

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian dari Subuh Pramono, yang berjudul” ANALISA PERANCANGAN *LINK BUDGET* UNTUK RADIO *MICROWAVE POINT TO POINT* FREKUENSI 7 GHz (STUDI KASUS SEMARANG)” penelitian ini lebih fokus pada perencanaan radio *microwave 7 GHz* untuk komunikasi *point to point*. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi tinggi, hal ini didasari pada *traffic rate* yang tinggi pada jaringan *backbonenya*. Frekuensi yang tinggi mampu menyediakan *bandwith* yang lebar pada *traffic rate* yang tinggi, sehingga dalam hal ini perlu adanya perencanaan radio *power link budget* yang optimal untuk menjaga *reability* dan tetap menjaga *line of sight (LOS)*[1].

Penelitian Faqih, yang berjudul” KOFIGURASI *SPACE DIVERSITY* PADA PERANCANGAN *LINK MICROWAVE* SIWA-SULAHO “penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil kinerja dalam sistem komunikasi *point to point microwave* dengan mempertimbangkan adanya *multipath fading* dengan konfigurasi *space diversity*[2].

Penelitian Faqih, yang berjudul” DESAIN KETINGGIAN ANTENA DAN *LINK BUDGET* SISTEM KOMUNIKASI *LOS* RADIO *MICROWAVE* DALAM KONFIGURASI *NO-DIVERSITY* “penelitian dilakukan untuk merencanakan sebuah *link backbone point to point* yang dapat menghubungkan antara Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara[3].

Penelitian Hendri Sulaiman, yang berjudul“ ANALISA PENGARUH INTERFERENSI TERHADAP *AVAILABILITY* PADA JARINGAN TRANSMISI *MICROWAVE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE PATHLOSS 5.0* STUDI KASUS PT. ALITA PRAYA MITRA“ penelitian dilakukan analisa pengaruh interferensi terhadap *availability* sebuah *hop link* jaringan *microwave* agar mengetahui seberapa besar pengaruh interferensi terhadap sistem transmisi dan mengetahui apakah

interferensi terhadap *availability* sebuah *hop link* jaringan *microwave* dapat dihilangkan untuk mengatasi gangguan terhadap sistem transmisi[4].

Penelitian Dekry Belly Liu, yang berjudul“ PENGARUH *SPACE DIVERSITY* TERHADAP PENINGKATAN *AVAILABILITY* PADA JARINGAN *MICROWAVE* LINTAS LAUT DAN LINTAS PEGUNUNGAN“ penelitian dilakukan dengan membuat perancangan jaringan *microwave*, dimana jaringannya berada dilokasi yang berbeda dan masing-masing terdiri dari dua *hop link*. Namun kedua jaringan mempunyai frekuensi dan perangkat yang sama[5].

Merujuk pada kedua jurnal diatas penulis berencana untuk melakukan perbandingan dengan adanya penambahan satu buah antenna konfigurasi. Sehingga disini penulis mebandingkan tiga buah antenna yaitu antenna konfigurasi *point to point*, *space diversity* dan *non-diversity*. Dalam simulasinya antenna diterapkan didaerah terpencil di Kepulauan Seribu.

## **2.2 DASAR TEORI**

Adapun teori-teori dasar yang berkaitan dengan permasalahan dan menjadi sebuah landasan dalam penelitian ini, yaitu:

### **2.2.1 Sistem Komunikasi Radio Gelombang Mikro (*Microwave*)**

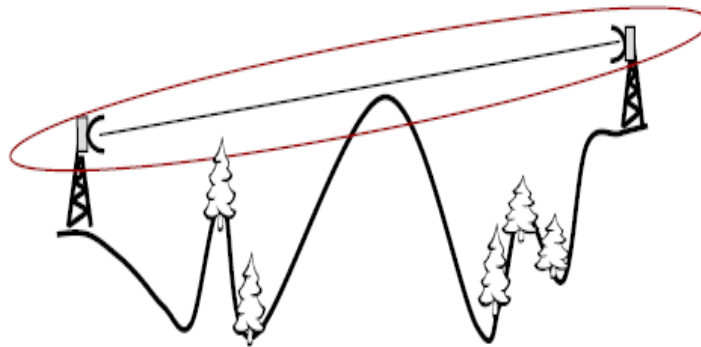
*Microwave* adalah sebuah media yang melalui saluran udara untuk mentransmisikan informasi dari satu tempat ke tempat lain tanpa adanya sebuah interupsi dan sampai ke penerima dengan jelas. Karakteristik yang terdapat dalam hubungan gelombang mikro maka antara antenna pemancar dan antenna penerima harus bebas pandang (*Line of Sight*) atau jarak dari dua buah antenna tidak boleh ada yang menghalangi (*obstacle*) lintasan perambatan sebuah gelombang mikro.

Sistem komunikasi gelombang-mikro (*microwave*) secara umum dapat dibedakan menjadi tiga:

1. Gelombang mikro teresterial
2. Gelombang mikro satelit
3. Gelombang mikro komunikasi bergerak

Sistem komunikasi *microwave* terdiri atas 2 bagian pokok, yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Dalam perjalanannya dari antenna pemancar

ke antena penerima, gelombang radio melalui berbagai lintasan dengan beberapa mekanisme perambatan dasar[6].



**Gambar 2.1 Propagasi *Line Of Sight (LOS)*[8]**

Mekanisme perambatan dasar tersebut adalah *Line of Sight (LOS)* merupakan lintasan gelombang radio yang mengikuti garis pandang yang berarti bahwa antara antena pemancar dan antena penerima tidak ada penghalang (*obstacle*), yang menghalangi lintasan perambatan gelombang mikro seperti pada Gambar 2.1 yang merupakan *propagasi LOS*.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari sistem transmisi gelombang mikro antara lain sebagai berikut[6].

### **2.2.2 Antena**

Antena merupakan suatu piranti transisi antara saluran transmisi dengan ruang hampa dan sebaliknya. Antena sendiri terbuat dari bahan logam yang berbentuk kawat dan berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Antena adalah salah satu perangkat yang mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara bebas atau sebaliknya menangkap sinyal gelombang elektromagnetik dari udara bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Berdasarkan definisi tersebut maka antena memiliki 3 fungsi pokok, yaitu:

- 1) Antena berfungsi sebagai *konverter*. Dikatakan sebagai *konverter* karena antena tersebut mengubah bentuk sinyal, yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya.

- 2) Antena berfungsi sebagai *radiator*. Dikatakan sebagai *radiator* karena antena tersebut meradiasikan (memancarkan) gelombang elektromagnetik ke udara bebas sekelilingnya. Jika sebaliknya (antena menerima atau menangkap energi radiasi gelombang elektromagnetik dari udara bebas), maka fungsinya dikatakan *re-radiator*.
- 3) Antena berfungsi sebagai *impedance matching* (penyesuai impedansi). Dikatakan sebagai *impedance matching* karena antena tersebut selalu menyesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran transmisi dan udara bebas. Pada saat antena tersebut bekerja atau beroperasi maka antena menyesuaikan impedansi karakteristik saluran dengan impedansi karakteristik udara.

a. *Gain*

Antena *Gain* digunakan untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang dari pengirim ke tujuan. Pada antena parabola, efisiensi tidak mencapai nilai 100% dikarenakan beberapa daya hilang oleh *spillover* pada tepi antena. Hal tersebut juga dapat disebabkan karena pabrikan dalam pembuatan antena kurang sempurna. Secara komersial, efisiensi antena parabola antara 50% hingga 70% [7].

