,9945
- AR High = 0,99912

➤ **Cakupan**

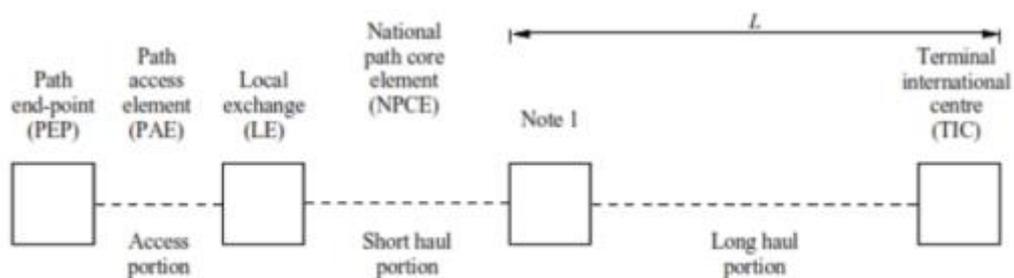
Rekomendasi ini menetapkan parameter ketersediaan dan tujuannya untuk elemen jalur dan jalur digital laju bit konstan internasional (CBR) ujung ke ujung. Jalur ini didasarkan pada Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) sebagaimana didefinisikan dalam ITU-T Rec. G.705, Synchronous Digital Hierarchy (SDH) sebagaimana didefinisikan dalam ITU-T Rec. G.707 atau teknologi Optical Transport Network (OTN) sebagaimana didefinisikan dalam ITU-T Rec. G.709. Revisi Rekomendasi ini di masa mendatang dapat mempertimbangkan spesifikasi ketersediaan teknologi transmisi lainnya. Parameter ketersediaan dan tujuannya tidak tergantung pada media transmisi yang mendukung jalur, misalnya serat

optik, relai radio, atau satelit. Tujuan ketersediaan dianggap melengkapi tujuan kinerja kesalahan yang didefinisikan dalam ITU-T Recs G.821, G.826, G.828 dan G.8201. Teknologi transportasi berbasis paket atau sel dicakup oleh Rekomendasi ITU-T lainnya seperti: X.137 dan I.357. Kinerja ketersediaan untuk koneksi yang dialihkan dalam ISDN didefinisikan dalam ITU-T Rec. I.355. Tujuan yang diberikan dalam Rekomendasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk negosiasi peningkatan kinerja, antara pelanggan dan penyedia layanan, melalui Service Level Agreement (SLA) sebagaimana dijelaskan dalam ITU-T Recs E.800 dan E.801[11].

➤ Tujuan

Rekomendasi ini dimaksudkan agar bermanfaat untuk:

- Pembeli kapasitas telekomunikasi;
- Transmisi-jaringan-perencana, untuk menentukan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung penawaran layanan telekomunikasi.
- Organisasi yang bertanggung jawab atas penyediaan kapasitas, untuk menentukan dukungan ujung-ke-ujung tambahan apa yang mungkin diperlukan (seperti pengalihan perlindungan ujung-ke-ujung) untuk memenuhi.
- Tujuan kualitas layanan yang dikontrak.
- Operator jaringan yang menyediakan elemen jaringan, untuk memastikan bahwa tujuan ketersediaan yang dikontrak terpenuhi.
- Badan pengawas jaringan publik nasional.



Gambar 2. 5 Bagian dasar dari nasional HRP

1. Bahwa tujuan ketersediaan yang berlaku untuk setiap tautan nirkabel tidak bergerak digital nyata yang membentuk bagian dari bagian internasional atau milik bagian jaringan jarak jauh dari bagian nasional dari jalur dan koneksi

digital kecepatan bit konstan internasional harus dialokasikan dengan blok tetap plus berbasis jarak;

2. Bahwa tujuan ketersediaan yang berlaku untuk setiap tautan radio digital nyata yang termasuk dalam bagian akses dan jaringan jarak pendek dari bagian nasional dari jalur dan koneksi digital kecepatan bit instan internasional harus berbasis blok tetap (yaitu tidak bergantung pada panjang).

