

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

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

Pada penelitian [6] membahas mengenai perbandingan *Passive Repeater Back-To-Back Antenna Dan Passive Repeater Plane Reflector*. Pada *Passive Repeater Back-To-Back Gain* penggunaannya dihasilkan dari masing-masing *Repeater* adalah 94,10 db baik di simulasi *pathloss* maupun hasil hitung menggunakan rumus. Kemudian nilai *gain* saat menggunakan *plane reflector* dari *report pathloss* bernilai 134,22 dB dan hasil dari perhitungan rumusnya adalah 135,84 dB.

Pada penelitian [7] membahas mengenai Perbandingan Interferensi *Link Gelombang Mikro* pada Daerah Urban dan Rural. Interferensi yang terjadi pada daerah urban maupun daerah rural menyebabkan terjadinya penurunan nilai *fading margin* pada jaringan *microwave*. Penyusutan *fading margin* yang terjadi pada daerah urban sebesar 26,71 dB. Sedangkan penyusutan *fading margin* yang terjadi pada daerah rural adalah sebesar 20,95 dB. Penurunan nilai *fading margin* menyebabkan nilai *unavailability* pada jaringan meningkat. Semakin meningkatnya nilai *unavailability* maka akan menyebabkan penyusutan

nilai *availability* yang didapat. Semakin besar nilai *unavailability* yang dihasilkan, maka peningkatan *availability* yang didapatkan setelah optimasi juga semakin membesar.

Pada penelitian [8] membahas mengenai perancangan jaringan transmisi gelombang mikro. *Fade Margin* dihitung dengan mempertimbangkan *receiver* yang dikehendaki, *Fade Margin* adalah selisih dayang penerimaan terhadap *threshold*.

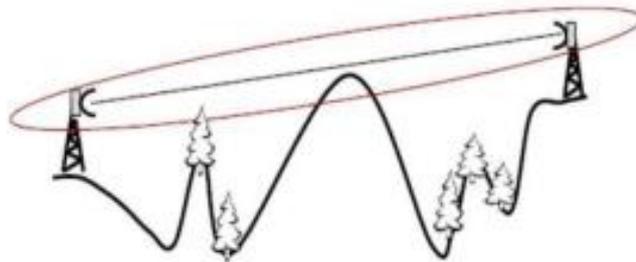
Pada penelitian [9] membahas mengenai *Backhaul* Sistem Transmisi Gelombang Mikro Digital. Perancangan sistem transmisi gelombang mikro menggunakan *frequency diversity* layak untuk dapat diterapkan karena memiliki nilai kehandalan sistem diatas ambang batas. Nilai kehandalan sistem yang menggunakan *frequency diversity* yaitu 99.96879% dan tanpa *diversity* yaitu 99.81417%.

Pada penelitian ini membahas mengenai perancangan jaringan transmisi *microwave* menggunakan *Pathloss* 5.0 dan membandingkan parameter antara perancangan menggunakan *Pathloss* 5.0 dan perancangan milik Huawei. Parameter yang dibandingkan adalah *Gain*, *Free Space Loss* (FSL), *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP), *Isotropic Received Level* (IRL), *Received Signal Level* (RSL), *Fading Margin*, *Availability*, dan *Unavailability*.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Sistem Komunikasi Gelombang Mikro

Sistem komunikasi gelombang mikro merupakan sistem komunikasi yang berujuan untuk mengirimkan informasi dari satu lokasi pengirim ke lokasi penerima tanpa terganggu kondisi daratan. Komunikasi yang dapat dikirimkan ialah suara, video dan data melalui udara bebas pada rentang frekuensi 2 GHz – 24 GHz, yang merupakan standar dari *Committee Consultative International on Radio* (CCIR) [10].



Gambar 2.1 Propagasi LOS [10]

Komunikasi radio gelombang mikro digunakan sebagai sistem komunikasi satelit, terrestrial dan komunikasi bergerak yang perambatannya melalui atmosfer dimana kondisi atmosfer ini dapat mempengaruhi performansi komunikasi radio gelombang mikro. Sistem komunikasi radio gelombang mikro terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pemancar (*Transmitter*) dan bagian penerima (*Receiver*). Pada Gambar 2.1 jalur komunikasi radio gelombang mikro dari satu lokasi menuju lokasi yang lain harus dalam keadaan *Line of Sight* (LOS) yang artinya lintasan propagasi tersebut dalam keadaan bebas pandang sehingga *Transmitter* dan *Receiver* tidak ada penghalang (*Obstacle*) yang dapat menghalangi lintasan perambatan gelombang mikro [11].