*Gain* merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Besarnya nilai *Gain* dipengaruhi oleh frekuensi kerja, diameter antena dan efisiensi antena.

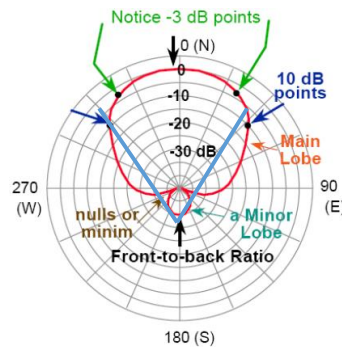
*Gain (directive Gain)* adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* antena juga dapat di definisikan sebagai ukuran keberarahan sebuah antena dimana *gain* antena sebagai keluaran daya, pada arah tertentu.

b. *Bandwidth* Antena

*Bandwidth* antena merupakan sudut pancaran antena dimana dayanya turun setengah ( $-3 \text{ dB}$ ) terhadap daya terima paling besar atau dapat diartikan besarnya sudut pada *lobe* utama (*main lobe*) diagram pancaran antena yang terbentuk antara dua titik  $3 \text{ dB}$  dibawah puncak *main lobe* tersebut, dimana satu titik terletak

disebelah kiri *boresight* dan satu titik terletak dikanan *boresight main lobe* tersebut [7].

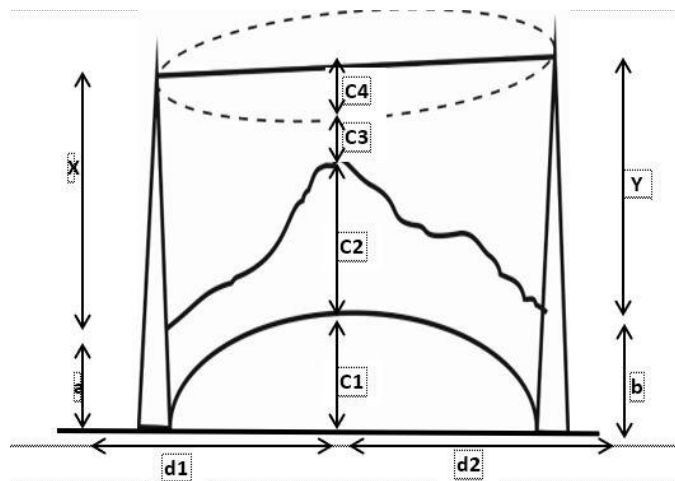
*Lobe* utama (*main lobe*) merupakan *lobe* yang memiliki arah dengan pola radiasi maksimum. Selain itu juga ada *lobe-lobe* yang lebih kecil dari *main lobe* atau yang sering disebut dengan *minor lobe*. *Lobe* sisi (*side lobe*) merupakan *lobe-lobe* lain selain yang disebutkan diatas. *Bandwidth* biasanya disebut juga “*half power bandwidth*” atau *3 dB bandwidth*, bisa dilihat pada gambar 2.2 [7].



**Gambar 2.2 Beamwidth Antena[7]**

c. Tinggi Tower Antena

Tinggi antena pemancar (*transmitter*) juga berpengaruh terhadap kinerja sistem komunikasi gelombang mikro. Adapun tinggi antena dapat dicari dengan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3[8].



**Gambar 2.3 Tinggi Tower Antena[7]**

Dari gambar 2.3 menunjukkan cara mencari tinggi dari sebuah antena, dan untuk komunikasi gelombang mikro di atas dapat dicari tinggi antena pemancar dengan cara[8]:

$$x = c - a + (c - b) (d1/d2) - y (d1/d2)$$

(2.1)

$$c = c1 + c2 + c3 + c4$$

(2.2)

$$c1 = 0.0785 \times (d1 \times d2)/k$$

(2.3)

dimana:

- x : tinggi antena pemancar/*transmitter* (m)
- y : tinggi antena penerima/*receiver* (m)
- a : tinggi lokasi antena pemancar di atas permukaan laut (m)
- b : tinggi lokasi antena penerima di atas permukaan laut (m)
- c1 : peninggian profil atau faktor koreksi (m)
- c2 : tinggi penghalang: gunung, bukit dan sebagainya (m)
- c3 : tinggi penghalang: pohon, gedung dan sebagainya (m)
- c4 : daerah *fresnel* pertama (m)
- d1 : jarak antara pemancar dengan penghalang (km)
- d2 : jarak antara penghalang dengan penerima (km)

d. Antena *Noise*

*Noise* adalah sinyal-sinyal yang tidak diinginkan dalam suatu sistem komunikasi atau informasi. Sinyal-sinyal *noise* dapat mengganggu kualitas penerimaan sinyal dan reproduksi sinyal yang akan dipancarkan. Penampilan (*performance*) dari suatu sistem komunikasi diukur berdasarkan dari kesamaan antara sinyal yang diterima dengan sinyal yang dikirimkan, serta ketidaktergantungan penerimaan dari faktor-faktor lain. Secara umum, kehadirannya dalam sistem komunikasi ada yang berasal dari dalam sistem, yang disebut *internal noise* dan yang berasal dari luar sistem, yang disebut *external noise* [7].

*External noise* ialah *noise* tidak disebabkan oleh komponen alat dalam sistem komunikasi tersebut. *External noise* muncul dikarenakan sumber-sumber lain yang terletak di luar rangkaian elektronik sistem pemancar dan penerima sinyal. Contoh dari *external noise* adalah suara suara motor, pengapian (busi) *automotif*, *relay contact* dan *light dimmer*. Cahaya juga merupakan sumber *external noise* yang utama serta gangguan *elektris* yang terjadi secara alami, disebabkan oleh hal – hal yang berkaitan dengan *atmosfer* bumi[7].

*Internal noise* yaitu seperti *noise* yang dibangkitkan dari dalam komponen-komponen yang terdapat dalam sistem telekomunikasi. Salah satu jenis dari *internal noise* adalah *thermal noise*, yang diakibatkan adalah panas konduktor karena adanya aliran arus listrik [7].

