

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 SISTEM KOMUNIKASI

Komponen sistem komunikasi :

1. Sinyal / Informasi : voice, data, gambar
2. Perangkat pemancar / Penerima
3. Sarana transmisi : kabel, radio, serat optik
4. Gangguan : noise, interferensi dan lain-lain.

2.1.1 Sinyal / Informasi

Jenis sinyal sangat mempengaruhi sifat transmisi, karena salah satu parameter sinyal adalah frekuensi atau bandwidth. Pada umumnya sinyal dibagi atas :

- a. Sinyal voice / suara, bandwidhnya $\cong 4$ KHz
- b. Sinyal gambar, bandwidthnya $\cong 6$ MHz
- c. Data, bandwidth tergantung pada laju data (digital)

2.1.2 Perangkat Pemancar / Penerima

Pada bagian ini terjadi proses :

- a. Pengolahan sinyal / informasi :konversi analog ke digital, kompresi, filtering, coding / encoding.
- b. Modulasi sinyal / Demodulasi sinyal : translasi sinyal pada frekuensi pembawa
- c. Penguatan sinyal : memperkuat sinyal sesuai kebutuhan

2.1.3 Sarana Transmisi

- a. Kabel Tembaga (Cu)

Jarak maksimal \cong 15 Km, bandwidth terbatas \cong 4 KHz

- b. Kabel Coaxial

Attenuasi \cong 20 dB/ 1 Km (pada frekuensi 100 MHz)

- c. Serat Optik

Ada 2 macam tipe serat optik yaitu :

1. Single mode
2. Multi mode

Memiliki attenuasi sebesar 0,2 dB / Km dan kapasitas sebanyak 25.000 kanal voice

d. Radio

Berdasarkan jenis frekuensi dan propagasinya dapat dibagi menjadi :

1. Low Frekuensi (LF) : 30 – 300 KHz

Jarak capai jauh, ukuran antena cukup besar, $\lambda = 1000$ m, attenuasinya rendah

2. Medium Frekuensi (MF) : 300 – 3 MHz

Attenuasi rendah pada malam hari dan tinggi pada siang hari

3. High Frekuensi (HF) : 3 – 30 MHz

Transmisi melalui ionosphere sehingga tergantung pada waktu, siang / malam dan musim.

4. Very High Frekuensi (VHF) : 30 – 300 MHz

Komunikasi line of sight, tidak terlalu tergantung pada ionosphere

5. Ultra High Frekuensi (UHF) : 300 – 3000 MHz

Komunikasi line of sight (LOS), tidak terpengaruh fading

6. Super High Frekuensi (SHF) : 3 – 30 GHz

Komunikasi Line Of Sight

Hubungan / komunikasi terestrial adalah komunikasi radio dimana propagasi gelombangnya menjalar sepanjang permukaan bumi. Lebih dikenal dengan jaringan radio gelombang mikro (microwave) atau radio link. Yang termasuk ke dalam sistem komunikasi terestrial adalah :

- a. Jaringan mikrowave dengan frekuensi : VHF, UHF dan SHF
- b. Jaringan komunikasi Troposcatter

Pada umumnya sistem komunikasi global terdiri dari gabungan beberapa sistem, yaitu :

- a. Komunikasi melalui kabel
- b. Komunikasi radio mikrowave
- c. Komunikasi melalui satelit

2.1.4 Gangguan

Merupakan faktor pengganggu yang dapat mengurangi atau menggagalkan sama sekali tujuan komunikasi tersebut. Gangguan tersebut dapat muncul dari luar atau dari dalam sistem itu sendiri. Secara garis besar gangguan dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Noise

Sumber gangguan elektrik yang sifatnya acak (random)

b. Interferensi

Gangguan elektrik yang berupa sinyal dengan frekuensi yang sama / hampir sama.

Contoh : - dari luar sistem : interferensi, jamming

- dari dalam sistem : intermodulasi

2.2. PROPAGASI LINE OF SIGHT

Propagasi gelombang pada frekuensi diatas 1 GHz sering disebut sebagai propagasi Line Of Sight. Pada sistem ini perlu diperhatikan lengkungan bumi dan gangguan yang disebabkan oleh adanya rintangan-rintangan pada lintasannya.