### 2.2.2 Gain Antena

*Gain* Antena merupakan parameter pokok dalam teknik radio link. *Gain* ditunjukkan dalam bentuk *decibel* (dB) dan merupakan penggambaran dari konsentrasi. Secara teori, *Gain* antena (*G*) ditunjukkan dengan persamaan [8].

$$\begin{aligned}
G(\text{dB}) &= 20 \log \frac{4\pi A\eta}{\lambda^2} \\
&= 20 \log 4\pi + 20 \log \pi \frac{(d)}{2} + 20 \log \eta - (10 \log c - 10 \log f) \\
&= 20 \log f_{(\text{ghz})} + 20 \log d_{(m)} + 10 \log d_{(\eta)} + 20,4
\end{aligned} \tag{2.1}$$

Dimana :

- G = Gain antenna (dB)
- $\eta$  = Efisiensi antenna (%)
- f = Frekuensi (GHz)
- d = Diameter antenna (m)

### 2.2.3 *Effectif Isotropic Radiated Power (EIRP)*

*Effectif Isotropic Radiated Power* (EIRP) merupakan penghitungan penjumlahan dalam satuan *decibel* : *output power* pemancar (dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB (nilainya *negative* karena adalah suatu redaman) dan *Gain* antenna dalam dB. Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut [8].

$$EIRP_{(\text{dBW})} = P_o + G_t - L_t \tag{2.2}$$

Dimana :

- $P_o$  = *Output power* RF transmitter (dBm)
- $G_t$  = *Gain antenna* pemancar (dB)
- $L_t$  = Redaman saluran transmisi (dB)

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

*Free Space Loss* (FSL) adalah *loss* yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam suatu garis lurus melalui sebuah *vacuum* dengan tidak ada *refleksi* energi di objek terdekat. Secara teori untuk FSL diberikan sebagai berikut [8].

$$FSL = 92,45 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \tag{2.3}$$

Dimana:

- FSL = *Free Space Loss* (dB)
- D = Jarak (Km)
- f = Frekuensi (GHz)

### 2.2.5 *Isotropic Received Level (IRL)*

*Isotropic Received Level (IRL)* merupakan Batasan RF *power level* dari antenna penerima. Dapat dikatakan sebagai *power* yang diukur pada sebuah *isotropic* antenna penerima. Secara teori dapat dituliskan dengan rumus [8].

$$IRL_{(dBm)} = EIRP_{(dBm)} - FSL_{(dB)} \quad (2.4)$$

Dimana:

IRL = *Isotropic Receive Level* (dBm)

EIRP = *Effectif Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

### 2.2.6 *Received Signal Level (RSL)*

*Received Signal Level (RSL)* adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada penerima [8].

$$RSL_{(dBm)} = IRL_{(dBm)} + Gr_{(dB)} - Lt_{(dB)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

Gr = *Gain* antenna penerima (dB)

Lt = Redaman saluran transmisi (dB)

IRL = Kemampuan antenna untuk menerima sinyal (dBm)

### 2.2.7 *Transmitter Loss*

*Transmitter loss* adalah jumlah *loss transitions* yaitu *loss feeder* (dB), *connector loss* (dB), *branching loss* (dB) dan *loss atmosfer* (dB).

### 2.2.8 *Komponen Link Microwave*

#### a. *Indoor Unit (IDU)*

*Indoor Unit (IDU)* memiliki fungsi sebagai *modulator-demodulator* sinyal dan sebagai *Forward Error Correction (FEC)*, *Multiplexing User Data*, *Control Unit* dan sebagai kanal komunikasi antara NMS dan ODU. Daya yang akan ditransfer ke perangkat radio *microwave* dicati dari IDU [12].

#### b. *Outdoor Unit (ODU)*

*Outdoor Unit (ODU)* berfungsi untuk mengkonversi sinyal digital termodulasi yang memiliki frekuensi rendah ke frekuensi tinggi. Terdiri dari *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima), karena itu disebut radio *transceiver*. Sinyal yang diterima didemodulasi menjadi sinyal *Base Band*

(BB) sebelum diteruskan ke IDU. Daya dari ODU dicatu dari IDU melalui kabel *coaxial* [12].

