

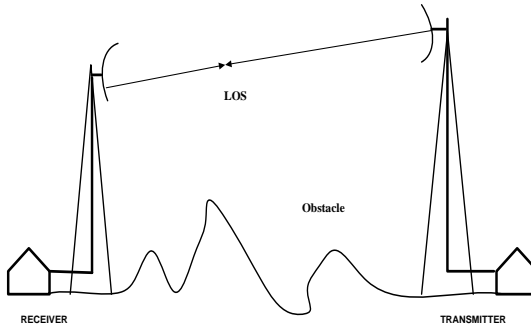
## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Komunikasi Gelombang Microwave

Komunikasi gelombang *microwave* memiliki tujuan adalah untuk mentransmisikan informasi dari suatu tempat ke tempat lain tanpa adanya interupsi sampai ke penerima dengan jelas.<sup>[1]</sup> Frekuensi yang digunakan dalam transmisi gelombang mikro adalah antara 2GHz sampai 24 GHz, sesuai dengan yang telah direkomendasikan oleh CCIR (*Committe Consultative International on Radio*).<sup>[10]</sup> Secara umum dalam pengiriman sistem transmisi dari satu tempat ke tempat lain dapat dilakukan melalui beberapa media, baik media fisik secara visual atau materi terlihat yang berupa kabel tembaga maupun optik dan media non fisik yang tanpa menggunakan kabel/kawat yang lebih dikenal dengan wireless, seperti halnya udara bebas seperti gelombang mikro. Sistem komunikasi gelombang mikro relatif lebih murah jika dibandingkan dengan sistem kabel, karena di dalam sistem gelombang mikro hanya diperlukan perangkat yang diletakkan di pemancar dan penerima saja, tidak diperlukan di sepanjang saluran. Selain itu sistem komunikasi gelombang mikro juga dapat dibangun dalam waktu yang relatif lebih cepat dan mudah, bahkan di daerah yang sulit sekalipun.

Sistem komunikasi *microwave* terdiri dari dua bagian yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Dalam sistem transmisi dari antenna pemancar ke antenna penerima, gelombang radio melalui berbagai lintasan dengan beberapa mekanisme perambatan dasar. Mekanisme perambatan tersebut adalah *Line of sight* (LOS). *Line of sight* (LOS) merupakan lintasan gelombang radio yang mengikuti garis pandang yang berarti bahwa antara antena pemancar (*transmitter*) dan antena penerima (*receiver*) tidak ada penghalang (*Obstacle*) di sepanjang lintasan perambatan gelombang mikro seperti pada Gambar 2.1 yang merupakan propagasi *Line of sight* (LOS).<sup>[2]</sup> Stasiun yang digunakan, baik stasiun pemancar maupun penerima ditempatkan pada lokasi yang tinggi dan pada menara antenna yang tinggi pula agar transmisi dapat mencakup daerah LOS yang maksimum sehingga dapat diperoleh suatu lintasan gelombang yang bersifat langsung (*direct signal path*).

[2]



Gambar 2. 1 Propagasi LOS <sup>[1]</sup>

Komunikasi gelombang mikro mendefinisikan sistem LOS *microwave* dengan kriteria-kriteria yaitu Sinyal mengikuti garis pandang atau LOS, Propagasi sinyal dipengaruhi oleh redaman ruang bebas, curah hujan, dan penyerapan gas dan Menggunakan modulasi analog (FM atau PM) dan modulasi digital. <sup>[1]</sup>

Pada pembangunan sistem transmisi gelombang mikro digital memerlukan suatu perencanaan sistem yang meliputi: <sup>[1]</sup>

1. Pemilihan spesifikasi dan kapasitas sistem
2. Pemilihan *route* transmisi
3. Perencanaan setia *hop* radio
4. Prediksi unjuk kerja sistem, dan
5. Perencanaan gedung dan prasarana lain

## 2.2 Sistem Transmisi Gelombang Mikro

Sistem transmisi gelombang mikro terdiri atas dua macam yaitu sistem analog dan sistem digital. <sup>[5]</sup>

### 1. Sistem Analog

Sistem gelombang mikro analog menggunakan gelombang radio dengan modulasi frekuensi (FM) maupun modulasi amplitudo (AM), baik dengan sistem penjamakan (*multiplexing*) frekuensi atau *Frequency Division Multiplexing* (FDM) maupun penjamakan waktu atau *Time Division Multiplexing* (TDM).<sup>[5]</sup>

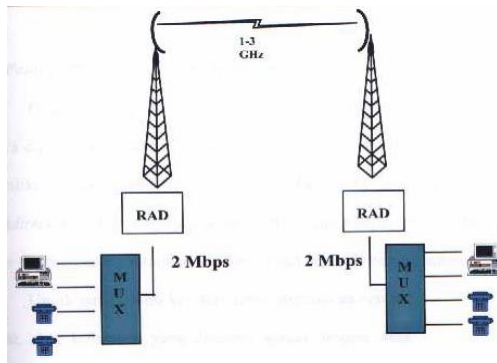
### 2. Sistem Digital

Sistem gelombang mikro digital menggunakan gelombang radio yang termulasi digital *Phase Shift Keying* (PSK), atau modulasi *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM). <sup>[5]</sup>

Sedangkan jika dilihat dari bentuk konfigurasinya, sistem gelombang mikro dibedakan menjadi dua: [5]

### 1. *Point to point digital*

Merupakan transmisi gelombang mikro digital yang terjadi antara satu titik dengan titik lain. Sistem ini menggunakan antena parabola, sedemikian rupa sehingga gelombang yang dikirim memiliki perarahan (*directivity*) yang tinggi dengan daerah berkas (*beam area*) yang sempit, yang dikenal dengan antena *directional*. Konfigurasi *point to point* digital *microwave* ditunjukkan pada gambar 2.2: [5]

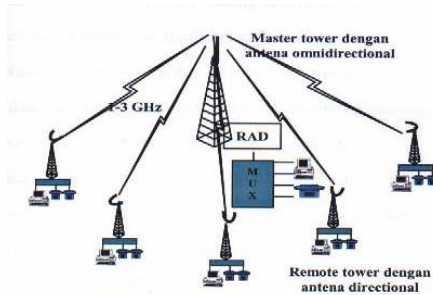


Gambar 2. 2 Konfigurasi *Point to Point Digital* [5]

### 2. *Point to multipoint digital*

Merupakan transmisi gelombang mikro digital yang terjadi antara satu titik (*master*) ke banyak titik (*remote*, atau sebaliknya). Menara yang berfungsi sebagai *master* dilengkapi dengan antena yang bersifat segala arah (*omnidirectional*) agar dapat menerima dan mengirimkan informasi dari dan ke banyak arah, sehingga dapat menjangkau ke daerah-daerah lokasi *remote* yang luas. Sedangkan dari sisi menara *remote* menggunakan antena terarah (*directional*), yang pada umumnya digunakan adalah berbentuk parabola. [5]

