

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian yg dilakukan oleh Isnaeni Yusril dari Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang berjudul "Perancangan Jaringan Transmisi Gelombang Mikro *Link Site* Sirahan Dengan *Site* Congkrang" membahas terkait analisa yang dilakukan secara menyeluruh untuk perancangan *link budget* dari pemasangan jaringan transmisi microwave. Penulis juga menganalisis dengan membandingkan link budget dengan parameter yang digunakan dalam perancangan yaitu *Gain*, *Free Space Loss (FSL)*, *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*, *Isotropic Received Level (IRL)* , *Received Signal Level (RSL)*, *Fading Margin*, *Unavailability* dan *Availability*. Berdasarkan dari hasil pengamatan tersebut mendapatkan hasil dari daerah fresnel dalam keadaan bersih dari halangan. Dari penelitian tersebut menggunakan tipe antena VHLPX1-220 dengan frekuensi 23.000 MHz dengan gain antena 34.98 dBi [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aries Priyadi Ramadhan pada tahun 2017 dari Universitas Telkom Bandung yang berjudul “Perencanaan *Fronthaul Microwave* untuk Radio Komunikasi Pada Jaringan 4G” membahas tentang analisis perencanaan *fronthaul microwave* menggunakan komunikasi microwave. *Fronthaul microwave* adalah transmisi antara BBU yang berada pada eNodeB site existing menuju RRH yang berada pada new site. Perancangan yang telah dilakukan yaitu *microwave link*, *coverage planning* dan *capacity planning* jaringan LTE serta disimulasikan menggunakan *software Pathloss 5.0* untuk *microwave link* dan *Atoll* untuk *coverage planning*. Dari perhitungan dan simulasi dengan frekuensi 70 GHz dan spesifikasi perangkat yang digunakan untuk *gain* antenna sebesar 40,6; 43,0 dan 50,0 dan daya terima minimum sebesar -75 dBm. Mendapatkan hasil dari seluruh *link fronthaul microwave* mencapai *availability* sebesar > 99,99 % dengan nilai *fade margin* sebesar 28 dB sampai 45 dB. Nilai tersebut dihasilkan disebabkan oleh nilai daya terima tiap *site* lebih besar dari nilai daya terima minimum perangkat [5].

Pada penelitian yg dilakukan oleh Ignatiud Daru Kristiadi dan Muhammad Imam Nashirudin dari Universitas Telkom Bandung yang berjudul "Analisis

Perencanaan transmisi *Microwave* Antara Semarang - Magelang untuk *Radio Access Long Term Evolution (LTE)* " membahas terkait analisa yang dilakukan secara menyeluruh untuk pemasangan jaringan *transmisi microwave* dengan teknologi *Long Term Evolution (LTE)*. Penulis juga menganalisis dengan melakukan perencanaan *link microwave* menggunakan komunikasi langsung *singlehop*, *repeater* aktif dan *repeater* pasif. Berdasarkan dari hasil pengamatan tersebut mendapatkan hasil yang sesuai untuk diimplementasikan pada *link microwave* Semarang - Magelang. dengan menggunakan *repeater* aktif yang memantulkan dan menguatkan sinyal *site Tx* menuju *Rx* mampu menjadi solusi untuk lintasan *link* yang terdapat *obstacle* dan berjarak sangat jauh. Penelitian ini menunjukkan kekuatan *signal* di *site* Semarang dan Magelang masing masing -54,67 dBm dan -48,66 dBm. Kekuatan sinyal ini berada di atas *Rx threshold* pada kedua *site*, yaitu -67,50 dBm [6].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Evi Oktaviasari, Ade Wahyudin, dan Alfin Hikmaturokhman pada tahun 2018 dari Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang berjudul "Analisis Perbandingan Interferensi Link Gelombang Micro Pada Daerah Urban dan Rural Menggunakan *Software Pathloss 5.0*" membahas tentang analisis perencanaan gelombang *microwave* menggunakan *software pathloss 5.0* agar mudah mengetahui interferensi pada jaringan transmisi. Pada daerah rural yaitu *link hop* Cibadak – Cibolangkaler – Sukabumi, interferensi yang terjadi menyebabkan penurunan *availability*. Metode yang digunakan untuk menghilangkan kasus interferensi yaitu dengan mengganti *sub band*, merubah polarisasi antenna, serta menambahkan *power* pada jaringan. Setelah dilakukan dengan mengganti *sub band*, maka interferensi yang terjadi dapat dihilangkan dengan besarnya peningkatan *availability* setelah optimasi bernilai sama dengan besarnya penurunan *unavailability* ketika interferensi [7].

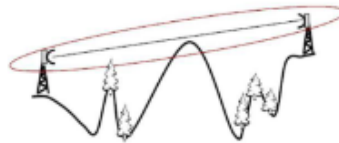
2.2 HUAWEI Corporation

Huawei adalah perusahaan *China* yang memproduksi alat komunikasi dan juga peralatan jaringan. Didirikan pada tahun 1987 oleh Ren Zhengfei, perusahaan ini bermarkas di kota Guangdong *China*. Pada awalnya perusahaan yang didirikan oleh mantan pasukan militer ini didirikan sebagai perusahaan eksklusif. Misi utama

dari perusahaan ini adalah membangun dan mengembangkan jaringan komunikasi dalam perusahaan lokal dan interlokal *China* dengan tujuan memudahkan proses pemasaran produk perusahaan [8].

