

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. PROPOGASI GELOMBANG RADIO

Secara umum, sifat dari pemancar gelombang radio adalah merambat menurut arah garis lurus. Konsep dari pancaran gelombang radio adalah ketika daya pancaran bergerak menjauhi sumber radiator isotropis, daya rata-rata yang terpancar sama ke semua arah dan akan menyebar ke segala arah seperti bentuk bola, sehingga pada jarak, kerapatan daya pada gelombang yang terjadi adalah daya persatuan luas permukaan gelombang.<sup>[1]</sup>

Propagasi dari gelombang radio secara umum dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu propagasi dalam ruang an propagasi luar ruang. Dasar dari propagasi gelombang radio dikelompokkan atas 4 mekanisme yaitu :

1. Refleksi (pantulan)
2. Refraksi (pembiasan)
3. Difraksi
4. *Scattering* (penghamburan)

Pada gelombang radio ada beberapa aturan yang dapat digunakan dalam merencanakan instalasi jaringan nirkabel, yaitu :

- Semakin panjang gelombang, semakin jauh gelombang radio merambat. Untuk daya pancar yang sama, gelombang dengan panjang gelombang yang lebih panjang cenderung untuk dapat menjalar lebih jauh daripada gelombang dengan panjang gelombang pendek. Efek ini kadang kala terlihat di radio FM, jika di bandingkan jarak pancar pemancar FM diwilayah 88 MHz dengan wilayah 108 MHz.
- Semakin panjang gelombang, semakin mudah gelombang melalui atau mengitari penghalang. Sebagai contoh, radio FM (88-108 MHz) dapat menembus bangunan atau berbagai halangan dengan lebih mudah. Sementara yang gelombangnya lebih pendek, seperti handphone GSM yang bekerja pada 900 MHz atau 1800 MHz akan lebih sukar untuk

menembus bangunan. Memang efek ini sebagian karena perbedaan daya pancar yang digunakan di radio FM dengan GSM, tapi juga sebagian karena pendeknya panjang gelombang di sinyal GSM.

- Semakin pendek panjang gelombang, semakin banyak data yang dapat dikirim. Semakin cepat gelombang berayun atau bergetar, semakin banyak informasi yang dapat dibawa setiap getaran atau ayunan digunakan untuk mengirimkan bit digital '0' atau '1', 'ya' atau 'tidak'. Ada sebuah prinsip yang dapat dilihat di semua jenis gelombang dan amat sangat berguna untuk mengerti proses perambatan gelombang radio. Prinsip tersebut dikenal sebagai Prinsip Huygens, yang diambil dari nama Christiaan Huygens, seorang matematikawan, fisikawan dan astronomer Belanda 1629-1695.

Metoda analisis yang digunakan untuk masalah perambatan atau propagasi gelombang dibatasi medan jauh (far field) adalah prinsip dari Huygens. Prinsip Huygens memahami bahwa setiap titik dalam gelombang berjalan adalah pusat dari perubahan yang baru dan sumber dari gelombang yang lain, dan gelombang berjalan secara umum dapat dilihat sebagai penjumlahan dari gelombang yang muncul pada media yang bergerak. Cara pandang perambatan atau propagasi gelombang yang demikian sangat membantu dalam memahami berbagai fenomena gelombang lainnya, seperti difraksi. Prinsip ini membantu untuk mengerti difraksi maupun zone Fresnel yang dibutuhkan untuk line of sight (LOS) maupun kenyataan bahwa kadang-kadang kita dapat mengatasi wilayah tidak line of sight.

## **B. ANTENA**

Antena adalah transformator/struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Antena adalah salah satu elemen penting yang harus ada pada

sebuah teleskop radio, TV, radar, dan semua alat komunikasi nirkabel lainnya. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam-macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antena dipol setengah gelombang adalah sangat populer karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif.

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (pelepasan energi elektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja. Antena merupakan perangkat yang mutlak diperlukan oleh komunikasi radio gelombang mikro.