Transmisi dengan jarak 30 km-60 km atau lebih digunakan *repeater* sebagai *regenerator* sinyal, agar informasi yang diterima sesuai dengan data yang ditransmisikan. Transmisi pada area yang relatif sempit tidak membutuhkan *repeater* karena jarak antara antara pengirim dan penerima tidak terlalu jauh, pada keadaan ini variabel jarak tidak banyak berpengaruh pada transmisi sinyal. Konfigurasi *point to multipoint digital microwave* ditunjukkan pada Gambar 2.3. [5]



Gambar 2. 3 Konfigurasi *Point to Multipoint Digital* <sup>[5]</sup>

Faktor-faktor yang mempengaruhi transmisi *microwave point to point* antara lain: <sup>[1]</sup>

### 1. Antena

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Antena memegang peranan yang penting dalam komunikasi *microwave*. Sistem telekomunikasi hampir selalu menggunakan yang bertipe parabola dan kadang-kadang bertipe horn (terompet). Karena antena yang demikian mempunyai sifat pengarahan yang baik untuk memancarkan gelombang elektromagnetik. <sup>[1]</sup>

### 2. *Atmosphere Effects*

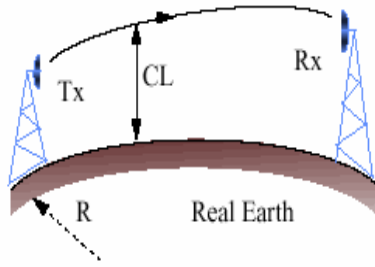
Pada komunikasi *microwave* teresterial banyak faktor-faktor yang sangat mempengaruhi performance system yang berkaitan dengan Efek dari atmosphere antara lain: <sup>[5]</sup>

#### a. *Absorption*

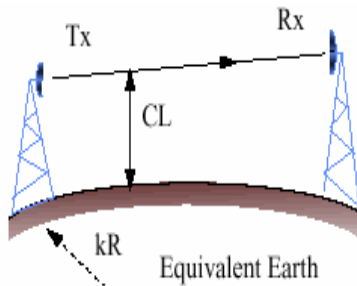
Absorpsi dapat disebabkan oksigen dalam atmosfer, hujan dan kabut. Hal ini menyebabkan energi yang dipropagasikan mengalami redaman (atenuasi meningkat 0). Hujan yang lebat menyebabkan atenuasi dapat meningkat 1 dB/km pada gelombang yang berfrekuensi 6-10 GHz, dan untuk gelombang dengan frekuensi lebih dari 10 GHz dapat meningkat sampai 10 dB/km. <sup>[5]</sup>

#### b. *Reflection* (Pembiasan)

Reflection adalah pembengkokan gelombang radio karena perubahan karakteristik atmosfer (karena perubahan temperatur, kerapatan, kelembaban). Perubahan kerapatan atmosfer berpengaruh terhadap cepat rambat gelombang. Karena lintasan gelombang radio pada kenyataannya melengkung seperti gambar 2.4, maka untuk memudahkan analisis lintasan gelombang radio dimanipulasi jari-jari bumi menjadi seperti pada gambar 2.5. <sup>[5]</sup>



Gambar 2. 4 Microwave Path: Real Earth<sup>[1]</sup>



Gambar 2. 5 Microwave Path: Equivalent Earth<sup>[1]</sup>

Rata-rata kondisi atmosphere menyebabkan jalur propagasi mempunyai radius ke lengkungan sebesar kurang lebih 1.33 kali radius bumi yang sebenarnya. Secara praktisnya menyebabkan panjang dari jalur propagasi bertambah rata-rata 15% lebih panjang dibanding jalur LOS-nya.<sup>[1]</sup>

Perubahan dari belokan bumi yang disebabkan oleh *reflection* dinyatakan dengan *k-factor*, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara radius effective dari bumi dengan radius bumi yang sebenarnya.<sup>[1]</sup>

$$k = \frac{\text{equivalent earth radius}}{\text{true earth radius}} = \frac{r}{r_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan,

$k$  = *k-factor*

$r$  = radius bumi ekuivalen

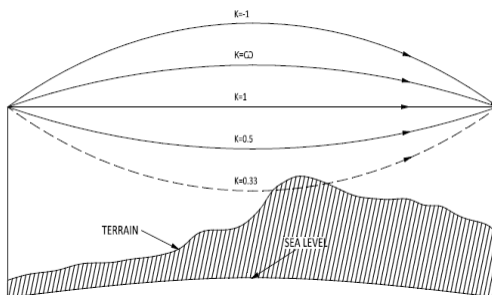
$r_0$  = radius bumi sesungguhnya

Pada kondisi atmosfer normal, dalam perhitungan radius bumi ekuivalen biasanya digunakan  $k = \frac{4}{3}$ . Bila menggunakan  $k = \frac{4}{3}$  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  $k = \frac{4}{3}$ , yang disebut dengan profil lintasan atau *Path Profile*  $k = \frac{4}{3}$ .<sup>[1]</sup>

Terdapat beberapa kondisi *k-factor* lainnya, dengan nilai perubahan harga *k-factor* pada Gambar 2.6 dan tabel 2.1.<sup>[1]</sup>

1.  $k < \frac{4}{3}$  *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.
2.  $k > \frac{4}{3}$  *Super-refractive Atm.* Jalur dari gelombang radio terlalu jauh dari permukaan bumi dan bisa memperluas interferensi yang tidak diinginkan.



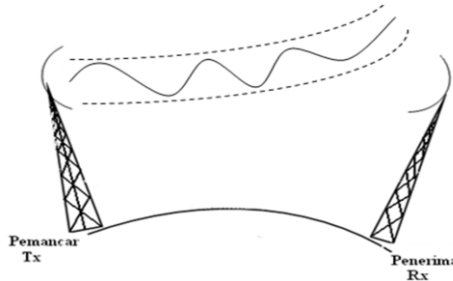
Gambar 2. 6 Perubahan Harga *k-factor* <sup>[6]</sup>

Tabel 2. 1 Perubahan Harga K-Factor<sup>[9]</sup>

| Cuaca          |                         | Ciri-cirinya   | k          |
|----------------|-------------------------|--|------------|
| <i>Perfect</i> | <i>Standart Atm</i>     | Panas, tidak berkabut, lais udara malam dan siang tidak jauh berbeda | 1,33       |
| <i>Ideal</i>   | Tidak ada lapisan udara | Kering gunung tanpa kabut  | 1 – 1,33   |
| Rata-rata      | Kabut                   | Rata, panas, dan kabut tipis   | 0,66 - 1   |
| Sulit          | Kabut dan lapisan udara | Pantai, berair, dan lembab   | 0,66 – 0,5 |
| Buruk          | Lembab dan atas air     | Pantai   | 0,5 – 0,4  |

c. *Ducting* (jebakan atmosfer)