*Thermal noise* disebabkan oleh adanya aliran listrik, karena *elektron-elektron* menumbuk molekul-molekul dalam konduktor. Jika temperatur konduktor tersebut naik, *noise* juga akan naik karena molekul-molekul tersebut bergerak lebih cepat dan mengakibatkan tumbukan yang terjadi semakin banyak. Amplitudo pada *thermal noise* tidak terikat pada frekuensi tertentu sehingga *noise* ini dapat terjadi pada seluruh jangkauan frekuensi. Besar daya *noise* yang dibangkitkan sebanding dengan temperatur konduktor, yang dinyatakan dengan persamaan 2.4[7]:

$$P_n = kTB$$

(2.4)

$P_n$  = daya *termal noise* (W)

$k$  = konstanta *Boltzman* =  $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

$B$  = lebar bidang frekuensi /*bandwidth* (Hz)

$T$  = temperatur *absolut* (derajat *Kelvin* =  $^\circ\text{K}$ ), yaitu der *Cel* + 273 $^\circ$

### 2.2.3 Pengaruh Atmosfer

Gejala - gejala cuaca dan iklim seperti temperatur (suhu) udara, kelembapan udara dan angin merupakan pengaruh yang terjadi di atmosfer bumi. Butir-butir hujan menimbulkan adanya redaman terhadap gelombang elektromagnetik yang

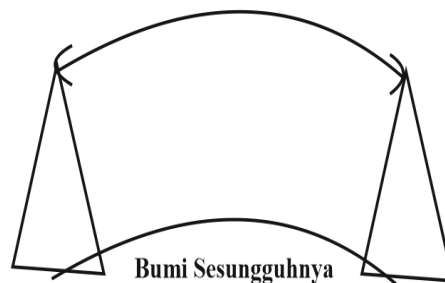
melintas. Semakin lebat hujan maka redaman tersebut semakin besar. Akibat dari perubahan pengaruh atmosfer antara lain sebagai berikut[9]:

1. *Absorption* (penyerapan)

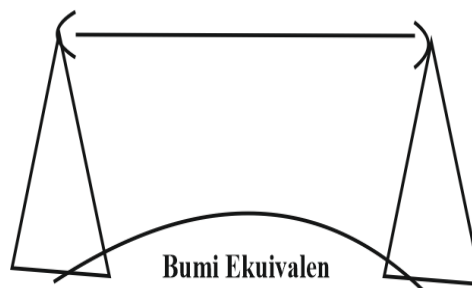
*Absorption* (penyerapan) disebabkan oleh oksigen dalam atmosfer, hujan dan kabut. Hal ini menyebabkan energi yang dipropagasikan mengalami redaman. Oksigen di atmosfer menyerap beberapa energi dari gelombang mikro tetapi pelemahan yang diberikan kecil pengaruhnya[10].

2. *Refraction* (Pembiasan)

*Refraction* adalah pembengkokan atau pembelokan gelombang radio karena perubahan karakteristik atmosfer (karena perubahan temperatur, kerapatan, kelembaban). Perubahan kerapatan atmosfer berpengaruh terhadap cepat rambat gelombang. Lintasan gelombang radio pada kenyataanya melengkung seperti pada Gambar 2.4 maka untuk memudahkan analisis, lintasan gelombang radio dimanipulasi jari-jari bumi seperti pada Gambar 2.5[10].



**Gambar 2.4 Microwave Path Real Earth[11]**



**Gambar 2.5 Microwave Path Equivalent Earth[11]**

Perubahan dari belokan bumi yang disebabkan oleh *refraction* dinyatakan dengan k-faktor, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara radius ekuivalen dari bumi dengan radius bumi yang sebenarnya, seperti pada persamaan 2.5[10]:



$$k = \frac{r}{r_0}$$

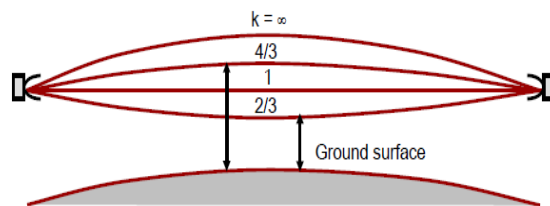
(2.5)

Keterangan:

K = k-faktor

r = radius bumi ekuivalen

r<sub>0</sub> = radius bumi sesungguhnya



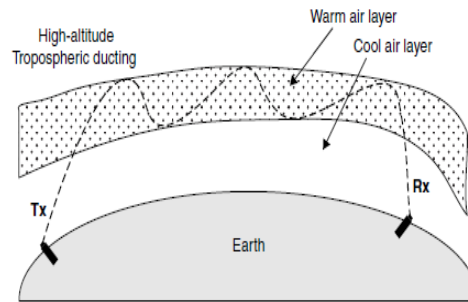
**Gambar 2.6 Perubahan Harga K-Faktor**

Saat kondisi atmosfer normal, dalam perhitungan radius bumi ekuivalen biasanya digunakan  $k = 4/3$ . Bila menggunakan  $k = 4/3$  dan dengan mengalikan radius bumi yang sesungguhnya dengan harga  $k$  tersebut, maka pada waktu memetakan lintasan propagasi gelombang, dapat memodifikasi kurvatur bumi sedemikian rupa, sehingga lintasan radio dapat digambarkan secara garis lurus. Hasil modifikasi kurvatur bumi untuk radius bumi ekuivalen untuk harga  $k = 4/3$ , yang disebut dengan profil lintasan atau *Path Profile*  $k = 4/3$ . Terdapat beberapa kondisi k-faktor lainnya, dengan nilai perubahan harga k-faktor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6[10].

Jika  $k < 4/3$  *Sub-refractive Atm.* Jalur dari gelombang radio terlalu dekat dengan permukaan bumi. Nilai  $k$  yang terlalu rendah berhubungan dengan tingginya probabilitas gelombang radio terhalangi oleh permukaan tanah.  $k > 4/3$  *Super-refractive Atm.* Jalur dari gelombang radio terlalu jauh dari permukaan bumi dan bisa memperluas interferensi yang tidak diinginkan[10].

3. *Ducting* (jebakan atmosfer)

*Ducting* adalah peristiwa di mana terperangkapnya gelombang mikro dalam sebuah atmosfer *wave guide* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Peristiwa *Ducting***[10]

Peristiwa *ducting* ini biasa terjadi pada ketinggian yang rendah dengan lapisan atmosfer yang sangat padat dan terjadi di dekat atau di atas permukaan air [6].

#### **2.2.4 *Terrain Effect***

*Terrain effect* adalah efek yang diakibatkan karena adanya penghalang atau *obstacle* yang menghalangi daerah *Line Of Sight* pada suatu komunikasi radio gelombang mikro. Adapun efek yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

1) *Reflection* (Pemantulan)

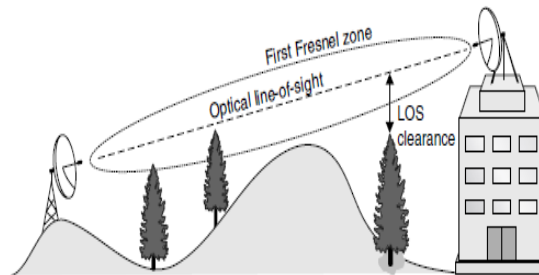
Berupa pemantulan bekas yang menyebabkan berkas dapat berubah sudut *fasenya*, berkas gelombang mikro yang berubah sudut *fase* dapat menimbulkan penguatan atau redaman bagi energi berkas. Salah satu contoh pemantulan misalnya pemantulan tanah atau *ground reflection*[11].

2) *Diffraction* (Difraksi)

Difraksi adalah karakteristik gelombang elektromagnetik yang terjadi ketika beam menyentuh sebuah penghalang. Difraksi terjadi jika gelombang radio membentur benda atau penghalang yang berupa ujung yang tajam, sudut-sudut atau suatu permukaan batas. Gelombang radio yang demikian akan terurai dan dapat menjangkau daerah berbayang-bayang (*shadowed region*). Gelombang yang berfrekuensi tinggi cenderung untuk mengikuti *LOS* dan tidak mengalami difraksi ke daerah dibelakang bayangan, sedangkan untuk frekuensi yang lebih rendah, difraksi lebih sering terjadi dan menghasilkan *loss* bayangan yang lebih banyak [11].