### **C. AVAILABILITY SYSTEM**

*Availability* adalah sebuah parameter untuk mengetahui kehandalan atau ketangguhan dari sistem. Di dalam sebuah sistem selalu mengharapkan nilai dari *availability* bernilai sempurna yaitu 100% tetapi hal tersebut sulit dan tidak dapat terpenuhi, sehingga pada sebuah sistem pasti terdapat parameter dari ketidakhandalan dari sistem tersebut atau yang lebih sering dikenal dengan *unavailability system*.<sup>[3]</sup>

### **D. PENGARUH TERRAIN**

Pengaruh terrain adalah pengaruh yang diakibatkan oleh penghalang seperti pohon dan bangunan. Di dalam lintasan komunikasi radio gelombang

mikro dituntut bersifat LOS. Maka pengaruh terrain harus diperhitungkan. Pengaruh yang terjadi karena adanya penghalang dalam lintasan gelombang mikro diantaranya adalah :

1. *Freshnel Zone*

Freshnel zone merupakan daerah yang harus bebas dari halangan atau *obstacle* dikarenakan apabila tidak maka akan mengakibatkan redaman terhadap lintasan.

2. *Clearence*

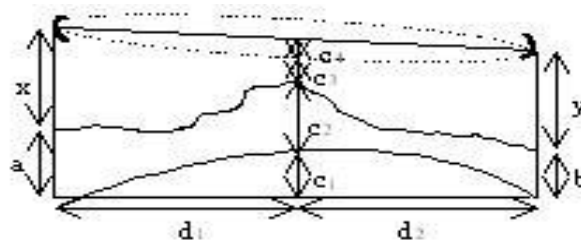
*Clearence* adalah daerah yang harus bebas dari hambatan karena akan mempengaruhi LOS dari pancaran sinyal.

3. *Fading*

Adanya proses propagasi gelombang radio yang mengakibatkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi sehingga terjadi fluktuasi daya sinyal terima dinamakan dengan *fading*. Fading terbagi atas 3 jenis antara lain adalah *fading* jenis K (pantulan dari perubahan faktor K), *fading* karena duct (pembelokan gelombang radio) dan *multipath fading* (banyaknya gelombang yang merambat melalui jalan yang berbeda).<sup>[3]</sup>

## E. TINGGI TOWER ANTENA

Kinerja dari sistem komunikasi radio sangat dipengaruhi oleh tinggi dari pemasangan antena dikarenakan antena mempengaruhi pancaran sinyal yang akan dipancarkan apakah dalam kondisi LOS ataupun tidak.<sup>[2]</sup> Bentuk seerhana gelombang radio untuk mencari tinggi dari antena yang akan dipasang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bentuk Sederhana Gelombang Mikro.

Untuk mengetahui ketinggian dari antenna yang akan dipasang dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$x = c - a + (c - b) \left( \frac{d_1}{d_2} \right) - y \left( \frac{d_1}{d_2} \right)$$

$$c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4$$

$$c_1 = 0.0785x(d_1 \times d_2)/k$$

Dimana :

x : tinggi antenna pemancar (m)

y : tinggi antenna penerima (m)

a : tinggi lokasi antenna pemancar di atas permukaan laut (m)

b : tinggi lokasi antenna pemancar di atas permukaan laut (m)

c<sub>1</sub> : peninggian profil atau factor koreksi (m)

c<sub>2</sub> : tinggi penghalang : gunung, bukit dan sebagainya (m)

c<sub>3</sub> : tinggi penghalang : pohon, gedung dan sebagainya (m)