*Ducting* adalah peristiwa di mana terperangkapnya gelombang mikro dalam sebuah atmosfer *waveguide* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Ini biasa terjadi pada ketinggian yang rendah dengan lapisan atmosfer yang sangat padat dan terjadi di dekat atau di atas permukaan air. [1]



Gambar 2. 7 Peristiwa *Ducting*[5]

3. Efek Permukaan Bumi

Selain atmosfer, kondisi daerah yang dilintasi gelombang radio juga bisa menyebabkan gelombang tersebut mengalami multipath/lintasan jamak. Efek ini biasanya yang diakibatkan dari penghalang seperti pohon, gedung, bukit, pegunungan, bahkan dapat juga disebabkan oleh bentuk kurva bumi itu sendiri. Dalam propagasi gelombang mikro sangat diharapkan terjadinya suatu propagasi garis pandang yang *Line Of Sight* (LOS) tanpa adanya penghalang. [1]

Pada *Terrain Effects* yang ditimbulkan antara lain:

a. *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*. [5]

b. *Fresnel Zone* (Daerah *Fresnel*)

Untuk menghindari pengaruh *multipath* pada pantulan tanah, maka ditetapkan daerah *clearance* (bebas dari penghalang/obstacle) yang salah satu komponennya adalah *Fresnel Zone*. Daerah *Fresnel Zone* merupakan hal yang patut diperhatikan dalam perencanaan lintasan gelombang radio *line of sight*. Daerah ini sebisa mungkin harus bebas dari halangan pandangan karena bila tidak akan menambah redaman lintasan. Gambar 2.8 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  $F_1$  dari garis lintasan langsung.

Persamaan untuk mencari batas daerah *Fresnel* adalah dengan menggunakan persamaan 2.2. [1]

$$F_n = 17,3 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{f d}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan,

$F_n$  = radius daerah *Fresnel* ke- $n$  (m)

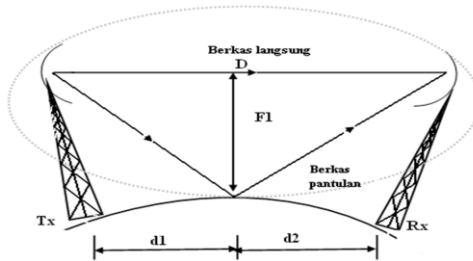
$d_1$  = jarak antara pemancar dengan penghalang (km)

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

$D = d_1 + d_2$

$f$  = frekuensi (GHz)

$n$  = daerah *Fresnel* ke (1, 2, 3, 4, dan seterusnya)



Gambar 2. 8 Fresnel Zone [3]

Pada Analisis jari-jari *Fresnel* dapat dihitung pada kondisi permukaan bumi datar, karena itu untuk analisis pada permukaan bumi bulat (kondisi *real*) perlu ditambahkan perhitungan faktor koreksi pada kelengkungan bumi pada titik *obstacle*/halangan. Faktor koreksi terhadap kelengkungan bumi menggunakan persamaan 2.3. [1]

$$h_{koreksi} = \frac{0.0785 \times d_1 \times d_2}{k} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan,

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

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

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

$k$  = faktor kelengkungan bumi, dengan:

$k = \frac{6}{5} - \frac{4}{3}$ ; daerah dingin

$k = \frac{4}{3}$ ; daerah sedang

$k = \frac{4}{3} - \frac{3}{2}$ ; daerah tropika



c. *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. [5]

Sehingga nilai *clearance* ditunjukkan pada persamaan 2.4. [1]

$$CL = 0.6 F_1 + h_{koreksi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan,

$CL$  = daerah *clearance* (m)

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

$F_1$  = daerah *Fresnel* pertama (m)

d. *Diffraction* (Difraksi)

*Diffraction* atau 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. [1]

4. *Fading*

*Fading* adalah fenomena fluktuasi daya sinyal terima akibat adanya proses propagasi gelombang radio yang mengakibatkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi. [1] Berdasarkan penyebabnya *fading* dapat dibedakan menjadi:

a. *Scintillation Fading*

Fluktuasi yang berulang dengan waktu yang pendek dan besarnya tidak lebih dari 1 dB, sehingga rata-ratanya tidak berubah.

b. *Fading* Type k

Fading ini disebabkan oleh refleksi karena perubahan faktor k.

c. *Fading* karena *Duct*

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

d. *Multipath Fading*

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

e. *Absorption Fading*

Disebabkan karena absorpsi atau *scattering* oleh hujan, salju dan kabut. Pada frekuensi lebih dari 10 GHz dapat menyebabkan putus hubungan.

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*).<sup>[1]</sup>

6. *Diversity*

*Diversity* adalah suatu teknologi yang diterapkan pada penerimaan sistem komunikasi yang pada dasarnya untuk mengatasi pengaruh *fading* yang terjadi pada lintasan jalur komunikasi *microwave* dan operasi sistem ini dilakukan oleh 2 atau lebih pada sistem secara bersamaan untuk meningkatkan kualitas sinyal yang diterima.<sup>[1]</sup>

7. *Link Analysis*

Analisis *link budget calculation* dilakukan agar perencanaan jaringan transmisi *microwave* antara BTS *NearEnd* dan BTS *FarEnd* dapat memenuhi kondisi sistem komunikasi yang bekerja secara optimal dalam melakukan performansi komunikasi radio *microwave*.<sup>[1]</sup>

## 2.3 LinkMicrowave

### 2.3.1 Klasifikasi LinkMicrowave

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 *Base Station Controller (BSC)* dengan beberapa *Base Transceiver Station (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:<sup>[1]</sup>  
[7]

a. *Short Haul*

*Link* ini beroperasi pada *range* frekuensi tinggi (23GHz - 58 GHz) dengan demikian menjangkau jarak yang lebih pendek, pada *range* ini frekuensi yang lebih rendah di *band*, *link* dipengaruhi oleh *multipath* dan *rain fading*. Pada frekuensi yang lebih tinggi saat panjang lintasan hanya beberapa kilometer, fenomena *multipath* tidak mempunyai dampak signifikan, tetapi bagaimanapun, dampak hujan berpengaruh besar pada *link* jenis ini. [7]

1. Frekuensi *band* 23 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 18 km
  - b) Diameter antena 30cm - 120cm untuk *gain* berkisar 35,5dB - 47,3dB
  - c) *Rain fading* dan *multipath fading*
  - d) Atenuasi atmosfer hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
  - e) Menggunakan 2 polarisasi, Horizontal dan vertikal
2. Frekuensi *band* 26 GHz dan 27 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 15 km
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena 30cm - 60cm
  - d) Menggunakan 2 polarisasi, Horizontal dan vertical.
  - e) Atenuasi karena hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h.
  - f) Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km.
3. Frekuensi *band* 38 GHz
  - a) Daya jangkauan maksimal 10 km
  - 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
4. Frekuensi *band* 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 20mm/h
  - f) Atenuasi atmosfer 0,12 db/km
5. Frekuensi *band* 58 GHz
- a) Daya jangkauan maksimal hanya 1km-2km
  - b) *Rain fading*
  - c) Diameter antena 15 cm
  - d) Hanya untuk polarisasi vertikal
  - e) Atenuasi akibat hujan sekitar 7 dB/km saat curah hujan 20 mm/h.
  - f) Atenuasi atmosfer 12 dB/km
- b. *Medium Haul*.