3) *Fresnel Zone*

*Fresnel zone* atau daerah *fresnel* merupakan daerah yang berbentuk *elipsoidal* yang terbentuk dari pola radiasi pancaran yang keluar dari antena. Gambar 2.8 menunjukkan dua berkas lintasan propagasi gelombang radio dari pemancar (*Tx*) ke penerima (*Rx*), yaitu berkas lintasan langsung (*direct ray*) dan berkas lintasan pantulan (*reflected ray*).



**Gambar 2.8 Daerah Fresnel Zone[8]**

Jika berkas lintasan pantulan mempunyai panjang setengah kali lebih panjang dari berkas lintasan langsung, dan bumi dianggap pemantul yang sempurna (koefisien pantul = -1, yang berarti gelombang datang dan gelombang pantul berbeda *fase* 180°), maka pada saat tiba di penerima mempunyai *fase* yang berbeda dengan gelombang langsung. Hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya intensitas kedua gelombang pada saat mencapai antena penerima akan saling melemahkan. Batas daerah *fresnel* dapat dicari dengan persamaan 2.6[7]:

$$F_n = 17,3 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{f D}}$$

(2.6)

Dimana :

$F_n$  : radius daerah *fresnel* ke  $n$  (km)

$d_1$  : jarak antara pemancar dengan penghalang (km)

$d_2$  : jarak antara penghalang dengan penerima (km)

$D$  :  $d_1 + d_2$

$F$  : frekuensi (GHz)

$n$  : daerah *fresnel* ke (1, 2, 3, dst)

4) Clearance

Lintasan sinyal yang ditransmisikan pada sistem *line of sight* harus mempunyai daerah bebas hambatan yang disebut *clearance*. Daerah *clearance* ditentukan untuk menghindari pengaruh dari jalur jamak terutama karena pantulan tanah. *Clearance* minimum adalah 0.6 dari daerah *fresnel* pertama (0.6 F1). Dalam analisa profil lintasan digunakan peta permukaan bumi datar maka diperlukan faktor koreksi terhadap ketinggian titik penghalang (*obstacle*) yang nilainya sama dengan kelengkungan bumi. Nilai faktor koreksi dapat dicari dengan persamaan 2.7 dan 2.8:

$$h_{koreksi} = \frac{0.0785 \times d_1 \times d_2}{k}$$

(2.7)

Sehingga nilai *clearance* dengan faktor koreksi adalah :

$$CL = 0.6 F_1 + h_{koreksi}$$

(2.8)

Dimana :

CL = daerah *clearance* (m)

$h_{koreksi}$  = faktor koreksi ketinggian titik penghalang (m)

$d_1$  = jarak antara pemancar dengan penghalang (m)

$d_2$  = jarak antara penerima dengan penghalang (m)

F1 = daerah *fresnel* pertama (m)

k = faktor kelengkungan bumi,

dimana:

k =  $6/5 - 4/3$  ; daerah dingin

k =  $4/3$  ; daerah sedang

$$k = 4/3 - 3/2 \quad ; \text{ daerah tropika}$$

### 5) *Free Space Loss (FSL)*

*Free space loss* atau redaman ruang bebas didefinisikan sebagai rugi-rugi propagasi di ruang bebas antara dua antena *isotropic* akibat energi yang tersebar. Harga *FSL* ini menyatakan besarnya energi yang dipancarkan sebagai gelombang elektromagnetik yang berjalan dari sumber transmisi. Besarnya tergantung pada frekuensi yang digunakan dan panjang lintasan [11].

### 2.2.5 *Availability*

Ukuran kehandalan sistem sering disebut sebagai *availability*. Secara ideal, semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Tetapi hal tersebut tidak mungkin dipenuhi, sehingga dalam sistem pasti terdapat ketidakhandalan sistem (*unavailability*). *Availability* sering disebut juga dengan *reliability* yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan. Kebalikan dari *availability* adalah *unavailability* atau *outage time* yang artinya kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan [12].

### 2.2.6 *Fading*

*Fading* adalah fenomena fluktuasi daya sinyal terima akibat adanya proses propagasi gelombang radio yang mengakibatkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi. Untuk mengatasi *fading*, maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan *level* sinyal terima di atas *level* batas ambang (*threshold*). Cadangan daya tersebut sering disebut dengan *fading margin*. Adapun macam – macam *fading* yang terdapat dalam komunikasi radio gelombang mikro ialah sebagai berikut [13]:

#### 1. *Fading Type k*

*Fading* ini disebabkan oleh refleksi karena perubahan faktor  $k$  [12].

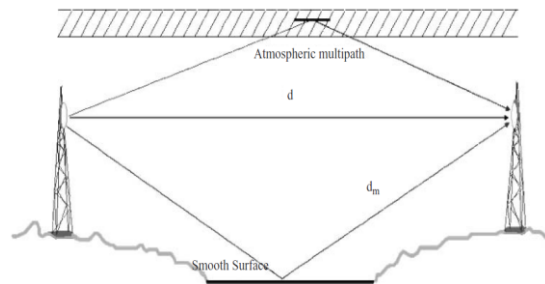
#### 2. *Fading* karena *Duct*

Disebabkan karena pembalokan gelombang ke atas atau ke bawah, mengakibatkan terjadinya daerah kantong di mana gelombang tidak dapat diterima.

#### 3. *Multipath Fading*

*Multipath Fading* merupakan diterimanya gelombang yang merambat melalui jalan yang berbeda, sehingga terjadi saling interferensi. Tergantung pada

frekuensi, jarak dan keadaan. Peristiwa terjadinya *Multipath Fading* ditunjukkan pada Gambar 2.9[12].



**Gambar 2.9 Multipath Fading[12]**

#### 4. Absorbtion Fading

Disebabkan oleh *absorpsi* atau *scattering* oleh hujan, salju dan kabut. Pada frekuensi lebih dari 10 *Ghz* dapat menyebabkan putus hubungan [12].

#### 2.2.7 Link Analysis

Suatu jalur (*link*) gelombang mikro dapat terbentang jarak beberapa kilometer hingga beberapa ribu kilometer. Tiap-tiap satu loncatan (*hop*), lintasan antar antena harus *line of sight* atau bebas pandang. Ukuran dari antena, daya keluaran pemancar (*transmitter*), daya penerimaan minimum dan panjang lintasan, semua hal tersebut saling berhubungan. Daya terima minimum adalah titik awal dalam perencanaan lintasan [13]. Besarnya daya minimum untuk masing-masing dapat dicari dengan persamaan 2.9.

$$P_{t \min} = L_{tr} + FM + C_{\min}$$

(2.9)

dimana:

$L_{tr}$  : redaman transmisi (*dB*)

$FM$  : *fading Margin* (*dB*)

$C_{\min}$  : *level* sinyal terima mimimum (*dB*)

Sedangkan *loss* transmisi atau rugi-rugi transmisi dapat dicari dengan persamaan 2.10[8]:

$$L_{tr} = L_{fs} + L_f + L_b + A_{eff} - G_{total}$$

(2.10)

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 ( $dB$ )