Penampilan sistem komunikasi LOS dipengaruhi oleh :

- a. redaman ruang bebas
- b. kondisi daerah lintasan
- c. pengaruh atmosfer berupa :
 - redaman hujan,
 - redaman awan
 - redaman gas
- d. rugi-rugi akibat fading berupa:

- Refleksi : memantulkan
- Defraksi : menghamburkan / penyimpangan rambatan gelombang karena ada halangan
- Refraksi : membiaskan atau membelokkan

2.3 KALKULASI LINK

Path analisis (link budget) adalah analisa perhitungan panjangnya suatu lintasan (link). Yang dimaksud disini adalah untuk menetapkan parameter-parameter operasi yang digunakan seperti misalnya power output pemancar, diameter antena, noise figure penerima dan lain-lain.

Tabel 2.1 menunjukkan parameter dasar dalam dua kolom. Kolom pertama disebut dengan “normal” dikarenakan biayanya lebih ekonomis, sedangkan kolom kedua diberi nama “spesial” karena memberikan unjuk kerja parameter yang lebih baik tetapi memerlukan biaya lebih tinggi.

Parameter	Normal	Special	Comment
Transmitter Power	1 W	10 W	500 mw commont above 10 GHz
Receiver Noise Figure	8 – 12 dB	Down to 1.2 dB	Use of LNA (low Noise Amplifier)
Antenna	Parabolic 2- 12 feet	Same	Antennas over 12' not recommended
Modulation	64 – 128 QAM	Up to 512 QAM	Based on bandwidth/bit rate constrain

Tabel 2.1 LOS Microwave Basic Equipment Parameters

Kita dapat menghubungkan kinerja (performance) yang diinginkan dengan tingkatan sinyal penerima (receive signal level / RSL) pada tingkat pertama yang aktif dari penerima dan karakteristik noise penerima. Sebuah referensi RSL dibutuhkan.

Selanjutnya, kita menghitung free-space loss diantara antenna pemancar dan antenna penerima. Fungsi ini untuk menentukan frekuensi dan jarak (contoh: operasional frekuensi pemancar gelombang mikro). Kemudian kita menghitung EIRP (Effective Isotropically Radiated Power) pada antenna pemancar. EIRP adalah penjumlahan dari power output pemancar dikurangi loss line transmisi ditambahkan gain antenna, semua dalam satuan desibel.

Ketika kita menambahkan EIRP ke free space loss (dlm dB), hasilnya adalah Isotropic Receive Level (IRL). Jika kita menambahkan gain antenna penerima terhadap IRL dan dikurangi loss line transmisi maka kita mendapatkan receive signal level (RSL).

2.3.1 Sistem Gain

Sistem gain adalah perbedaan antara nominal output power pada pemancar dan minimum input power yang dibutuhkan oleh sebuah penerima. Sistem gain harus lebih besar atau sama dengan penjumlahan semua gain dan losses yang disebabkan oleh sebuah sinyal sebagai propagasi dari pemancar ke penerima. Dalam artian sesungguhnya, menggambarkan netto loss sebuah sistem radio. Sistem gain digunakan

untuk memprediksikan reliabilitas sebuah sistem untuk parameter-parameter sistem yang diberikan. Secara rumus, sistem gain dituliskan sebagai berikut :

$$G_s = P_t - C_{min}$$

Dimana : G_s = sistem gain (dB)

P_t = power output pemancar (dBm)

C_{min} = minimum input power penerima untuk kualitas objek yang diberikan (dBm)

Dan dimana :

$$P_t - C_{min} \geq \text{losses} - \text{gain}$$

Gain :

A_i = gain relatif antena penerima (dB) terhadap radiasi isotropic

A_r = gain relatif antena pemancar (dB) terhadap radiasi isotropic

Losses :

L_p = loss free-space path diantara antena (dB)

L_f = loss wave guide feeder (dB) antara distribusi jaringan (channel combining network atau channel separation network) dan respectif antena

L_b = total coupling atau loss percabangan (branching loss) dalam sirkulator, filter dan distribusi network antara output dari pemancar atau input untuk sebuah penerima dan respectif waveguide feed (lihat tabel 2.1).

F_m = fade margin untuk reliabilitas objek yang diberikan

Frequency (GHz)	Feeder loss, L_f		Branching Loss (dB) Diversity		Antena gain At atau Ar	
	Type	Loss (dB/100 m)	Frequency	Space	Size (m)	Gain (dB)
1,8	Air-filled Coaxial cable	5,4	5	2	1,2	25,2
					2,4	31,2
					3,0	33,2
					3,7	34,7
7,4	EWP 64 Eliptical Waveguide	4,7	3	2	1,5	38,8
					2,4	43,1
					3,0	44,8
					3,7	46,5
8,0	EWP 69 Eliptical Waveguide	6,5	3	2	2,4	43,8
					3,0	45,6
					3,7	47,3
					4,8	49,8