Frekuensi operasi *link* ini biasanya antara 11 GHz - 20 GHz. Dipengaruhi oleh kondisi iklim dan frekuensi operasi. Panjang lintasan antara 20km - 40km. *Link* ini juga dipengaruhi oleh *rain fading* dan *multipath fading*.<sup>[7]</sup>

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

c. *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*.<sup>[7]</sup>

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

### 2.3.2 Komponen Link Microwave

Terdapat 3 komponen utama dalam membentuk *link microwave*, yaitu *Indoor Unit* (IU), *Outdoor unit* (OU), antena, serta terdapat *multiplexer* dan *combiner* sebagai komponen pendukungnya:<sup>[7]</sup>

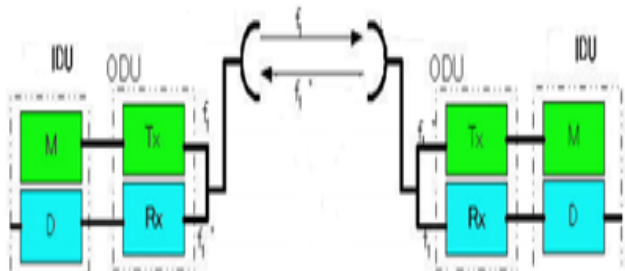
#### 1. *Indoor Unit* (IU).

*Indoor unit* sering disebut juga dengan IDU. IDU berisi modem radio berfungsi sebagai titik terminasi untuk sinyal digital dari perangkat *end user* dan kemudian merubahnya ke dalam sinyal berbasis sinyal radio untuk dikirimkan sepanjang media transmisi *microwave* dengan menggunakan skema modulasi dan juga memodulasikan *carrier* ke sinyal digital pada penerima. Terlepas dari modulasi dan demodulasi sinyal, IDU juga berfungsi sebagai *Forward Error Control* (FEC), pemultipleks-an data user, control unit dan berperan sebagai kanal komunikasi antara NMS dan ODU. IDU biasanya ditempatkan dilokasi terproteksi.<sup>[1][7]</sup>

## 2. Outdoor Unit (OU)

*Outdoor Unit* sering disebut juga dengan ODU. ODU berfungsi menkonversikan sinyal digital berfrekuensi rendah (*Intermediate Frequency*) menjadi sinyal radio berfrekuensi tinggi (*Radio Frequency*). Ketika sinyal diterima oleh antena, sinyal biasanya dilewatkan ke *Low Noise Amplifier* (LNA) untuk menguatkan sinyal yang diterima. Kemudian dilewatkan ke *Automatic Gain Control* (AGC). ODU berisi perangkat *Radio Frequency* pengirim dan penerima. Dengan fitur ini, ODU juga disebut sebagai radio *transceiver*. ODU berisi perangkat *Radio Frequency* pengirim dan penerima untuk memastikan besar sinyal saat memasuki radio penerima. ODU mendapatkan catuan listrik dan sinyal termulasi berfrekuensi rendah (IF) dari IDU melalui kabel koaksial. Terdapat tiga konfigurasi yang sering digunakan pada ODU, yaitu: <sup>[1] [7]</sup>

- a) Konfigurasi 1+0 yaitu memiliki satu radio ODU dan satu antena *microwave* disetiap BTS. Apabila ODU Mengalami Kerusakan maka secara otomatis *link* akan terputus. Seperti pada Gambar 2.9 adalah konfigurasi 1+0. <sup>[9]</sup>



Gambar 2. 9 Konfigurasi 1+0 <sup>[9]</sup>

Dengan,

Tx = Transceiver/Pengirim

Rx = Receiver/Penerima

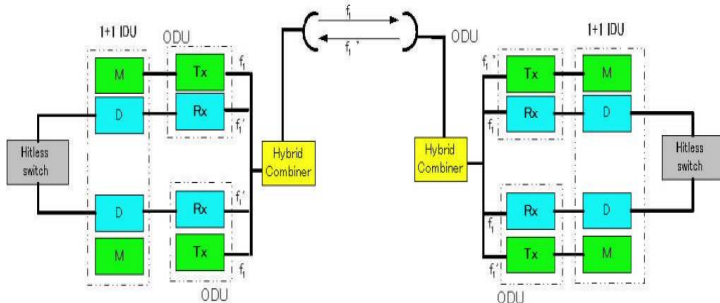
M = Modulator

Modulator berfungsi sebagai pemodifikasi sinyal pembawa (carrier) dari oscillator sesuai sistem modulasi yang digunakan, untuk rangkaian modulator tergantung jenis modulasi yang digunakan.

D = Demodulator

Demodulator berfungsi sebagai alat untuk mendapatkan informasi yang terkandung dalam sinyal carrier termulasi atau untuk rangkaian modulator tergantung pada jenis modulasi yang digunakan.

- b) 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. Seperti pada Gambar 2.10 adalah konfigurasi 1+1 *Hot Standby*.<sup>[9]</sup>

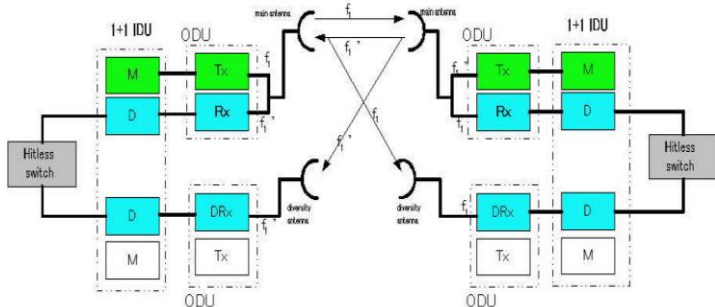


Gambar 2. 10 Konfigurasi 1+1 *Hot Standby* <sup>[9]</sup>

Dengan,

Hibrid Combiner Dilakukan karena sistem membutuhkan tingkat kehandalan yang bagus dan space tower tidak mencukupi untuk dilakukan mounting langsung pada antenna.