$G_{tot}$  : total *Gain* antara antara antenna pemancar dengan penerima ( $dB$ )

*Level* sinyal penerimaan minimum dapat dicari dengan persamaan 2.11 dan 2.12[12]:

$$C_{min} = N_{th} + C/No$$

(2.11)

Sedangkan  $N_{th}$  dapat dicari dengan rumus :

$$N_{th} = 10 \log k T B + N_f$$

(2.12)

Dimana :

$N_{th}$  : ambang daya *thermal noise* ( $dB$ )

$K$  : konstanta *Boltzman* ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/oK)

$T$  : temperatur absolut (oK)

$B$  : lebar bidang /*bandwidth* ( $Hz$ )

$N_f$  : *noise figure* ( $dB$ )

$C_{min}$  : *level* sinyal terima minimum ( $dB$ )

$C/No$  : *carier to noise ratio (dB)*, tergantung dari jenis modulasi yang digunakan dan  $BER$  yang diinginkan dengan melihat tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Bit Error Rate**

$BER$	Modulasi						
	$PSK$					$QAM$	
	2	4	8	16	32	16	32
10-3	7,3	10,3	15,4	20,9	26,8	17,0	19,8
10-4	8,8	11,8	16,9	22,6	28,5	18,5	21,4
10-5	9,9	12,9	18,1	23,8	29,7	19,7	22,6
10-6	10,8	13,8	19,0	24,7	30,9	20,6	23,5
10-7	11,5	14,5	19,8	25,5	31,4	21,4	24,5
10-8	12,2	15,2	20,4	26,2	32,1	22,0	25,0

### 2.2.8 Link Microwave

Pada komunikasi radio gelombang mikro, *link microwave* mempengaruhi kehandalan sistem transmisi. Adapun teori mengenai *link micowave* ialah sebagai berikut:

#### 1. Klasifikasi *Link Microwave*

Komunikasi *microwave* pada sistem *seluler* digunakan pada jalur transmisi antara satu *Mobile Switching Centre (MSC)* dengan *MSC* yang lain dalam jaringannya, antara *MSC* dengan *BSC*, antara *BSC* dengan beberapa *BTS* maupun antar *BTS*, walaupun sebagai alternatifnya adalah jalur transmisi serat optik ataupun saluran sewa berbentuk *wireline*. *Link microwave* pada umumnya beroperasi antara frekuensi  $2GHz-58GHz$ . Berdasarkan *range* frekuensinya, *link microwave* diklasifikasikan dalam tiga kategori yaitu:

##### a) *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*. Adapun frekuensi yang termasuk *long haul* ialah sebagai berikut[13]:

##### 1) Frekuensi band $2 GHz$

##### a) Daya jangkauan maksimal $80 km$



- b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 370 cm dengan gain antena 36 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
- 2) Frekuensi band 7 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal 50 km
  - b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 370 cm dengan gain antena 46,8 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
- 3) Frekuensi band 10 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal 45 km
  - b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 60 cm-120 cm untuk gain 34 dBi-40 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
- b) *Medium Haul*

Frekuensi operasi *link* ini biasanya antara 11 GHz-20 GHz. Dipengaruhi oleh kondisi iklim dan frekuensi operasi. Panjang lintasan bervariasi antara 20 km - 40 km. *Link* ini juga dipengaruhi oleh *multipath fading* dan *rain fading*. Adapun frekuensi yang termasuk medium haul ialah sebagai berikut[13]:

- 1) Frekuensi band 13 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal 40 km
  - b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 60 cm-120 cm untuk gain antena berkisar 36,4 dBi-42,4 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
- 2) Frekuensi band 15 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal 35 km
  - b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 60 cm-120 cm dengan gain antena berkisar 38 dBi-44 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
- 3) Frekuensi band 18 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal 20 km

- b) *Multipath fading*
  - c) Diameter antena 60 cm-180 cm dengan *gain* 39 dBi-49 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*.
  - e) *Atenuasi* atmosfer 0,1 dB/km
  - f) *Atenuasi* hujan sekitar 1 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
- c) *Short Haul*

*Link* ini beroperasi pada frekuensi tinggi (23 GHz-58 GHz) dan dengan demikian menjangkau jarak yang lebih pendek, pada *range* frekuensi yang lebih rendah di *band* ini, *link* ini dipengaruhi oleh *multipath* dan *rain fading*. Pada frekuensi yang lebih tinggi saat panjang lintasan hanya beberapa kilometer, fenomena *multipath* tidak mempunyai dampak yang signifikan tetapi walau bagaimanapun, dampak hujan berpengaruh besar pada *link* jenis ini. Adapun frekuensi yang termasuk *short haul* ialah sebagai berikut[13]:

- 1) Frekuensi band 23 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 18 km
  - b) *Multipath fading* dan *rain fading*
  - c) Diameter antena 30 cm-120 cm untuk *gain* berkisar 35 DBi -47,3 dBi
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horisontal*
  - e) *Atenuasi* atmosfer hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
- 2) Frekuensi band 26 GHz dan 27 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 15 km
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena 30 cm-60 cm
  - d) Digunakan 2 polarisasi, *vertikal* dan *horizontal*
  - e) *Atenuasi* atmosfer 0,1 dB/km
  - f) *Atenuasi* karena hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
- 3) Frekuensi band 38 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 10 km
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena 30 cm dengan *gain* 39,66 dBi
  - d) Hanya untuk polarisasi *vertikal*
  - e) *Atenuasi* atmosfer 0,12 dB/km

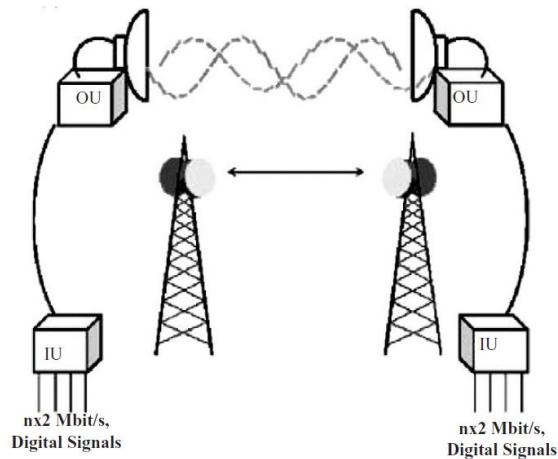
- f) Atenuasi akibat hujan sekitar  $5 \text{ dB/km}$  saat curah hujan  $20 \text{ mm/h}$
- 4) Frekuensi band  $55 \text{ GHz}$ 
  - a) Daya jangkauan maksimal hanya beberapa kilometer saja
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena  $30 \text{ cm}$  dengan *gain*  $39,66 \text{ dBi}$
  - d) Hanya untuk polarisasi *vertikal*
  - e) Atenuasi atmosfer  $0,12 \text{ dB/km}$
  - f) Atenuasi akibat hujan sekitar  $5 \text{ dB/km}$  saat curah hujan  $20 \text{ mm/h}$
- 5) Frekuensi band  $58 \text{ GHz}$ 
  - a) Daya jangkauan maksimal hanya  $1 \text{ km}-2 \text{ km}$
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena  $15 \text{ cm}$
  - d) Hanya untuk polarisasi *vertikal*
  - e) Atenuasi atmosfer  $12 \text{ dB/km}$
  - f) Atenuasi hujan sekitar  $7 \text{ dB/km}$  saat curah hujan  $20 \text{ mm/h}$

## 2. Komponen *link microwave*

Terdapat dua komponen utama dalam *link microwave* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10, yaitu *Indoor Unit (IU)* dan *Outdoor Unit (OU)* serta terdapat *multiplexer* dan *combiner* sebagai komponen pendukungnya [14] :

### a) *Indoor Unit (IU)*

*Indoor unit* sering disebut dengan *IDU*. *IDU* berisi modem radio yang berfungsi sebagai titik terminasi untuk sinyal digital dari perangkat *end user* dan kemudian merubahnya ke dalam sinyal yang berbasis sinyal radio untuk dikirimkan sepanjang media transmisi *microwave* dengan menggunakan skema modulasi dan juga memodulasikan *carrier* ke sinyal digital pada penerima. *IDU* biasanya ditempatkan di lokasi yang terproteksi [14].



