

LINK BUDGET

Ref : Freeman

LINK BUDGET



Yang mempengaruhi perhitungan Link Budget adalah ...

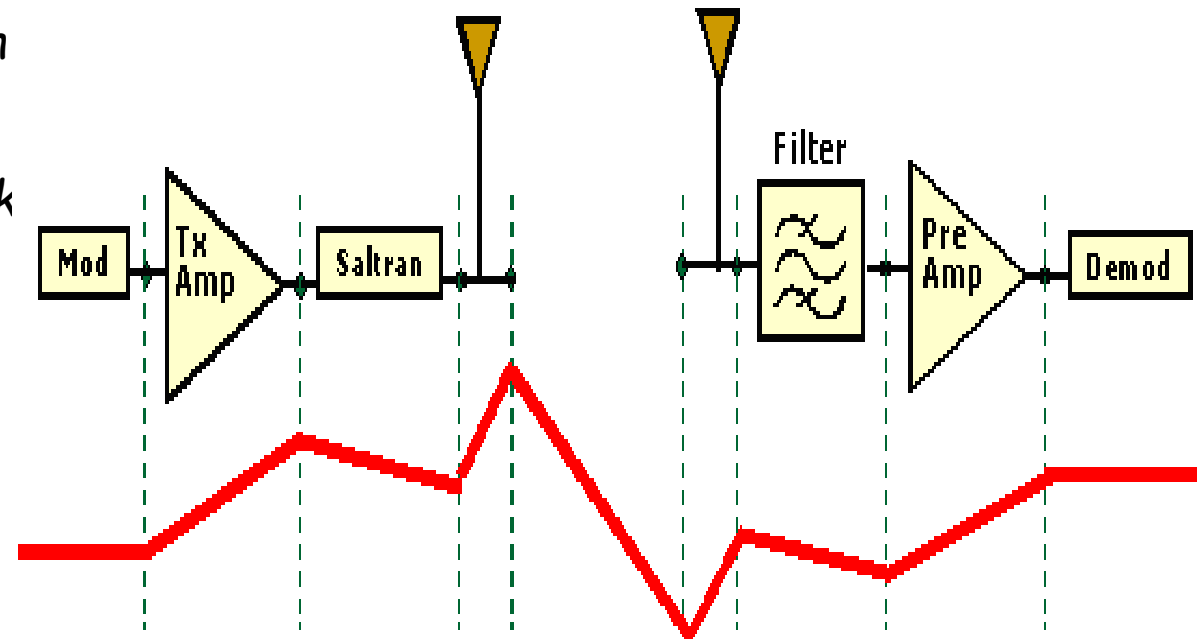
- Frekuensi operasi (operating frequency)
- Spektrum yang dialokasikan
- Keandalan (link reliability)
- Komponen-komponen fisik sistem
- Fading
- Perbedaan antara uplink dan downlink

LINK BUDGET

* Konsep Link Budget

“**Link Budget** adalah estimasi anggaran daya yang perlu diperhitungkan untuk memastikan bahwa level penerimaan \geq level daya threshold.”

“**Level daya threshold:** level daya minimum yang diperlukan oleh sistem penerima agar bekerja baik sesuai dengan kualitas yang dipersyaratkan”



Gambar Fluktuasi Daya Pada Tx dan Rx

DASAR LINK BUDGET

Untuk mencapai obyektif perencanaan di atas, dapat diikuti langkah-langkah berikut :

- Untuk memperoleh kualitas sinyal informasi yang telah dipilih (misal sinyal informasi : suara, BER 10^{-6}), dan dengan memperhatikan sistem modulasi yang telah dipilih sebelumnya, maka dihitung mundur dengan urutan sebagai berikut :

$$\text{BER} \rightarrow E_b/N_0 \rightarrow C/N \rightarrow \text{RSL}_{\text{min_utk_BER}} \rightarrow (\text{System Gain}) \rightarrow P_{\text{TX}}$$

- Untuk menjamin *path availability* terhadap pengaruh Fading, maka diterapkan cadangan daya (Fading Margin), sehingga

$$\text{RSL}_{\text{FM}} = \text{RSL}_{\text{BER}} + \text{Fading Margin}$$

LINK BUDGET

$$\text{System Gain} \geq FM + L_{fs} + L_{\text{atmosfer}} + L_{TX} + L_{RX} - G_{TX} - G_{RX}$$