- c) Konfigurasi 1+1 *Space Diversity* yaitu, memiliki dua antena *microwave* dan dua radio ODU. Seperti pada Gambar 2.11 adalah konfigurasi 1+1 *Space Diversity*.<sup>[9]</sup>



Gambar 2. 11 Konfigurasi 1+1 *Space Diversity* <sup>[9]</sup>

Main antenna : Antena utama yang dipakai dalam konfigurasi 1+1 *Space Diversity* dalam *microwave*

Diversity Antenna: Antena pendukung yang aktif yang berfungsi untuk mendapatkan hasil yang optimal dan untuk mengatasi fading

### 3. Antena

Antena adalah unit link *microwave* yang berinteraksi dengan ruang bebas; maka antena menjadi komponen penting bagi para perencanaan link *microwave*. Antena didefinisikan sebagai struktur yang transfer energi elektromagnetik dari ruang bebas ke dalam jalur transmisi dan sebaliknya. Banyak jenis antena seperti parabola, datar atau planar, lensa, Yagi, array, dll. <sup>[3]</sup>

### 4. Combiner

*Combiner* berfungsi untuk menggabungkan kedua sinyal untuk meminimalkan distorsi atau pemecah frekuensi dengan cara menghubungkan dua radio. <sup>[9]</sup>

### 5. Multiplexer

*Multiplexer* merupakan perangkat pemilihan beberapa jalur data ke dalam satu jalur data untuk di kirim ke titik lainnya dan mempunyai dua jalur atau lebih sinyal digital sebagai masukan dan control untuk pemilih data (*selector*). Dimana *multiplexer* dalam pembangunan *link* transmisi radio digunakan untuk menghubungkan ke bagian IDU. <sup>[9]</sup>

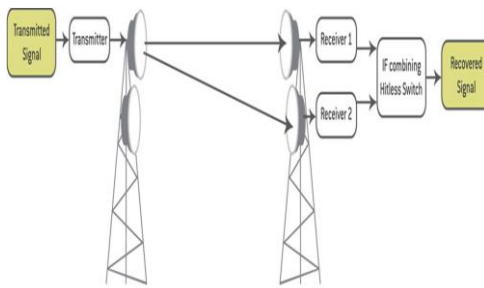
## 2.4 Penanggulangan Fading

Pada system transmisi gelombang *microwave* pasti terdapat banyak pengaruh redaman dan *fading*, oleh karena itu perlu diberikan suatu solusi untuk mengatasinya yaitu dengan *diversity*. *Diversity* adalah suatu teknologi yang diterapkan pada penerimaan sistem komunikasi yang pada dasarnya untuk mengatasi pengaruh *fading* yang terjadi pada lintasan jalur komunikasi *microwave* dan operasi sistem ini dilakukan oleh dua atau lebih pada sistem secara bersamaan untuk meningkatkan kualitas sinyal yang diterima. Jenis teknik *diversity* yaitu *space diversity* dan *frequency diversity*. Teknik ini bisa dijelaskan sebagai peralatan yang bersifat *redundancy*, yaitu jalur jaringan alternatif atau cadangan yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan jaringan sehingga jika dalam suatu jaringan terdapat *link* yang terputus maka jalur tersebut masih bisa terhubung tanpa mempengaruhi konektivitas perangkat pada jalur tersebut. <sup>[4]</sup>



1. *Space Diversity*

Penerima dari radio gelombang mikro menerima sinyal dari dua atau lebih antenna yang terpisah secara vertikal atau menggunakan beberapa *receiver* yang umumnya dua sistem dengan antenanya yang diletakkan terpisah secara vertikal dalam jarak beberapa panjang gelombang ( $\lambda$ ) satu sama lain. Oleh karena dimensinya adalah jarak, maka dikatakan sebagai jenis teknik *space diversity* atau peragaman ruang. Setelah sinyal diterima oleh masing-masing antenna kemudian secara simultan akan dihubungkan ke *diversity combiner* untuk menggabungkan sinyal yang diterima oleh antenna penerima. Konfigurasi *space diversity* ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Sistem *Space Diversity* [5]

Untuk mendapatkan operasi yang optimal maka jarak antara kedua antenna yang terpisah harus diatur sedemikian rupa. Berikut persamaan 2.5 untuk mencari jarak antara dua antenna. [3]

$$s = \frac{3 \times \lambda \times R}{D} \dots\dots\dots(2.5)$$

$s$  = jarak antara kedua antenna (m)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$R$  = jari-jari bumi (6370 km)

$D$  = panjang lintasan (km)

Sedangkan untuk mencari nilai panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah dengan persamaan 2.6:

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(2.6)$$

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$c$  = kecepatan rambat cahaya ( $3 \times 10^8$  ms<sup>-1</sup>)

$f$  = frekuensi antenna (GHz)

Kenyataannya adalah untuk menerima sebuah sinyal informasi digunakan 2 atau lebih sistem antenna, yang dipasang secara vertikal atau horizontal di mana antenna utama dan antenna *diversity* berjarak antara  $100\lambda - 200\lambda$ .<sup>[13]</sup>

Sistem transmisi menggunakan teknik *space diversity* untuk mengatasi *fading* akan diperoleh faktor perbaikan dengan persamaan 2.7 sebagai berikut:  
[13]

$$Isd = 20 \log s + 10 \log f - 10 \log D + FM - v - 29,1\dots\dots(2.7)$$

Dengan,

$Isd$  = Faktor perbaikan (dB)

$S$  = Jarak antar antenna (m)

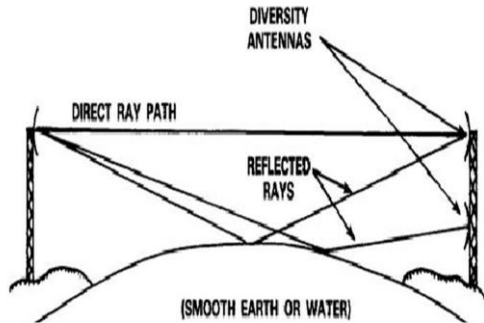
$V$  = Beda *gain* antenna (dB)

$D$  = Panjang lintasan (km)

$f$  = Frekuensi (GHz)

$FM$  = *Fading Margin* (dB)

Latar belakang dari teknik *space diversity* yaitu sinyal RF yang dipancarkan, mungkin dipantulkan oleh *obstacle* atau kondisi dari lapisan atmosfer bumi dalam radio *hop*. Hal ini dapat berarti bahwa sebagian sinyal mencapai antenna penerima secara langsung, dan sebagian yang lain secara tidak langsung, yaitu melalui sebuah pantulan dalam *hop* radio. Jika fase dari kedua sinyal sesampainya di penerima berlawanan disebabkan oleh beda panjang lintasan (*multipath propagation*) maka hal ini akan menyebabkan terjadinya *fading*. Peristiwa ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13. Terdapat dua pilihan dalam pemrosesan sinyal yaitu, secara teknik ada yang menggunakan *switch* dan *combiner*, tujuan dari menggunakan *switch* adalah untuk mendapatkan sinyal yang paling baik dayanya. Sedangkan tujuan dari penggunaan *combiner* adalah menggabungkan kedua sinyal untuk meminimalkan distorsi.