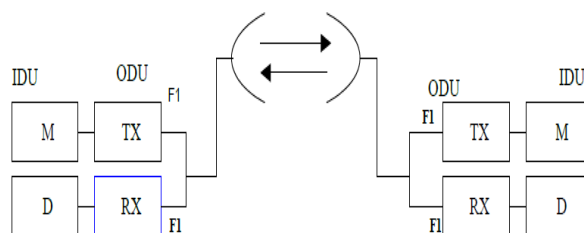
**Gambar 2.10 Link microwave [14]**

b) *Outdoor Unit (OU)*

*Outdoor Unit* sering disebut dengan *ODU*. *ODU* berfungsi untuk mengkonversi sinyal digital berfrekuensi rendah (*Intermediate Frequency*) menjadi sinyal radio berfrekuensi tinggi (*Radio Frequency*). *ODU* berisi perangkat *Radio Frequency* pengirim dan penerima. Dengan fitur ini, *ODU* juga disebut sebagai radio *transceiver*. Ketika sinyal diterima dari antenna, sinyal biasanya dilewatkan ke *Low Noise Amplifier (LNA)* untuk menguatkan sinyal yang diterima. Kemudian dilewatkan ke *Automatic Gain Control (AGC)* untuk memastikan besar sinyal saat memasuki radio penerima.

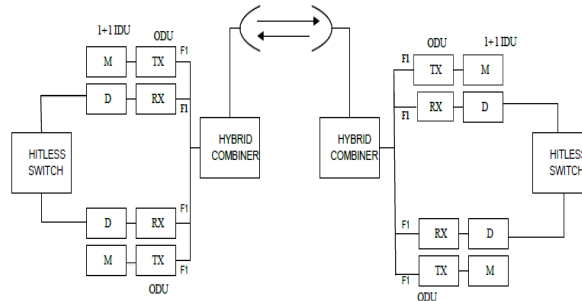
*ODU* mendapatkan catuan listrik dan sinyal termodulasi berfrekuensi rendah dari *IDU* melalui kabel koaksial. Terdapat tiga konfigurasi yang sering digunakan pada *ODU*, yaitu [14]:

- 1) Konfigurasi 1+0 yaitu, memiliki satu radio *ODU* dan satu antenna *microwave* di setiap *BTS*. Apabila *ODU* mengalami kerusakan maka secara otomatis *link* akan putus, ditunjukkan pada gambar 2.11[15].



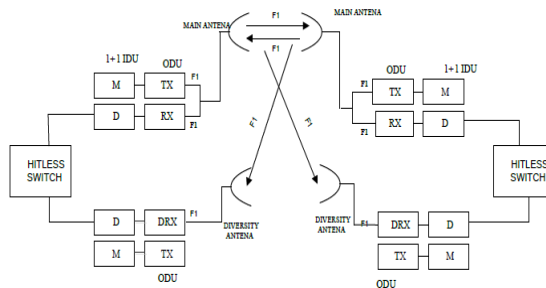
**Gambar 2.11 Konfigurasi 1+0[15]**

- 2) Konfigurasi 1+1 *Hot Standby* yaitu, memiliki satu antena *microwave* dan dua radio *ODU* pada setiap *BTS*. Radio *ODU* ini dua-duanya aktif, hanya saja *ODU* yang kedua bersifat *standby*. Hal ini dilakukan untuk menjaga apabila main radio *ODU* mengalami kerusakan maka secara otomatis akan di *backup* oleh *ODU* yang kedua, ditunjukkan pada gambar 2.12[15].



**Gambar 2.12 Konfigurasi 1+1 *Hot Standby***

- 3) Konfigurasi 1+1 *Space Diversity* yaitu, memiliki dua antena *microwave* dan dua radio *ODU*. Ditunjukkan pada gambar 2.13 dibawah ini:[15].



**Gambar 2.13 Konfigurasi 1+1 *Space Diversity*[15]**

#### 1. *Combiner*

*Combiner (hybrid)* berfungsi untuk menggabungkan kedua sinyal untuk meminimalkan *distorsi* atau pemecah frekuensi dengan cara menghubungkan dua radio [15].

#### 2. *Multiplexer*

*Multiplexer* merupakan perangkat pemilihan beberapa jalur data kedalam satu jalur data untuk dikirim ke titik lainnya dan mempunyai dua jalur atau lebih sinyal digital sebagai masukan dan kontrol untuk pemilih data (*selector*). Di mana *multiplexer* dalam pembangunan link transmisi radio digunakan untuk menghubungkan ke bagian *IDU* [15].

### 2.2.9 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* diperlukan untuk mengetahui kesesuaian antara perancangan dan teori, maka parameter dari perhitungan *link budget* ialah sebagai berikut:

#### 1. Jalur Transmisi *Microwave*

Jarak antar *BTS* dapat dihitung dengan cara menentukan posisi nominal dua titik pada garis bumi dan menghitung jaraknya. Letak nominal titik biasanya dinyatakan dalam garis lintang dan garis bujurnya. Setiap titik garis lintang dan garis bujur tersebut dinyatakan dalam derajat, menit dan detik. Tentunya nilai tersebut perlu dikonversi terlebih dahulu dalam satuan derajat saja dan dikonversi dalam *km*. Sehingga untuk merubah titik nominal dari jam menit- detik menjadi nilai jam saja adalah dengan menggunakan persamaan 2.13, 2.14, 2.15 dan 2.16[19]:

$$\text{Garis lintang dan bujur} = \text{derajat} + \frac{\text{menit}}{60} + \frac{\text{detik}}{3600} \quad (2.13)$$

$$\text{Jarak lintang} = |\text{Garis lintang BTS 1} - \text{Garis lintang BTS2}| \times 110,33$$

(2.14)

$$\text{Jarak bujur} = |\text{Garis bujur BTS 1} - \text{Garis bujur BTS2}| \times 111,32$$

(2.15)

Maka jarak antar *BTS* (*Path length*) adalah

$$Pathlength = \sqrt{(jarak\ lintang)^2 + (jarak\ bujur)^2} \quad (2.16)$$

## 2. Gain

Gain antenna mengukur kemampuan antenna untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Besarnya gain antenna dapat dicari dengan persamaan 2.17[8]:

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20.4$$

(2.17)

dimana:

G : Gain/penguatan antenna (dB)