### **c. Antena**

Antena adalah suatu pengubah (*transducer*) yang bisa mengganti total elektrik menjadi gelombang elektromagnetik, kemudian dipancarkan ke angkasa dan sebaliknya. Antena bisa beroperasi sebagai penguat daya dan mengubah dari gelombang *radio frequency* (RF) menjadi gelombang ruang bebas. Antena adalah wujud struktur perantara antara gelombang yang tercipta dan gelombang bebas sehingga merupakan bagian yang mutlak diperlukan komunikasi radio [11].

### **d. Waveguide**

*Loss* adalah salah satu kunci dari perancangan *link microwave*. Kabel dan *waveguide* berpengaruh terhadap redaman yang terjadi. Di bawah frekuensi 2GHz digunakan *waveguide*. Pada kabel *coaxial* dielektrik yang digunakan adalah *foam dielectric* dengan diameter  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{7}{8}$ , dan  $\frac{5}{8}$  inci. Semakin kecil diameter, maka atenuasinya akan meningkat [12].

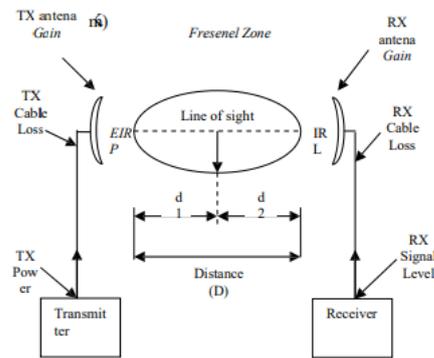
### **e. Menara Microwave**

Ada beberapa macam tipe menara microwave yang digunakan untuk menempatkan antena *microwave*. Untuk antena yang berukuran lebih kecil dapat ditempatkan di atas Gedung menggunakan *pole* dengan Panjang 5 meter. Penempatan dengan jumlah antena yang banyak digunakan Menara dengan struktur berpenguat sendiri. Jumlah antena dan beban total harus benar perhitungannya agar tidak melampaui kapasitas beban maksimum pada menara [12].

## **2.2.9 Terrain Effect**

### **a. Fresnel Zone**

Pada Gambar 2.2 *Fresnel Zone* merupakan tempat kedudukan dimana titik yang memiliki sisi jarak tetap dari 2 lokasi yang tetap pula, yaitu kelipatan dari setengah Panjang gelombang radio yang dioperasikan. *Fresnel Zone* memegang peranan yang penting dalam transmisi energi gelombang mikro, bentuk *Fresnel Zone* ini berupa *ellipsoid* [11].



Gambar 2.2 *Fresnel Zone* [11]

**b. Clearance**

Lintasan sinyal yang ditransmisikan pada sistem *line of sight* harus mempunyai daerah bebas hambatan yang disebut *Clearance*. Daerah *Clearance* untuk menghindari pengaruh jalur jamak terutama karena pantulan tanah [10].

**2.2.10 Kalkulasi *Link Budget***

*Link Budget* merupakan analisis perhitungan panjangnya suatu lintasan, Panjang lintasan ini untuk menetapkan parameter operasi yang digunakan seperti *power output* pemancar, diameter antenna, *noise figure* penerima dan sebagainya. Dapat menghubungkan kinerja yang diinginkan dengan tingkatan sinyal penerima (*Receive Signal Level*).

**2.2.11 *Fading Margin***

*Fading Margin* adalah perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga pada *receiver* akan menerima dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul yang jarak tempuh dan waktu perambayannya berbeda sehingga menimbulkan *level* daya yang diterima berbeda pada ujung *receiver*. Adapun hubungan antara *fading margin* dengan *received signal level* :

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBm)} - Rx_{Th}(dBm) \tag{2.6}$$

Dimana :

- FM = *Fading Margin* (dB)
- RSL = *Received Signal Level* (dBm)
- $Rx_{Th}$  = *Rx Threshold Level* (dBm)

Faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena *fading* pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan dan redaman pada gelombang radio. Jenis umum yang terjadi pada frekuensi dibawah 10 GHz adalah *Multipath Fading*, serta dapat sangat berpengaruh pada lintasan yang lebih dari 5 km dan curah hujan lebih dari 50 mm/h [12].