Gambar 2. 13 Teknik *Space Diversity* <sup>[5]</sup>

Selain penanggulangan fading menggunakan solusi *diversity*, ada juga untuk mengatasi fading yaitu menggunakan *repeater*. *Repeater* digunakan ketika sebuah menara tidak dapat memberikan jangkauan pada sebuah penghalang, sebagai contoh jika dua site dipisahkan oleh sebuah bukit atau bangunan yang sangat tinggi. Pancaran *Microwave* mungkin harus diarahkan pada satu atau lebih titik pancaran yang mendekati sekitar bukit atau bangunan. Fungsi sebuah *repeater* sendiri selain untuk memperkuat sinyal, juga berfungsi mengendalikan sebuah sinyal dari penghalang di sekitarnya (misalnya, bangunan atau bukit). Syarat utama adalah harus jelas garis pandang antara *repeater* dengan kedua sisi link *microwave*. <sup>[13]</sup>

## 2.5 Repeater

Dalam kasus pengiriman sinyal pada *microwave* pasti terdapat sebuah penghalang atau *obstacle* (tidak terdapat garis pandang atau LOS) antara dua titik yaitu *transmitter* dan *receiver*. Untuk mencapai yang diinginkan sistem antena pada kedua ujung dapat ditingkatkan tinggi antena tetapi akan memakan biaya. Jaringan transmisi *microwave* yang pendek juga akan membutuhkan *repeater* yang harus digunakan jika jaringan transmisi *microwave* tersebut terhalang oleh *obstacle*. Untuk cara lain mengatasi penghalang adalah maka diperlukannya sebuah *Repeater*. <sup>[8]</sup> *Repeater* digunakan ketika sebuah menara tidak dapat memberikan jangkauan pada sebuah penghalang, sebagai contoh jika dua site dipisahkan oleh sebuah bukit atau bangunan yang sangat tinggi. Pancaran *Microwave* mungkin harus diarahkan pada satu atau lebih titik pancaran yang mendekati sekitar bukit atau bangunan. <sup>[3]</sup> *Repeater* mempunyai dua jenis yaitu aktif *repeater* dan *passive repeater*.

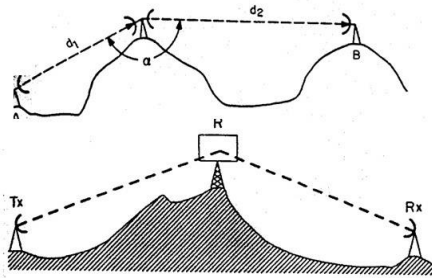
### A. Active Repeater

Pada aktif *repeater* memiliki penguat yang mampu memulihkan kualitas sinyal sebelum dikirimkan kembali. Terdapat dua jenis aktif repeater, yaitu RF Repeater dan Regeneratif Repeater. Pada RF Repeater merupakan jenis relay station yang aktif, merupakan jenis sistem radio repeater bi-directional (dua-arah) dan tanpa pergeseran frekuensi. RF Repeater menguatkan sinyal terhadap frekuensi radio. Sedangkan regenerative repeater merupakan repeater yang berfrekuensi tinggi dan berkinerja tinggi. Relay jenis regenerative, sering digunakan untuk memperpanjang jarak transmisi atau membelokkan sistem komunikasi microwave untuk menghindari penghalang sehingga menjaga kualitas sinyal tetap baik. <sup>[6]</sup>

### B. Passive Repeater

*Passive Repeater* digunakan untuk mengulang sinyal radio dengan mengubah arah pancaran radio tanpa aplikasi peralatan elektronik. Terdapat 2 tipe utama dari *passive repeater*, yaitu *passive* atau *plane reflector* dan *back to back antenna passive*. *Plane reflector* merefleksikan sinyal *microwave* dalam cara yang sama seperti sebuah cermin yaitu memantulkan cahaya. Sedangkan *Back-to-back antenna* bekerja seperti sebuah stasiun *repeater* biasa, tanpa transposisi frekuensi radio atau amplifikasi dari sinyal. *Passive Repeater* memiliki keunggulan dibanding site aktif, Tidak ada daya yang dibutuhkan, Tidak ada akses jalan reguler yang diperlukan, Tidak ada peralatan yang diperlukan, dan *Passive repeater* ramah lingkungan. <sup>[12]</sup>

Ketika sebuah *hop microwave* terdapat di tempat yang memiliki *obstacle* yang tidak dapat dihindari, *passive repeater* dapat mengatasi masalah tersebut. *Passive repeater* sering digunakan ketika *obstacle* yang tidak dapat dihindari seperti puncak gunung harus diatasi dan tidak dapat di akses dengan aktif repeater. <sup>[9]</sup> Ada dua solusi dari *passive repeater*. Pertama, dua antena parabola ditempatkan secara back to back dengan panjang gelombang. Setiap antena sejajar dengan hop bersangkutan di tujuan antena. Tipe kedua dikenal sebagai "billboard" *passive repeater* ini seperti papan reklame dengan jenis jenis logam reflektor, yang mengalihkan sinar *microwave* dengan sudut. Jika diperoleh sudut kurang dari  $130^\circ$ , hanya satu *reflektor* diperlukan. Tetapi jika dua jalur hampir mendekati (yaitu, kurang dari  $50^\circ$  antara dua jalur). <sup>[9]</sup>



Gambar 2. 14 *Passive Repeater* <sup>[91]</sup>

Gambar 2.14 menunjukkan dua jenis aplikasi *passive repeater*. Tipe pertama adalah di mana dua *antenna* ditempatkan *back to back* dihubungkan oleh kabel *feeder* pendek, ini disebut *back to back passives antenna*. Tipe kedua (gambar bawah) adalah *plane reflector* jenis pasif di mana *billboard* datar *reflector* jenis logam digunakan untuk mengarahkan sinyal, ini sering disebut *reflector pasif* atau *plane reflector*. Untuk penggunaan *back to back antenna* sangat praktis ketika sudut refleksi besar. *Gain* dari sebuah repeater dengan *back to back antenna* diberikan dengan persamaan 2.8

$$G_R = G_{A1} - A_C + G_{A2} [dB] \dots\dots\dots(2.8)$$

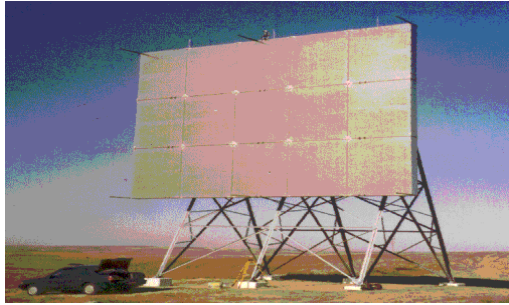
Dengan,

$G_{A1}$  = *gain* dari salah satu dari dua antena pada *repeater* dalam dB

$G_{A2}$  = adalah *gain* dari antena lain di *repeater* dalam dB

$A_C$  = adalah *coupling loss (waveguide)* antara antena dalam dB

Pada *plane reflector* berfungsi mencerminkan sinyal microwave dengan cara seperti cermin yaitu memantulkan cahaya. *Plane reflector* tunggal (*single billboard*) terdiri dari permukaan reflektif datar yang mengubah arah pancaran untuk menghindari rintangan. Kinerja *plane reflector* ini diberikan oleh permukaan *reflektor* (tinggi dan lebar) dan diantara sudut dan sinar tercermin. Meskipun secara historis digunakan untuk band frekuensi rendah 2-11 GHz, saat ini beberapa produsen benar-benar menghasilkan performa tinggi repeater pasif untuk frekuensi di atas 11 GHz.