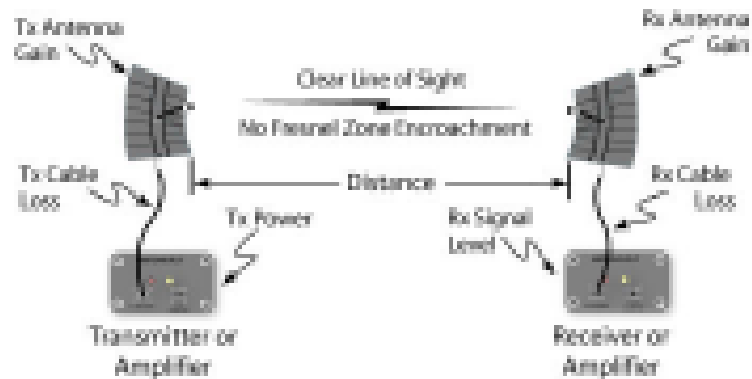
c<sub>4</sub> : daerah *fresnel* pertama (m)

d<sub>1</sub> : jarak antara pemancar dengan penghalang (km)

d<sub>2</sub> : jarak antara penerima dengan penghalang (km)

## F. FREE SPACE LOSS

Kondisi dimana berkurang atau hilangnya power sebuah sinyal radio saat sinyal dikirimkan dari pemancar menuju ke penerima dinamakan dengan *free space loss*.<sup>[5]</sup> Proses terjadinya free space loss dapat dilihat pada gambar 2.2

Gambar 2.2. Proses *Free Space Loss*

Perhitungan dari free space loss atau redaman ruang bebas dari sebuah lintasan komunikasi radio dapat dihitung dengan perhitungan di bawah ini :

$$FSL = 92.4 + 20\text{Log}F + 20\text{log}D$$

Dimana :

F = Frekuensi Transmisi(dB)

D = Jarak saluran (Km)

## G. GAIN

Perbandingan dari daya pancar antenna dengan daya pancar refrensinya dinamakan dengan gain.<sup>[5]</sup> Apabila ingin melakukan perhitungan gain dari sebuah antenna parabolik dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$G = 20.45 + 20\text{log}f + 20\text{log}d + 10\text{log}\eta$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi (GHz)

$d$  = Diameter antenna (m)

$\eta$  = Efisiensi antenna

## H. FADING MARGIN

Sebuah fenomena fluktuasi daya sinyal terima akibat adanya proses propagasi gelombang radio yang mengakibatkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi dinamakan dengan *fading*. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu cadangan daya yang dinamakan dengan fading margin.<sup>[3]</sup>

Perbedaan antara level sinyal yang terima nominal dengan level sinyal terima minimum (*threshold*) dinamakan dengan *fading margin*, secara garis besar fading margin terbagi atas dua macam yaitu *flat fading margin* dan *frequency selective fading margin*.<sup>[1]</sup>

## I. PENGARUH DIVERSITY PADA FADING MARGIN

Selain *fading margin*, cadangan daya yang lain untuk dapat meningkatkan kehandalan sistem adalah menggunakan sistem *diversity*. *Diversity* merupakan teknik memasang secara simultan dua atau lebih sistem yang bertujuan untuk meningkatkan kehandalan sistem. Terdapat dua teknik yang dapat dilakukan pada sistem *diversity* yaitu *Space diversity* dan *Frequency diversity*.<sup>[3]</sup>

### 1. Space Diversity

*Space diversity* merupakan salah satu teknik dari *diversity*, pada sistem ini penerimaan dilakukan dengan cara menggunakan 2 atau lebih antenna yang terpasang secara terpisah pada bidang vertikal.<sup>[3]</sup> Untuk mengatasi *fading* pada sistem transmisi yang menggunakan teknik *space diversity* maka diperoleh faktor perbaikan sebesar :

$$I_{SD} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot \eta \cdot s^2 \cdot f \cdot 10^{\frac{FM-v}{10}}}{D}$$

Dikarenakan nilai ideal dari koefisien saklar *diversity* ( $\eta$ ) sama dengan 1 maka persamaan faktor perbaikan sebesar :

$$I_{SD} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot s^2 \cdot f \cdot 10^{\frac{FM-v}{10}}}{D}$$

Apabila persamaan diatas dirubah dalam bentuk desibel maka didapatkan persamaan berikut :

$$I_{SD} = 20 \log s + 10 \log f - 10 \log D + FM - v - 29,2$$

Jika ingin mencari nilai dari *fading margin* dengan *space diversity* maka dapat digunakan persamaan berikut :

$$FM = 20 \log D + 5 \log(a \cdot b \cdot 2,5) - 5 \log U n A v - 10 \log s + \frac{1v}{2} - 15,4$$