2.3 Sistem Komunikasi Gelombang Mikro

Sistem komunikasi radio gelombang mikro merupakan sistem komunikasi yang bertujuan untuk mengirimkan informasi dari satu lokasi pengirim ke lokasi penerima tanpa terganggu kondisi daratan. Komunikasi yang dikirimkan yaitu suara, video, dan data melalui udara bebas (*air interface*) pada rentang frekuensi 2 GHz sampai 24 GHz, yang merupakan standar dari *Committee Consultative International on Radio* (CCIR) [9].



Gambar 2. 1 Propagasi LOS 1

Pada Gambar 2.1 Propagasi Los sangat berperan penting untuk komunikasi radio gelombang mikro, biasa digunakan untuk sistem komunikasi satelit, terrestrial, 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 [10].

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Komunikasi Radio Gelombang Mikro

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem tersebut sebagai berikut:

2.3.1 Antena

Antena adalah suatu pengubah (*transducer*) yang dapat mengubah besaran listrik menjadi gelombang elektromagnetik untuk kemudian dipancarkan ke angkasa, dan sebaliknya. Dengan kata lain antena dapat berfungsi sebagai penguat daya dan mengubah dari gelombang radio *frequency* (RF) terbimbing menjadi gelombang ruang bebas. Antena merupakan struktur perantara antara gelombang

yang terbimbing dan gelombang bebas sehingga merupakan bagian yang mutlak diperlukan pada komunikasi radio [10].

Tabel 2. 1 Tipe Antena [10]

52431111	A15S06HAC	Microwave Antenna,A15S06HAC,15G,600mm,HP,Single Polarization,Direct(XMC)/Separate(All RTN ODU) Mount,36.8dB,2.5deg,65dB,30dB,With English doc,C3
52431149	A15S09HAC	Microwave Antenna,A15S09HAC,15G,900mm,HP,Single Polarization,Direct(XMC)/Separate(All RTN ODU) Mount,40.3dB,1.6deg,67dB,30dB,With English doc,C3
52431112	A15S12HAC	Microwave Antenna,A15S12HAC,15G,1200mm,HP,Single Polarization,Direct(XMC)/Separate(All RTN ODU) Mount,42.9dB,1.2deg,71dB,30dB,With English doc,C3
52431113	A15S18HAC	Microwave Antenna,A15S18HAC,15G,1800mm,HP,Single Polarization,Direct(XMC)/Separate(All RTN ODU) Mount,46.2dB,0.8deg,74dB,30dB,With English doc,C3

2.3.2 Pengaruh 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 [10]:

a. *Absorption* (Redaman hujan)

Tetes-tetes hujan menyebabkan penghamburan dan penyerapan (*absorption*) energi gelombang radio yang akan menghasilkan redaman yang disebut redaman hujan. Besarnya redaman tergantung pada besarnya curah hujan. Redaman hujan tidak dapat ditentukan secara pasti tetapi ditentukan secara statistik [10].

b. *Refraction* (Pembiasan)

Refraction adalah pembongkolan 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 [10].

c. *Ducting*

Ducting adalah peristiwa dimana terperangkapnya gelombang mikro dalam sebuah *atmosphere waveguide*. Ini biasa terjadi pada ketinggian yang

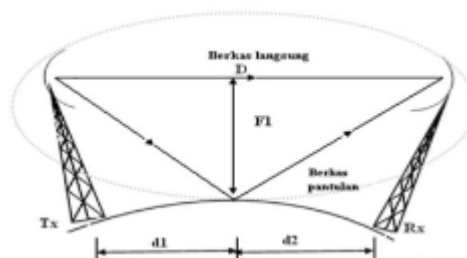
rendah dengan lapisan *atmosphere* yang sangat padat dan terjadi didekat atau diatas permukaan air. Ada 2 macam ducting yaitu *Surface Ducts* ketika batas terendah dari *duct* adalah permukaan bumi. dan *Elevated Ducts* ketika batas terendah dari *duct* adalah diatas permukaan bumi [10].

2.3.3 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 terjadi suatu propagasi garis pandang yang *Line Of Sight* (LOS) tanpa adanya penghalang [10].

a. 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 2.3 menunjukkan dua berkas lintasan propagasi gelombang radio dari pemancar ke penerima, yaitu 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 antena penerima akan saling menguatkan [10].



Gambar 2. 2 Daerah Fresnel

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 [10].

2.3.4 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 [10].

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

dimana,

- L_{tr} = redaman transmisi (dB)
- FM = *fading margin* (dB)
- C_{min} = level sinyal terima minimum (dB)

Sedangkan untuk *loss* transmisi atau rugi-rugi transmisi dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut [10].