Gambar 2. 15 Reflector<sup>[9]</sup>

Pada gambar 2.15 ditunjukkan sebuah *passive repeater reflector* adalah permukaan datar yang digunakan untuk mengarahkan sinyal *microwave* lebih atau sekitar *obstacle* tanpa penambahan kekuatan eksternal (atau *noise*) ke dalam sistem. Sebuah permukaan datar adalah perangkat yang paling efisien yang dapat digunakan untuk menangkap dan memancarkan gelombang mikro tanpa daya tambahan ke dalam sistem.<sup>[9]</sup>

## 2.6 Perhitungan Link Budget Microwave

Berikut parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan *link budget microwave* adalah sebagai berikut:<sup>[11]</sup>

### 1. Gain Antena

Antena adalah 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. Sistem pengarahan antena pada gelombang mikro harus bebas hambatan, karena jika sinyal informasi yang dikirimkan terhalang maka sinyal tersebut tidak akan mencapai tujuan.

*Gain* antena mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Pada antena parabola, efisiensi tidak mencapai 100% karena beberapa daya hilang. Secara komersial, efisiensi antena parabola antara 50% hingga 70%. Besarnya nilai gain dapat dicari menggunakan persamaan 2.9.<sup>[2]</sup>

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan,

$G$  = Gain atau penguatan antena (dBi)

- d = Diameter antena (m)
- f = frekuensi antena (GHz)
- $\eta$  = Efisiensi antena (GHz)

2. FSL (*Free Space Loss*)

Pada frekuensi di atas 10 GHz, pathloss dapat dianggap sebagai *Free Space Loss*, *Free Space Loss* merupakan fungsi jarak dan frekuensi. *Free Space Loss* merupakan redaman yang ada sepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Pada ruang ini tidak di bolehkan adanya penghalang, karena transmisinya sendiri berkarakter LOS. Besarnya FSL dapat dihitung dengan persamaan 2.10. [2]

$$FSL = 92,45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(d_{km}) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan,

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

f = frekuensi (Ghz)

d = jarak antara antena pemancar dan penerima (km)

Apabila frekuensi yang digunakan dalam satuan MHz, maka persamaan yang digunakan untuk mencari FSL adalah persamaan 2.10 dan pada Gambar 2.16 adalah hubungan antara *Free Space loss* (FSL), Frekuensi dan jarak. [5]

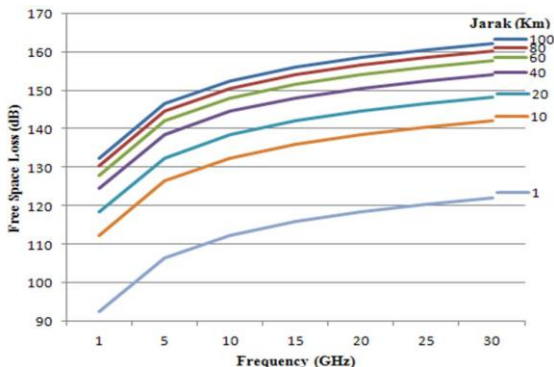
$$FSL = 32.45 + 20 \log(f_{MHZ}) + 20 \log(d_{km}) \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan,

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

f = frekuensi (Mhz)

D = jarak antara antena pemancar dan penerima (km)



Gambar 2. 16 Grafik Hubungan Antara FSL, Frekuensi Dan Jarak [1]

3. 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 antena pemancar, dalam arti lain daya tersebut sudah mengalami penguatan. EIRP diperoleh dengan menjumlahkan daya output dari antena pemancar dengan gain antena lalu dikurangkan oleh loss atau dapat dituliskan seperti persamaan 2.12. [2]

$$EIRP = P_{Tx} + G_{ant} - L_{Tx} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan,

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

$P_{Tx}$  = daya pancar (dBm).

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

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

4. IRL (*Isotropic Received Level*)

*Isotropic Received Level* adalah nilai level daya isotropic yang diterima oleh *receiver*. Nilai IRL bukan merupakan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian *decoding*, tetapi merupakan nilai level daya terima antena *receiver*. Besaran nilai IRL harus didapatkan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai daya terima pada antena penerima. Besar Nilai IRL didapatkan dari persamaan 2.13. [8]

$$IRL = EIRP - FSL \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan,

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

5. RSL (*Received Signal Level*)

*Received Signal Level* adalah level daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Rugi-rugi pada jalur di sisi antena penerima serta gain pada antena penerima memperoleh besar nilai RSL. Nilai RSL pada piranti pengolah *decoding* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14 [8]

$$RSL = IRL + G_{Rx} - L_{Rx} \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan,

RSL = *Received Signal Level* (dBm)



IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

$G_{Rx}$  = *Gain antenna* (dBi).

$L_{Rx}$  = *Receiver Loss* (dB).

## 6. 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* yang ditunjukkan pada Gambar 2.17, maka besarnya Hoploss dinyatakan dengan persamaan 2.15.<sup>[2]</sup>

$$L_h = FSL + L_{Tx} + L_{Rx} + L_{Atm} - (G_{Tx} + G_{Rx}) \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan,

$L_h$  = *Hoploss* (dB)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

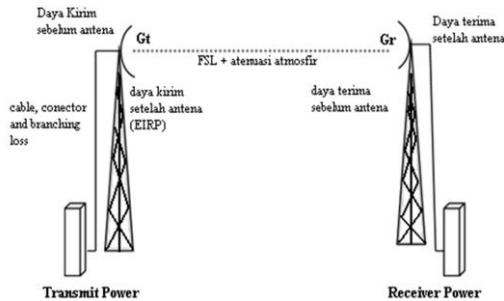
$L_{Tx}$  = *Transmitt loss* (dB)

$L_{Rx}$  = *Receive loss* (dB)

$L_{Atm}$  = *Atmosphere loss* (dB)

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

$G_{Rx}$  = *Gain transmit antenna* (dBi).