$\eta$  : efisiensi antenna (%)

d : diameter antenna (m)

f : frekuensi kerja (GHz = Herzt yang sudah dikonversi ke 109)

Jika antenna mempunyai efisiensi yang lain maka gain bisa dicari dengan persamaan 2.18, 2.19, 2.20, 2.21 dan 2.22 :

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

(2.18)

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

(2.19)

$$A = e.A$$

(2.20)

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

(2.21)

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

(2.22)

Dimana:

$e$  = efisiensi

$A_e$  = luas *effective*

$A$  = luas fisik

### 3. *Free Space Loss (FSL)*

*FSL* adalah redaman yang ada sepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Pada ruang ini tidak diijinkan adanya penghalang, karena transmisinya sendiri berkarakter *LOS*. Besarnya *FSL* dapat dihitung dengan persamaan 2.23[8].

$$FSL = 92.45 + 20 \log D(km) + 20 \log f(GHz)$$

(2.23)

dimana:

$D$  = panjang lintasan (*km*)

$f$  = frekuensi kerja yang digunakan (*GHz*)

Apabila frekuensi yang digunakan dalam satuan *Mhz*, maka persamaan yang digunakan untuk mencari *FSL* adalah persamaan 2.24[8] :



$$FSL = 32.45 + 20 \log D(km) + 20 \log f(MHz) \quad (2.24)$$

dimana:

D = panjang lintasan (*km*)

f = frekuensi kerja yang digunakan (*GHz*)

#### 4. *Effective Isotropic Power (EIRP)*

*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 2.25[10].

$$EIRP = P_{TX} + G_{antena} - L_{TX} \quad (2.25)$$

#### 5. *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 pada antenna penerima maka nilai *IRL* harus didapatkan terlebih dahulu. Besar nilai *IRL* didapatkan dari persamaan 2.26[10].

$$IRL = EIRP - LFS$$

(2.26)

dengan,

*IRL* = *Isotropic Received Level (dBm)*

*EIRP* = *Effective Isotropic Radiated Power (dBm)*

*FSL* = *Free Space Loss (dB)*

6. *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. Dengan ini nilai *RSL* dapat dihitung dengan persamaan 2.27[10].

$$RSL = IRL + G_{RX} - L_{RX}$$

(2.27)

dengan,

*RSL* = *Received Signal Level (dBm)*

*IRL* = *Isotropic Received Level (dBm)*

*GRX* = *Gain antenna (dBi)*

*LRX* = *Receiver Loss (dB)*

7. *Hoploss*

*Hoploss* adalah perbedaan atau selisih antara *gain* dan *loss* pada *link microwave*. *Gain* merupakan penguatan pada sisi lain, sedangkan *loss* merupakan jumlah dari redaman ruang bebas dan redaman seperti atenuasi ekstra dan atmosfer (uap air dan oksigen). Dengan mempertimbangkan *link microwave* maka besarnya Hoploss dinyatakan dengan persamaan 2.28:

$$L_h = FSL + L_{Tx} + L_{Rx} + L_{Atm} - (G_{Tx} + G_{Rx})$$

(2.28)

dengan,

*L<sub>h</sub>* = *Hoploss (dB)*

*FSL* = *Free Space Loss (dB)*

*L<sub>Tx</sub>* = *Transmitt loss (dB)*

*L<sub>Rx</sub>* = *Receive loss (dB)*

*L<sub>Atm</sub>* = *Atmosphere loss (dB)*

$$G_{Tx} = \text{Gain receive antenna (dBi)}$$

$$G_{Rx} = \text{Gain transmit antenna (dBi)}$$

### 8. Fading Margin

Persamaan perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai *fading margin* dengan memasukkan *received signal level* dan nilai *threshold* pada sisi penerima. Pada sistem tanpa *diversity*, *fading margin* dapat dihitung dengan persamaan 2.29[8]:

$$FM = RSL - RxThreshold \tag{2.29}$$

Dimana :

$FM$  : *fading margin (dB)*

Untuk meningkatkan *time availability*, *link margin* harus ditingkatkan yang disebut sebagai *fading margin*. Seberapa besar nilai *dB* yang diperlukan, ada beberapa pendekatan. Pendekatan paling langsung adalah asumsi bahwa *fading* mengikuti distribusi *Rayleigh*, sehingga *fading margin* yang dapat digunakan seperti pada Tabel 2.2:

**Tabel 2.2 Required Fading Margin [11,12]**

<i>Single Hop Propagation Reliability (%)</i>	<i>Required Fading Margin (dB)</i>
90	8
99	18
99,9	28
99,99	38
99,999	48

### 9. Availability

*Availability* path atau lintasan dinyatakan dengan persamaan 2.30 dan 2.31[15]:

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

(2.30)

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-\frac{FM}{10}}$$

(2.31)

Dimana :

$UnAv_{path}$  : peluang terjadinya path *unavailability* karena *fading* yang masih diperbolehkan

$Av_{path}$  : kehandalan sistem

$FM$  : *fading margin* (dB)

$D$  : panjang lintasan (km)

$UnAv_{path}$  : peluang terjadinya *path unavailability* karena *fading* yang masih diperbolehkan

$f$  : frekuensi

kerja (GHz)

$a$  : faktor kekasaran bumi

$a$  : 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)

**Tabel 2.3 Hubungan antara Availability dan Outage Time [8]**

<i>Availability or reliability(%)</i>	<i>Outage time(%)</i>	<i>Outage timer per</i>		
		<i>Year</i>	<i>Month(avg.)</i>	<i>Day(avg.)</i>
0	100	8.760 h	720 h	24 h
50	50	4.380 h	360 h	12 h
80	20	1.752 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 kehandalan sistem sering disebut sebagai *availability*. Secara *ideal*, semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Tetapi hal tersebut tidak mungkin dipenuhi, sehingga dalam sistem pasti terdapat ketidakhandalan sistem (*unavailability*). Ketidakhandalan sistem terjadi karena dua faktor, yaitu [8]:

a. Kesalahan karena manusia (*human error*)

Hal ini disebabkan karena pemeliharaan atau kegagalan terjadi karena perangkat tidak sebanding dengan perencanaan dan dapat juga karena pabrikan perangkat sistem tersebut. Kegagalan yang disebabkan usia juga termasuk dalam kategori ini, karena perangkat harus diservis ulang sebelum masa waktu perangkat habis.

b. 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 dengan *reliability* yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan sesuai standar *link* yang diinginkan. [8]

### 2.2.10 Pathloss 5.0

Untuk mempermudah perhitungan jalur komunikasi radio dapat digunakan beberapa perangkat lunak yang sudah biasa digunakan. Salah satu perangkat lunak yang sering digunakan adalah *pathloss 5*. Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak yang diakui secara internasional untuk menghitung *link budget* jalur komunikasi radio maupun *UHF*. Perangkat lunak ini diterbitkan oleh *contract telecommunication engineering* dari British Collumbia, Canada yang telah diakui oleh *ITU* sebagai *software* untuk menghitung *link budget*. Untuk dapat menghitung *link budget* tersebut dengan menggunakan *pathloss 5.0* ada beberapa *file* penunjang yang harus digunakan.