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

dimana:

- L_{fs} = redaman ruang bebas (dB)
- L_f = *loss feeder* / redaman saluran transmisi (dB)
- L_b = *loss branching* / percabangan (dB)
- A_{eff} = redaman efektif hujan (dB)
- G_{total} = total *gain* antara antara antenna pemancar dengan penerima (dB)

Dan untuk mencari level sinyal penerimaan minimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut.

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

Sedangkan N_{th} dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$N_{th} = 10 \log k T B + N_f \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

- Nth = Ambang daya *thermal noise* (dB)
- K = Konstanta Boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$)
- T = Temperatur *absolut* ($^\circ\text{K}$)
- B = Lebar bidang/*bandwidth* (Hz)
- Nf = *Noise figure* (dB)
- C min = Level sinyal terima minimum (dB)
- C/No = *Carrier to noise ratio* (dB) [10]

2.4 Klasifikasi Link Microwave

Pada umumnya *link microwave* beroperasi pada range frekuensi 2 GHz sampai 58 GHz. Berdasarkan *range* frekuensi kerjanya *link microwave* dapat 12 diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *short haul*, *medium haul*, dan *long haul*[10].

2.4.1 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 vertical
 - e. Atenuasi atmosfer 0,12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 5 dB/km saat curah hujan 20 mm/h 13
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 vertical
 - 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 vertical
 - e. Atenuasi atmosfer 12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 7 dB/km saat curah hujan 20 mm/h

2.4.2 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*[10]:

- 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 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km Atenuasi akibat hujan sekitar 1 dB/km saat curah hujan 20 mm/h

2.4.3 *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*[10]:

- 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 vertical 15

2.5 Perhitungan *Link Budget*

Pada Gelombang *Microwave* dengan parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan *link budget microwave* adalah sebagai berikut.

2.5.1 *Gain Antena*

Gain antenna digunakan untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. *Gain antenna* menjelaskan seberapa besar jumlah energi yang terpancar secara isotropis dapat diarahkan menjadi suatu beam. Semakin sempit suatu beam, maka semakin tinggi tingkat kesearahan antena hingga menjadikan *gain* semakin tinggi [10].

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

dimana,

- G = *Gain*/penguatan antena (dB)
- η = Efisiensi antena (%)
- d = Diameter antena (m)
- f = Frekuensi kerja (GHz)

2.5.2 *Free Space Loss (FSL)*

Free Space Loss merupakan redaman yang ada disepanjang ruang antara antena pemancar [10].

$$FSL = 92,45 + 20 \log(fGHz) + 20 \log(Dkm) \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana,

- FSL = *Free Space Loss* (dB)
- f = Frekuensi (GHz)
- D = Jarak antara antena pemancar dan penerima (km)

2.5.3 *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Effective Isotropic Radiated Power (*EIRP*) merupakan daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antena pemancar atau untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan, dalam arti lain daya tersebut

sudah mengalami penguatan. EIRP diperoleh dengan menjumlahkan daya output dari antenna 16 pemancar dengan gain antenna lalu dikurangkan oleh *loss* [10].

$$EIRP = P_{Tx} + G_{ant} - L_{Tx} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana,

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

P_{Tx} = Daya pancar (dBm)

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

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

Nilai L_{tx} meliputi jumlah dari *Loss transitions* yaitu *loss feeder*, *connector loss*, *branching loss*, dan *loss atmosfer*.

2.5.4 *Isotropic Received Level (IRL)*

Isotropic Received Level (IRL) merupakan nilai level daya isotropic yang diterima oleh stasiun penerima. Nilai IRL ini bukan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian decoding, akan tetapi nilai ini adalah nilai level daya terima antenna stasiun penerima. Untuk mendapatkan nilai daya terima maka nilai IRL harus didapatkan terlebih dahulu [10].

$$IRL = EIRP - FSL \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana,

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

2.5.5 *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 [11].

$$RSL = IRL + G_{Rx} - L_{Rx} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana,

RSL = *Received Signal Level* (dBm)

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

G_{Rx} = *Gain Antena* (dBi)

L_{Rx} = *Received Loss* (dB)

2.5.6 Fade Margin

Merupakan level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima tergantung kondisi lingkungannya. 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 *fade margin* dengan *Received Signal Level* [10].

$$FM = RSL - RxTh \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana,

- FM = *Fading Margin* (dB)
- RSL = *Receive Signal Level* (dBm)
- RxTh = *Rx Threshold Level* (dBm)

2.5.7 Availability

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* [10].

$$UnAvpath = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$Avpath = (1 - UnAvpath) \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana,

- UnAvpath = ketidakhandalan sistem
- Avpath = kehandalan 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)

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 [10].

2.5 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 [12].

2.6 Pathloss 5.0

Dalam melakukan perencanaan jaringan transmisi *microwave* membutuhkan *software* yang mendukung. *Software Pathloss 5.0* mempunyai fitur diantaranya membuat *link profile*, kalkulasi performa *link*, menganalisa *reflection* dan *multipath*. *Software* ini juga dapat menyimulasikan dari profil link yang telah dibuat agar dapat mengetahui performasinya [13].