FM adalah Fading Margin sesuai dengan reliability/availability objective system

L_{fs} adalah free space loss

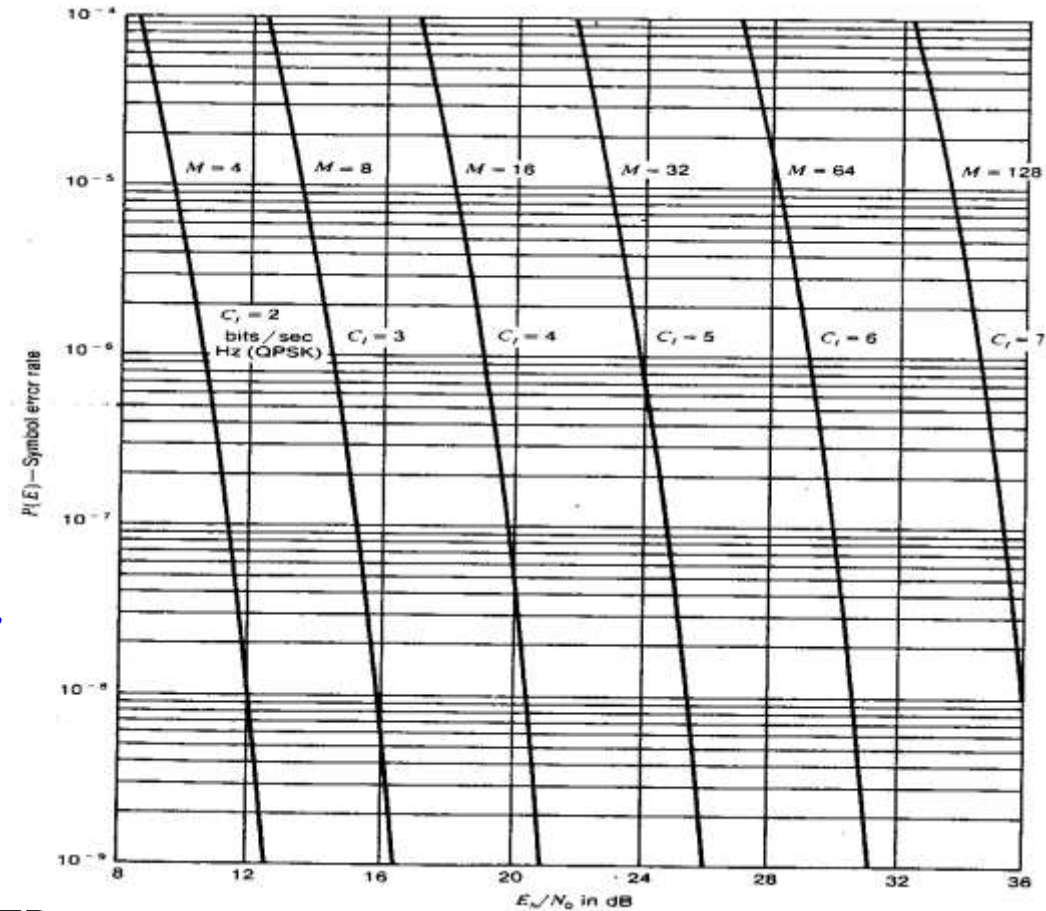
L_{atmosfer} adalah rugi-rugi hujan + gas + awan/kabut(optional)

L_{TX} , L_{RX} adalah rugi-rugi di TX dan RX, meliputi waveguide feeder loss/trans. Line & branching loss

G_{TX} , G_{RX} adalah Gain antenna di TX dan RX

Hubungan BER \rightarrow E_b/N_0 dipengaruhi oleh sistem Modulasi-nya

$$BER = \frac{1}{\log_2 M} \cdot SER$$



Grafik hubungan E_b/N_0 terhadap SER pada Modulator M-PSK

DASAR LINK BUDGET

Untuk kondisi multi-hop, maka BER yang harus dicapai sistem yang sedang dirancang adalah :

$$BER_{TOTAL} = \sum BER_{HOP}$$

Untuk multi media : $10^{-11} \leq BER_{HOP} \leq 10^{-9}$

$$P_{Rx \text{ dBm}} = P_{Tx \text{ dBm}} + G_{Tx, Rx \text{ dB}} - (L_{Tx \text{ dB}} + L_{Rx \text{ dB}}) - (L_{PROP \text{ dB}} + FM_{dB})$$