Beberapa *file* penunjang tersebut adalah *base* data hujan, informasi perangkat antena, radio, *feeder* dan pengkanalan frekuensi. Hal yang tak kalah pentingnya adalah peta digital seperti *SRTM*, *DEM*, *geotiff* dan lain-lain. Akan tetapi untuk peta digital ini dapat digantikan dengan memberikan informasi *topografi* daerah secara manual. Tutorial atau cara penggunaan sebuah perangkat lunak sangat diperlukan untuk mempermudah para pengguna dalam menggunakan perangkat lunak tersebut. Sehingga tercapai efisiensi waktu yang digunakan oleh para pengguna. Parameter yang terdapat pada *Pathloss 5.0* adalah sebagai berikut[12]:

1. *Site Name*

*Site Name* merupakan menu untuk menampilkan nama *BTS* pemancar dan penerima.

2. *Elevation*

*Elevasi* berfungsi menunjukkan ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut.

3. *Latitude*

*Latitude* merupakan garis melintang di antara kutub utara dan kutub selatan yang menghubungkan antara sisi timur dan barat bagian bumi.

4. *Longitude*

*Longitude* adalah garis membujur yang menghubungkan antara sisi utara dan sisi selatan bumi. Garis bujur ini digunakan untuk mengukur sisi barat dan timur koordinat suatu titik di belahan bumi. *Longitude* juga dibedakan menjadi dua wilayah, yaitu bujur timur dan bujur barat.

5. *Transmission Analysis*

Menu pada *Pathloss* 5.0 untuk mengatur parameter antena, radio *microwave*, *tx line*, *antena coupling*, *tx channel*, *rain*.

6. *Terrain Data*

Menu pada *pathloss* 5.0 untuk mengatur *obstacle* pada jaringan transmisi *microwave*.

7. *Multipath*

Menu pada *pathloss* 5.0 untuk melihat pancaran sinyal dari antena pengirim ke antena penerima.

8. *Antena model*

*Antena model* menjelaskan tipe dari parameter antena yang akan digunakan.

9. *Antena height*

*Antena height* merupakan ketinggian antena pada sisi pemancar dan penerima terhadap permukaan tanah pada masing-masing *BTS*.

10. *Antena gain*

*Antena gain* merupakan penguatan dari antena dan berfungsi untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. *Gain* antena direferensikan terhadap antena *isotropic (dBi)*.

11. *Circulator Branching loss*

Redaman yang diperkirakan dari *filter RF* di sisi pemancar dan penerima, *circulator* atau perangkat ekstra lainnya.

12. *Frequency*

Pemilihan frekuensi kerja ditentukan berdasarkan jarak jalur transmisi *microwave*.

13. *Polarization*

Polarisasi antena didefinisikan sebagai arah *vektor* medan listrik yang diradiasikan oleh antena pada arah propagasi atau merupakan suatu bentuk polarisasi gelombang yang dipakai untuk propagasi.

14. *Path length*

Jarak antara *BTS* pemancar dan *BTS* penerima.

15. *Free space loss*

Redaman ruang bebas merupakan redaman yang umum dialami setiap gelombang yang merambat yang berpropagasi di ruang bebas.

16. *Atmospheric absorption loss*

*Atmospheric absorption loss* merupakan redaman yang disebabkan oleh keadaan atmosfer di lingkungan sekitar lintasan transmisi gelombang mikro antara kedua *BTS* tersebut.

17. *Net path loss*

*Net path loss* atau *hoploss* merupakan selisih antara *gain* dan *loss* yang terjadi pada lintasan transmisi gelombang mikro.

18. Radio model

Menjelaskan tipe radio *equipment* yang akan digunakan.

19. *TX power*

*Transmitter power* merupakan daya yang keluar dari pemancar sebelum masuk ke saluran pencatu. Pada nilai daya ini terdapat dua satuan yang digunakan yaitu daya dalam *watts* dan daya dalam *dBm* (*decibel mili watts*).

20. *EIRP*

*Effective Isotropic Radiated Power* merupakan daya maksimum gelombang mikro yang keluar dari antena pemancar.

21. *Emission designator*

Model radio *equipment* yang terdapat pada perangkat radio tersebut.

22. *RX threshold criteria*

*Receiver threshold criteria* dari perangkat *microwave* merupakan nilai suatu *bit error rate* (*BER*) yang dikehendaki. *BER*  $10^{-6}$  artinya hanya ada satu bit data yang diperbolehkan salah dalam satu juta data yang kita kirim.

23. *RX threshold level*

*Receiver threshold level* merupakan batasan sinyal minimum yang merupakan harga praktis dari *level* ambang (*threshold level*) yang ada hubungannya dengan *BER*. Harga ini harus diperhitungkan dalam perencanaan untuk menentukan kinerja *link* radio digital.

24. *RX signal*

*Receiver signal* merupakan level daya yang diterima di penerima.

25. *Thermal fade margin*



*Thermal fade margin* atau yang biasa disebut dengan *fading margin* merupakan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan *level* daya terima di atas *level* batas ambang (*threshold*).

26. *Geoclimatic factor*

Memberikan informasi mengenai ketinggian topografi bumi yang berada di dataran rendah atau dataran tinggi, serta memberikan informasi mengenai kelembapan daerah. Berdasarkan peta *topography probability*  $dN/dh < -100$  *Nunits/Km* (%), Indonesia berada pada nilai kelembapan 30%.

27. *C Factor*

*C factor* merupakan kondisi propagasi dataran yang ada di jaringan transmisi *microwave* antara *BTS* 1 dengan *BTS* 2.

28. *Climatic factor*

*Climatic factor* menunjukkan kondisi iklim dari suatu jaringan transmisi *microwave*.

29. *Path Inclination*

*Path Inclination* merupakan kemiringan dari jalur *site*, *path inclination* didapat dari *elevasi site*, tinggi antena, dan jarak antara kedua *site*.

30. *Terrain roughness*

*Terrain roughness* merupakan kekasaran dataran bumi antara puncak dengan lembahnya pada jaringan transmisi *microwave*.

31. *Rain region*

Berdasarkan pembagian daerah hujan menurut *ITU-R P.837-5*, Indonesia termasuk golongan daerah hujan *P* di mana intensitas hujan termasuk besar. Pembagian curah hujan daerah menurut *ITU-R P.837-5*, *Percentage of Time* (%) 0,01 pada golongan *P*.

32. *Worst month multipath unavailability*

Kegagalan sistem yang disebabkan karena faktor *multipath* dalam satu bulan. *Worst month multipath unavailability* pada *Pathloss* 5.0 terhitung dalam detik.

33. *Worst month multipath availability*

*Worst month multipath availability* merupakan kehandalan pada suatu sistem dengan faktor *multipath* dalam satu bulan. *Worst month multipath availability* pada *Pathloss 5.0* dihitung dalam *persentase*.

34. *Annual multipath availability*

*Annual multipath availability* merupakan kehandalan pada suatu sistem dengan faktor *multipath* dalam satu tahun. *Annual multipath availability* pada *Pathloss 5.0* dihitung dalam *persentase*.

35. *Annual multipath unavailability*

*Annual multipath unavailability* kegagalan sistem yang disebabkan karena faktor *multipath* dalam satu tahun. *Annual multipath unavailability* pada *Pathloss 5.0* dihitung dalam detik.