### **2.2.12 Klasifikasi *Link Microwave***

*Link microwave* beroperasi pada frekuensi 2 – 58 GHz. Semakin tinggi frekuensi, semakin pendek jarak *link* transmisinya. Karena rentang frekuensi yang lebar. Berdasarkan *range*-nya *link microwave* dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu *short haul*, *medium haul* dan *long haul* [12].

#### **a. *Short Haul***

*Short Haul* beroperasi pada frekuensi 23-58 GHz dan jangkauan jaraknya paling pendek. Saat digunakan, sebagai frekuensi yang lebih rendah dalam rentang frekuensi ini dapat terpengaruh adanya *multipath fading* dan redaman hujan sekaligus. Untuk rentang frekuensi yang lebih tinggi dan Panjang *hop* hanya beberapa kilometer (km), *multipath* tidak terlalu berpengaruh. Namun redaman hujan dapat mengakibatkan *atenuasi* yang cukup mengganggu sebesar 3-7 dB/km pada curah hujan 20 mm/h. Frekuensi yang biasanya digunakan adalah 23 GHz, 26 GHz, 27 GHz, 38 GHz, 55 GHz dan 58 GHz [12].

#### **b. *Medium Haul***

*Medium Haul* beroperasi pada frekuensi 11-20 GHz. Panjang *hop* memiliki beberapa variasi antara 40 km dan 20 km, tergantung dari kondisi iklim dan frekuensi yang digunakan. *Multipath fading* dan redaman hujan berpengaruh pada performa *link* ini. Frekuensi yang biasanya digunakan adalah 13 GHz, 15 GHz dan 18 GHz [12].

#### **c. *Long Haul***

*Long Haul* beroperasi pada frekuensi 2-10 GHz. Pada kondisi iklim dan frekuensi kerja optimal, jarak yang dapat ditempuh mencapai rentang 80 km sampai 45 km. *Link* ini terpengaruh adanya *multipath fading*. Frekuensi yang biasanya digunakan adalah 2 GHz, 7 GHz dan 10 GHz [12].

### 2.2.13 Availability

*Availability* adalah kemampuan sistem untuk memberikan pelayanan sesuai dengan standar yang diinginkan atau perbandingan *uptime* terhadap *total time* [13].

Kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan disebut sebagai *unavailability*. Maka untuk mencari besar nilai *unavailability* dan *availability* digunakan rumus sebagai berikut [11].

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \quad (2.7)$$

$$Av_{path} = (1 - UnAv_{path}) \times 100 \% \quad (2.8)$$

Dimana :

$UnAv_{path}$  = Ketidakhandalan sistem

$Av_{path}$  = Kehandalan sistem

$D$  = Panjang lintasan (km)

$FM$  = Cadangan daya (dB)

$f$  = Frekuensi kerja (GHz)

$a$  = Faktor kekasaran bumi atau C faktor

$a = 4$  ; untuk daerah halus, laut, danau dan gurun

$a = 1$  ; untuk daerah kekasaran rata-rata, daratan

$a = 1/4$  ; 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)

### 2.2.14 Standar ITU-R G.827 dan ITU-R F.1703.

Tujuan *Availability Ratio* (AR) dari tautan ini diberikan oleh jumlah dari tujuan tidak tersedia yang dirujuk ke bagian dari tautan yang dimiliki ke setiap bagian jaringan. Menurut rekomendasi ITU-R G.827, target untuk NPE (*National Path Element*) [14].

- AR Standrad = 0,9945

- AR High = 0,99912

### **2.2.15 Pathloss 5.0**

Dalam melaksanakan perencanaan jaringan transmisi *microwave* membutuhkan *software* yang mendukung dan dapat digunakan. *Software Pathloss 5.0* memiliki fitur diantaranya membuat *link profile*, kalkulasi performa *link*, menganalisa *reflection* dan *multipath*. *Pathloss 5.0* juga dapat mensimulasikan dari *profile link* yang telah dibuat agar dapat mengetahui performanya.

### **2.2.16 Google Earth**

*Google Earth* adalah perangkat lunak yang menyediakan tampilan *virtual* planet bumi. Didalamnya terdapat peta yang dapat memberikan informasi titik koordinat dan *elevasi* dari suatu wilayah. Menggunakan *google earth* termasuk mudah dan memiliki fitur yang lengkap menjadi pilihan dalam berbagai kebutuhan pengguna.