Dimana :

s = Jarak antara antena *diversity*(meter)

v = beda gain antar antena (dB)

I<sub>SD</sub> = faktor perbaikan (dB)

## 2. *Frequency diversity*

Jika pada sistem *space diversity* hanya menggunakan satu frekuensi kerja, pada sistem *frequency diversity* menggunakan dua pasang perangkat pemancar dan penerima dimana setiap pasang perangkat memiliki frekuensi kerja yang berbeda. Pada sistem ini setiap antena, baik itu antena pemancar maupun penerima mengoperasikan dua frekuensi gelombang mikro.

Perbedaan frekuensi antara kedua frekuensi kerja minimal 2% namun akan lebih baik lagi apabila perbedaannya 6%. Sehingga apabila sistem transmisi menggunakan teknik *frequency diversity* maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$I_{FD} = \frac{0,8 \cdot \nabla f}{f^2 \cdot D} \times 10^{\frac{FM}{10}}$$

Apabila persamaan berikut dirubah dalam bentuk decibel maka akan menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$I_{FD} = 10 \log \nabla f - 20 \log f - 10 \log D + FM - 0,97$$



Dengan memasukkan persamaan dari *fading margin* sebelumnya kedalam persamaan diatas maka diperoleh *fading margin* dengan *frequency diversity* adalah :

$$FM = 20\log D + 5 \log(a.b.2,5) + 15\log f - 5\log U_n A_v - 5\log \nabla f - 29,15$$

Dimana  $\nabla f$  merupakan selisih frekuensi yang digunakan dalam sistem transmisi.

#### J. DAERAH *FRESHNEL* PERTAMA

Suatu hal yang harus diperhatikan apabila ingin mendapatkan sebuah lintasan komunikasi radio gelombang mikro yang *line of sight* (LOS) adalah daerah *freshnel* dari lintasan tersebut. Daerah tersebut harus bebas dari *obstacle* yang ada dikarenakan apabila tidak maka akan bertambahnya nilai dari redaman lintasan tersebut. Apabila ingin melakukan perhitungan terhadap *freshnel* pertama maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut :<sup>[5]</sup>

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f(d_1 + d_2)}} \text{ (meter)}$$

Dimana :

- $F_1$  = radius dari daerah *freshnel* pertama
- $d_1$  = jarak antara *transmitter* dengan *obstacle* (Km)
- $d_2$  = jarak antara *receiver* dengan *obstacle* (Km)
- $f$  = frekuensi kerja (Hz)

#### K. *THERMAL NOISE*

Suatu sinyal tambahan yang pasti ada walaupun tidak diinginkan dinamakan dengan noise. Akibat adanya kinerja dari suatu sistem komunikasi kurang optimal karena dengan adanya noise maka akan mengganggu atau

mengurangi kinerja dari sistem tersebut. Noise terbagi atas 2 jenis berdasarkan pembangkitannya yaitu *internal noise* dan *external noise*.

*Thermal noise* adalah salah satu jenis dari *internal noise* yang disebabkan oleh panas konduktor yang memiliki aliran arus listrik. Aliran arus listrik ini terjadi dikarenakan adanya proses elektron-elektron yang menumbuk molekul-molekul dalam konduktor. Dengan adanya elektron-elektron tersebut, apabila temperatur konduktor tersebut semakin tinggi maka yang terjadi adalah noise akan semakin besar dikarenakan pergerakan dari molekul-molekul dalam konduktor akan bergerak lebih cepat yang mengakibatkan tumbukan yang dilakukan oleh elektron terhadap molekul akan semakin banyak. [2]

#### L. **EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER (EIRP)**

EIRP merupakan suatu besaran pada performansi sistem transmisi radio. Di dalam menentukan besarnya nilai performansi dari sebuah sistem transmisi radio terdapat tiga buah elemen dasar didalam sistem tersebut, diantaranya adalah :<sup>[4]</sup>

- Transmitter* dengan daya output.
- Antena dengan *gain* maupun *loss* yang terjadi.
- Nilai *loss* yang terjadi pada jalur transmisi dari lintasan komunikasi radio gelombang mikro.