Tabel 2.2 Parameter sistem gain

Maka sistem gain menjadi :

$$G_s = P_t - C_{min} F_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r \dots\dots\dots(2-1)$$

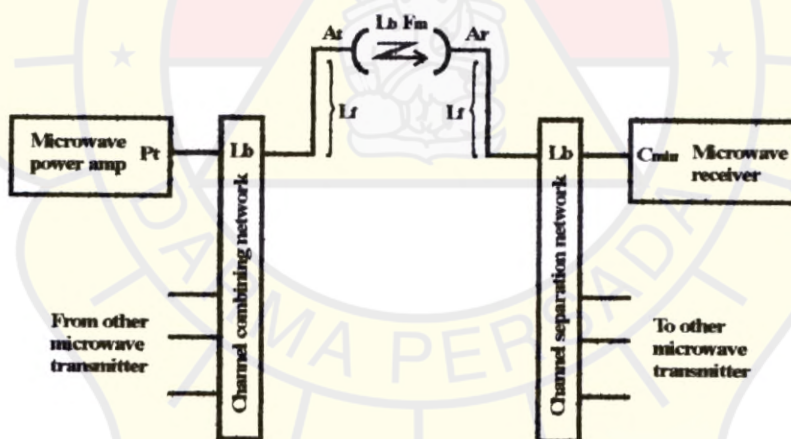
Dimana semua nilai diekspresikan dalam satuan dB atau dBm. Karena sistem gain menunjukkan net loss, losses diwakili dengan nilai positif dB dan gain diwakili oleh nilai negatif dB. Gambar 2.2 menggambarkan keseluruhan diagram sistem gelombang mikro dan menunjukkan dimana losses dan gain terjadi.

Atau :

$$G = 20 \log D + 20 \log F + 17,8 \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana : D = diameter (m)

F = frekuensi yang digunakan (Ghz)



Gambar 2-1 Sistem Gain dan Losses

2.3.2 Free Space Path Loss (FSL)

Free-space path loss didefinisikan sebagai loss yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam satu garis lurus melalui sebuah vacuum dengan tidak ada penyerapan (absorption) atau refleksi energi dari objek terdekat. Ekspresi untuk free-space path loss diberikan sebagai berikut :

$$L_p = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f D}{c} \right)^2$$

Dimana : L_p = free-space path loss

D = jarak

f = frekuensi

λ = panjang gelombang

c = velocity cahaya dalam free-space (3×10^8 m/s)

Konversi ke dalam satuan dB

$$L_p(\text{dB}) = 20 \log \frac{4\pi f D}{c} = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D$$

Dimana frekuensi yang diberikan dalam MHz dan jarak dalam satuan Km

$$L_p(\text{dB}) = 20 \log \frac{4\pi(10)^6 (10)^3}{3 \times 10^8} = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log D \dots (2-3)$$

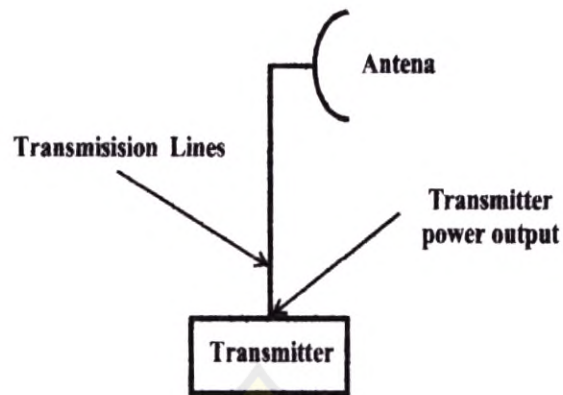
$$= 32,4 + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log D (\text{km})$$

Sedangkan jika frekuensi yang diberikan dalam GHz dan jarak dalam km maka :

$$L_p (\text{dB}) = 92,4 + 20 \log f (\text{GHz}) + 20 \log D (\text{km}) \dots \dots \dots (2-4)$$

2.3.3 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective isotropic radiated power adalah menghitung penjumlahan dalam satuan desibel : power output pemancar (dlm dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB (bernilai negatif karena merupakan redaman) dan gain antenna dalam dB. Gambar 2-3 menunjukkan secara grafik.