International Standards

G.827 dan F.1703

❖ *Availability* pada dua arah

(jalur atau peralatan)

- International digital *links* (50 - 21.500 km)
 - *Availability* = 99.9926 – 99.9975%
 - Intensitas pemadaman = 25 ke 1 pengurangan per tahun
- Nasional digital *links*
 - Terminating country (50 – 2500 km)
∅ *Availability* = 99.9925 – 99.9975%
∅ Intesitas pemadaman = 25 ke 1 pengurangan per tahun
 - Longhaul (50 – 2500 km)
∅ *Availability* = 99.9925 – 99.9975%
∅ Intesitas pemadaman = 25 ke 1 pengurangan per tahun
 - Short haul (50 – 250 km)
∅ *Availability* = 99.9830 – 99.9965%
∅ Intesitas pemadaman = 50 ke 10 pengurangan per tahun
 - Access (50 – 250 km, typically < 50 km)
∅ *Availability* = 99.9750 – 99.9958%
∅ Intesitas pemadaman = 50 ke 8 pengurangan per tahun

Availability objectives per tahun

Availability diukur menggunakan jendela on/off 10 detik. Diasumsikan bahwa ketersediaan peralatan dan media sama, degradasi jalur tipikal adalah hujan dan gangguan jangka Panjang.

International Standaers

G.826, G.828. dan F.1668

- ❖ Tujuan satu arah kualitas jalur
 - International digital *links*
 - 50 – 21.500 km
 - 99.9996 – 99.9998 *Free of SESs*
 - National digital *links*
 - *Terminating country* (50 – 2500 km)
 - 99.9996% – 99.9998% *Free of SESs*
 - *Inter-excnange* (50 – 2500 km)
 - 99.9975% – 99.9998% *Free of SESs*
 - *Short haul* (50 – 250 km)
 - 99.9830% – 99.9975% *Free of SESs*
 - *Inter-excnange* (50 – 250, *typically* < 50 Km)
 - 99.99830% – 99.9975% *Free of SESs*

sasaran kualitas yang didefinisikan sebagai kinerja kesalahan selama kinerja bulan terburuk hanya diukur ketika sirkuit tersedia menggunakan jendela hidup/mati 10 detik Degradasi jalur tipikal adalah *multipath fading* dan gangguan jangka pendek.

2.8 Pathloss 5.0

PathLoss versi 5 merupakan perangkat lunak (*software*) untuk perancangan jaringan komunikasi radio *microwave* yang digunakan oleh sebagian besar perencana jaringan. Aplikasi ini dapat menampilkan simulasi yang cukup akurat dalam hal perangkat dan lingkungan dimana jaringan radio akan diterapkan.

Agar jaringan radio dapat disimulasikan dengan sempurna, maka diperlukanlah beberapa data atau *file* pendukung yang berisi spesifikasi perangkat beserta lingkungannya. Data file yang diperlukan diantaranya :

1. *Frequency Plan File*

Frequency Plan ini berisi daftar frekuensi berlisensi yang dimiliki oleh berbagai vendor. Setiap vendor mempunyai daftar frekuensi yang berbeda sesuai dengan lisensi yang dibeli.

2. *Microwave Antenna Data Files (MAS)*

File MAS ini merupakan representasi karakteristik antena yang diproduksi oleh vendor.

3. *Radio Models Data Files (MRS)*

Sedangkan file MRS berisi implementasi radio yang sesuai dengan file MAS.

4. SRTM/Data *Geografis*.

SRTM berisi data topografi yang dibuat oleh NASA, file ini juga dapat diunduh secara bebas di internet.

Jika empat data file diatas sudah lengkap dimiliki, maka simulasi *link budget* pun sudah dapat dibuat[11].

2.9 Google Earth

Google Earth merupakan *software* yang menyediakan tampilan *virtual* planet bumi. Didalamnya terdapat peta yang dapat menginformasikan titik koordinat dan elevasi dari suatu wilayah. Penggunaannya yang mudah dan fitur yang lengkap menjadi pilihan dalam berbagai kebutuhan penggunaannya[11].