Apabila ingin melakukan perhitungan EIRP maka ketiga elemen yang dijadikan dasar perhitungan dari performansi jaringan tersebut harus dirubah dalam bentuk dB. Rumus perhitungan dari EIRP sebagai berikut :

$$EIRP_{dB} = P_t + G_{antena} - L_l$$

Dimana :

$P_t$  = daya output dari *transmitter*

$G_{antena}$  = *gain* ataupun *loss* pada antena

$L_l$  = *loss* jalur transmisi

### **M. RADIO MICROWAVE**

Radio microwave adalah salah satu perangkat yang mempunyai peranan penting di dunia telekomunikasi yang dimiliki oleh semua operator seluler, ISP, BUMN dan perusahaan lainnya, karena perangkat ini merupakan sarana penting bagi pertukaran data via nirkabel dengan akses *point to point*.

Microwave adalah bentuk dari pancaran radio yang ditransmisikan melalui udara dan diterima dengan menggunakan peralatan semacam antena yang berbentuk bundar yang dipasang di gedung yang tinggi atau tower. *Microwave* hanya digunakan untuk mengirimkan sinyal jarak pendek, sinyal tidak dapat di-blok oleh gedung atau lembah. Untuk melakukan transmisi harus dihindari adanya penghalang atau kemiringan bumi. Untuk membawa sinyal jarak jauh, rangkaian pemancar diperlukan untuk menerima dan mentransmisi ulang.

### **N. PATHLOSS**

Dalam bidang telekomunikasi, *Software Pathloss* digunakan untuk melakukan RF planning dalam membuat suatu path-link dan link calculation (link budget), baik yang bersifat *point to point* maupun *point to multipoint* (banyak titik). Pathloss juga dapat mengukur suatu loss yang disebabkan oleh cuaca, kontur tanah dan lain-lain, agar tidak mengganggu pemancaran antar 2 buah antenna yang saling berhubungan. Nilai pathloss menunjukkan level sinyal yang melemah (mengalami attenuation) yang disebabkan oleh propagasi free space seperti refleksi, difraksi, dan scattering. Pathloss sangat penting dalam perhitungan Link Budget, ukuran cell, ataupun perencanaan frekuensi. faktor-faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan pathloss adalah jarak pengukuran antara Tx dan Rx, tinggi antena (Tx dan Rx), serta jenis area pengukuran.

*Pathloss* adalah pengurangan kepadatan daya (atenuasi) dari sebuah gelombang elektromagnetik karena menyebar melalui ruang. *Pathloss*

merupakan komponen utama dalam analisis dan desain link budget dari sistem telekomunikasi. *Pathloss* juga dipengaruhi oleh kontur medan, kondisi lingkungan(perkotaan,pedesaan,pepohonan), medium propagasi (udara kering atau lembab), jarak antara pemancar dan penerima, dan tingginya dan lokasi antenna. <sup>[6]</sup>

### ***O. LINK BUDGET***

Link budget merupakan sebuah cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari gain dan losses dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. Link merupakan parameter dalam merencanakan suatu jaringan yang menggunakan media transmisi berbagai macam. Link budget ini dihitung berdasarkan jarak antara transmitter (Tx) dan receiver (Rx). Link budget juga dihitung karena adanya penghalang antara Tx dan Rx misal gedung atau pepohonan. Link budget juga dihitung dengan melihat spesifikasi yang ada pada antenna. Manfaat Link Budget ialah:<sup>[6]</sup>

- ✓ Untuk menjaga keseimbangan gain dan loss guna mencapai SNR yang diinginkan di receiver.
- ✓ Mengetahui radius sel sebab maksimum loss yang diperoleh.