Gambar 2-2 Element in the calculation EIRP

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$EIRP_{dBW} = P_o - L_t + G_t \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana : P_o = power output RF transmitter (dBm)

L_t = redaman saluran transmisi (dB)

G_t = gain antena pemancar (dB)

2.3.4 Isotropic Receive Level (IRL)

IRL adalah batasan RF power level pada antena penerima. Dapat juga dikatakan sebagai power yang diukur pada sebuah isotropic antena penerima. Perhitungan secara grafik ditunjukkan pada gambar

2.4



Gambar 2-3 Perhitungan IRL

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$IRL_{dB} = EIRP - \text{Path Loss} \dots \dots \dots (2-6)$$

Atau ;

$$IRL_{dBW} = EIRP - L_p \dots \dots \dots (2-7)$$

2.3.5 Receive Signal Level (RSL)

Receive signal level (RSL) adalah power level yang memasuki tingkatan pertama aktif pada penerima :

$$RSL = IRL + G_r - L_r (dB) \dots \dots \dots (2-8)$$

Dimana : G_r = gain antenna penerima

L_r = losses pada penerima

Atau

$$RSL = P_o + L_t + G_t + L_p + L_g + G_r + L_r \dots \dots \dots (2-9)$$

Dimana : P_o = power output RF transmitter (dBm)

L_p = free space loss

L_g = redaman gas / atmosfer : 0,3 dB untuk 12 mil, 0,6 dB untuk 20 – 60 mil, dan 1,2 dB untuk jarak 80 – 100 mil.

2.3.6 Receiver Thermal Noise Level

Thermal noise level sebuah penerima adalah merupakan fungsi dari noise figure penerima dan bandwidthnya. Untuk sistem radio analog, thermal noise level penerima dihitung dengan menggunakan bandwidth intermediate Frequency (IF). Untuk sistem digital, noise level hanya sebesar 1 Hz bandwidth dengan menggunakan notasi N_o , noise level dalam bandwidth 1 Hz.

Noise adalah sebuah device self-generates yang diberikan oleh noise figure (dB) atau nilai temperatur noise. Setiap device, meskipun merupakan device pasif, diatas nilai nol menghasilkan thermal noise. Kita mengetahui bahwa power noise level dalam bandwidth 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka :

$$P_n = - 228,6 \text{ dBW/Hz}$$

Dimana P_n adalah noise power level. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta Boltzmann's dalam satuan dBW.

Kita dapat menghitung thermal noise level dari perangkat penerima pada temperatur ruang dengan menggunakan rumus :

$$P_n = - 228,6 \text{ dBW/Hz} + 10 \log 290 \text{ (K)}$$

$$P_n = - 204 \text{ dBW/Hz}$$

Nilai 290 kelvin adalah nilai temperatur ruangan atau besarnya sekitar 17°C atau 68°F

Noise figure memberitahukan kepada kita berapa besar noise yang harus ditambahkan ke sebuah sinyal selagi melalui sebuah device. Noise figure (dB) adalah perbedaan dalam perbandingan sinyal terhadap noise antara input ke device dan output ke device yang sama.

Kita dapat mengkonversikan noise figure terhadap noise temperature dalam kelvin dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$NF_{dB} = 10 \log (1 + T_e / 290) \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana T_e adalah efektif noise temperatur sebuah device. Andaikan noise figure sebuah device adalah 3 dB. Berapa noise temperatur-nya ?

$$3 \text{ dB} = 10 \log (1 + T_e / 290)$$

$$0,3 = \log (1 + T_e / 290)$$

$$1,995 = 1 + T_e / 290$$

Kita bulatkan nilai 1,995 menjadi 2 maka :

$$2 - 1 = T_e / 290$$

$$T_e = 290 \text{ K}$$

Thermal noise power level dari sebuah device yang beroperasi pada temperatur ruang adalah :

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz} + NF_{\text{dB}} + 10 \log BW_{\text{Hz}} \dots\dots\dots (2-11)$$

Contoh :

Sebuah penerima gelombang mikro mempunyai noise figure 8 dB dan bandwidthnya 10 MHz. Berapa besarnya thermal noise level (terkadang disebut dengan thermal noise threshold) ?

Jawab :

$$\begin{aligned} P_n &= -204 \text{ dBW/Hz} + 8 \text{ dB} + 10 \log (10 \times 10^6) \\ &= -204 \text{ dBW/Hz} + 8 \text{ dB} + 70 \text{ dB} \\ &= -126 \text{ dBW} \end{aligned}$$

Jika penerima pada contoh diatas menggunakan sistem digital, kita harus menghitung N_o , maka :

$$N_o = -204 \text{ dBW/Hz} + NF \text{ dB} \dots\dots\dots (2-12)$$

$$= -196 \text{ dBW/Hz}$$

kecil karakteristik suatu propagasi gelombang radio, seperti misalnya *multipath propagasi (multipath loss)* dan *terrain sensitivity*. Karakteristik ini hanya sementara, kondisi atmosfer yang tidak normal mengubah free-space path loss dan biasanya merugikan keseluruhan unjuk kerja sistem. Fade margin juga menimbang reliabilitas sistem obyek. Maka fade margin yang terkandung dalam perumusan sistem gain sebagai sebuah loss.