Gambar 2. 17 Link Microwave Antar BTS<sup>[2]</sup>

## 7. Fading Margin

Fading adalah fenomena fluktuasi daya sinyal terima akibat adanya proses propagasi gelombang radio yang mengakibatkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi. Untuk mengatasi adanya fading, maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan level daya terima di atas level batas ambang (*threshold*). Cadangan daya tersebut sering disebut

dengan *fading margin*. *Fading margin* dapat dihitung dengan persamaan 2.16.<sup>[2]</sup>

$$FM = 30 \log D + 10 \log(a \times b \times 2,5 \times f) - 10 \log UnAv_{path} - 60 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan,

*FM* = *fading margin* (dB)

*D* = panjang lintasan (km)

*f* = frekuensi (GHz)

*a* = faktor kekasaran bumi

*a* : 4 = untuk daerah halus, laut, danau, dan gurun

*a* : 1 = untuk daerah kekasaran rata-rata, dataran

*a* :  $\frac{1}{4}$  = untuk pegunungan dan dataran tinggi

*b* = faktor iklim

*b* :  $\frac{1}{2}$  = untuk daerah panas dan lembab

*b* :  $\frac{1}{4}$  = untuk daerah normal

*b* :  $\frac{1}{8}$  = untuk daerah pegunungan (sangat kering)

Dalam perencanaan menggunakan kondisi terburuk yaitu, *b*: 1

*UnAvpath* = peluang terjadinya *path unavailability* karena *fading* yang masih diperbolehkan.

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.<sup>[9]</sup>

Tabel 2. 2 Required Fading Margin<sup>[12]</sup>

| Single Hop Propagation Reliability (%) | Required Fading Margin (dB) |
|--|-----------------------------|
| 90                                     | 8                           |
| 99                                     | 18                          |
| 99.9                                   | 28                          |
| 99.99                                  | 38                          |
| 99.999                                 | 48                          |

Besarnya fading margin yang dimiliki oleh sistem adalah selisih antara daya terima dan daya terima minimum. Daya terima minimum (*level threshold*) merupakan batas ambang daya yang diterima. Adapun hubungan antara fading margin dengan *Receive Signal Level* ditunjukkan pada persamaan 2.17: [2]

$$FM = P_{RX} - P_{TH} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan,

- FM = Fading Margin (dB)
- $P_{RX}$  = Receive Signal Level (dBm)
- $P_{TH}$  = Rx Threshold Level (dBm)

## 8. Availability

Ukuran kehandalan sistem sering disebut sebagai *availability*. Secara ideal, semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Tetapi hal tersebut tidak mungkin dipenuhi, karena dalam sistem pasti terdapat ketidakhandalan sistem *unavailability*. *Availability* sering disebut juga dengan *reliability* yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan. [1] Ketidakhandalan sistem terjadi karena dua faktor, yaitu:

### 1. Kesalahan karena manusia (*human error*)

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

### 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 dengan *reliability* yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan sesuai *standard link* yang diinginkan. [1]

Kebalikan dari *availability* adalah *unavailability* atau *outage time* yang artinya kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan. Hubungan antara *availability* dan *outage time* ditunjukkan pada Tabel 2.3, sedangkan untuk toleransi *outage time*

yang diperbolehkan untuk masing-masing layanan ditunjukkan pada Tabel 2.4.<sup>[1]</sup>

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya *unavailability* pada system adalah adanya pengaruh redaman karena hujan dan *multipath fading*. Pertimbangan untuk perhitungan *unavailability* sistem karena adanya faktor-faktor yang sangat mempengaruhi seperti adanya *multipath fading* dan pengaruh redaman karena hujan tersebut, sehingga direkomendasikan untuk menggunakan metode berdasarkan standar ITU yaitu standar ITU-R P.530-7/8 untuk perencanaan *microwave link*.

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

Maka *availability* dapat dinyatakan dengan persamaan 2.18<sup>[1]</sup>

$$Av_{path} = (1 - UnAv_{path}) \times 100\% \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan,

$UnAv_{path}$  = ketidakhandalan sistem

$Av_{path}$  = kehandalan system

Sedangkan *unavailability* dapat dinyatakan dengan persamaan 2.19: <sup>[1]</sup>

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2,5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \dots \dots (2.19)$$

Dengan,

$UnAv_{path}$  = ketidakhandalan sistem

$FM$  = *fading margin* (dB)

$D$  = panjang lintasan (km).

$f$  = frekuensi kerja (GHz)

$a$  = faktor kekasaran bumi

$a : 1$  = daerah kekasaran rata-rata, dataran

$a : 4$  = daerah halus, laut, danau, dan gurun

$a : \frac{1}{4}$  = pegunungan dan dataran tinggi

$b$  = faktor iklim

$b : \frac{1}{4}$  = daerah normal

$b : \frac{1}{2}$  = daerah panas dan lembab

$b : \frac{1}{8}$  = daerah pegunungan (sangat kering)

Dalam perencanaan menggunakan kondisi terburuk yaitu,  $b : 1$

Tabel 2. 3 Hubungan antara Availability dan OutageTime <sup>[10]</sup>

| Availability or reliability (%) | Outagetime (%) | Outagetimeper |             |           |
|---------------------------------|----------------|---------------|-------------|-----------|
|                                 |                | Year          | Month(avg.) | Day(avg.) |
| 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             | 76 h          | 72 h        | 2,4 h     |
| 95                              | 5              | 38 h          | 36 h        | 1,2 h     |
| 98                              | 2              | 75 h          | 14 h        | 29 min    |
| 99                              | 1              | 8 h           | 7 h         | 14,4 min  |
| 99,99                           | 0,01           | 3 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   |

## 2.7 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 *antenna*, *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* yaitu peninjauan lapangan maupun pembacaan peta kontur yang tersedia. Tutorial atau cara penggunaan sebuah perangkat lunak sangat diperlukan untuk mempermudah para pengguna dalam menggunakan perangkat lunak tersebut. Sehingga tercapai efisisensi waktu yang digunakan oleh para pengguna. <sup>[11]</sup> Parameter yang terdapat pada Pathloss 5.0 adalah sebagai berikut:

### 1. Site Name

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

2. *Elevation*

Elevasi berfungsi untuk 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. *Latitude* di bedakan menjadi dua wilayah, yaitu lintang utara dan lintang selatan.

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, *radiomicrowave*, *txline*, *antenacoupling*, *txchannel*, *rain*.

6. *TerrainData*

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. *Antenna model*

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

9. *Antenna height*

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

10. *Antenna gain*

*Antenna 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. *RX threshold criteria*

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

22. *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.

23. *RX signal*

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

24. *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

25. *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%.

26. *C Factor*

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

27. *Climatic factor*

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

28. *Terrain roughness*

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

29. *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.

30. *Annual multipath availability*

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

31. *Annual multipath unavailability*

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