Perumusan Barnett-Vignat reliabilitas untuk sistem tidak diproteksi, nondiversity adalah :

$$F_m = 30 \log D + 10 \log (6ABf) - 10 \log (1 - R) - 70 \dots\dots(2-16)$$

multipath
terrain
reliability
constant
Effect
sensitivity
object

Dimana : F_m = fade margin (dB)

D = jarak (km)

f = frekuensi (GHz)

R = reliability (contoh: 99.99% = 0,9999 reliability)

$1 - R$ = realibilitas objek untuk satu arah rute 400-km

A = faktor kekasaran permukaan

= 4 untuk diatas air atau tanah lapang yang sangat rata
(very smooth terrain)

= 1 untuk rata-rata tanah lapang

= 0,25 untuk tanah lapang kasar (rough terrain) atau daerah pegunungan

- B = faktor untuk menkonversikan probabilitas keburukan perbulan (worst-month probability) ke probabilitas pertahun
- = 1 untuk mengkonversi kemampuan pertahun ke worst-month
- = 0,5 untuk daerah pemukiman
- = 0,25 untuk daerah pedalaman
- = 0,125 untuk daerah kering atau daerah pegunungan

2.3.9 IF Bandwidth

Carson Rule : $B_w = 2 (\Delta F_p + F_m)$

Dimana : ΔF_p = peak frequency deviation

F_m = frekuensi maksimum

Rec. CCIR :

Untuk FDM telepon dengan kanal suara 12 – 2400 maka :

$NLR_{dB} = -15 + 10 \log N$; N = jumlah kanal

Untuk kanal suara lebih besar dari 2400 maka :

$$NLR_{dB} = -10 + 10 \log N$$

Harga ΔF_p dari 12 – 2400 kanal suara adalah :

$$\Delta F_p = 4,47 \left[\log^{-1} \left(\frac{-15 + 10 \log N}{20} \right) \right]$$

dimana : d = deviasi

Kanal maksimum	Rms deviasi (KHz)
12	35
24	35
60	50,100,200
120	50,100,200
300	200
600	200
960	200
1260	140, 200
1800	140
2700	140

Tabel 2.3 Frekuensi Deviasi tanpa pre-emphasis

Kanal Maksimum	f_{max} (KHz)	f_r (KHz)
24	108	135
60	300	375
120	552	690
300	1300	1625
600	2660	3325
960	4188	5235
1260	5636	7045
1800	8204	10255
2700	12388	15485

Tabel 2.4 Frekuensi Pre-deemphasis untuk FDM

2. 4 MODULASI DIGITAL

2.4.1 Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency shift keying pada umumnya menghasilkan unjuk kerja kesalahan (error) lebih buruk dibandingkan dengan phase shift keying, terutama untuk pensinyalan multilevel dalam sebuah bandwidth terbatas. Dengan alasan ini, maka FSK tidak digunakan pada aplikasi gelombang mikro digital dimana membutuhkan unjuk kerja dan kepadatan informasi yang cukup tinggi. Sistem FSK ini menghasilkan sinyal amplitude konstan.

2.4.2 Phase Shift Keying (PSK)

Phase shift keying merupakan teknik modulasi yang banyak dipakai untuk aplikasi kepadatan informasi tingkat menengah tetapi mempunyai unjuk kerja yang tinggi.

2.4.3 Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Quadrature amplitude modulation (QAM) merupakan teknik modulasi digital dimana informasi digitalnya terdiri dari transmisi carrier amplitudo dan phase.

Sistem Designation	Information Density (bps/Hz)	Signal-to-Noise Ratio for BER = 10^{-6} (dB)		Peak to average Ratio (dB)
		Eb/No Pada kanal	SNR At decision CKT	
2-PSK	1	10,6	13,6	0,0
4-PSK, 4-QAM	2	10,6	13,6	0,0
8-PSK	3	12,6	18,8	0,0
16-QAM	4	14,5	20,5	2,55
32-QAM	5	17,4	24,4	2,3

Tabel 2.5 Perbandingan Beberapa Teknik Modulasi berdasarkan kecepatan data