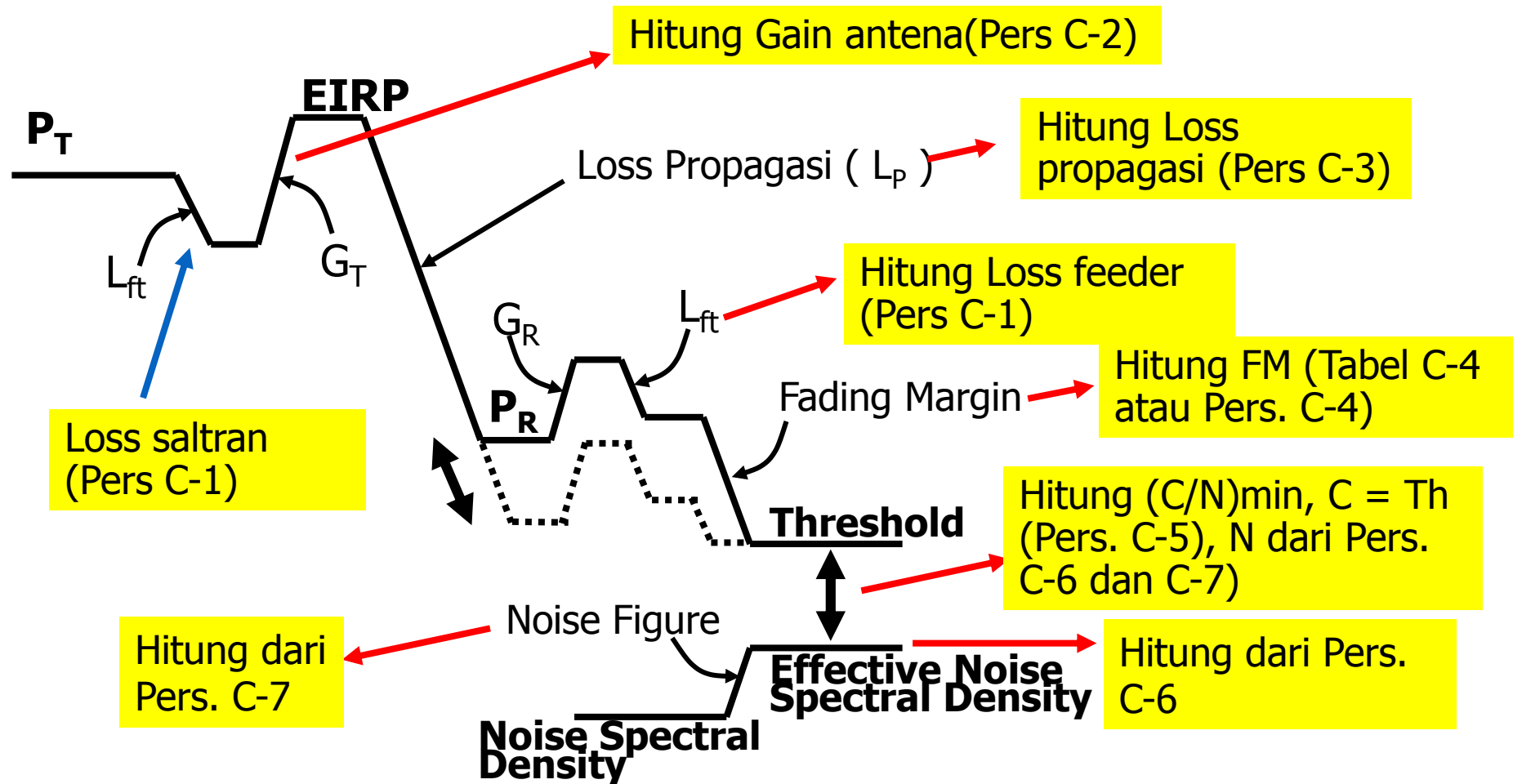
$$P_{Rx \text{ dBm}} = P_{Tx \text{ dBm}} - G_{System \text{ dB}}$$

$$G_{System \text{ dB}} = \underbrace{L_{Tx \text{ dB}} + L_{Rx \text{ dB}} - G_{Tx, Rx \text{ dB}}}_{\text{perangkat Tx-Rx}} + \underbrace{L_{PR \text{ dB}} + M_{dB}}_{\text{jenis propagasi}}$$

Teoritis

$$(E_b/N_o)_{dB} = P_{Rx \text{ dBm}} + 174_{dBm} - NF_{dB} + G_{Tot \text{ dB}} - 10 \log BW_{IF} + I_{md \text{ dB}}$$

Contoh Kasus



Saluran Transmisi

Atau **Feeder**, atau disingkat Sal-tran

Definisi: didefinisikan sebagai **alat untuk menyalurkan energi elektromagnet dari suatu titik ke titik lain**. Saluran transmisi dapat berupa kabel koaxial, kabel sejajar/twinlead, bumbung gelombang, optik, dan sebagainya

Sifat:

- Saluran transmisi ideal tidak meredam
- Umumnya saltran **meredam** , satuan konstanta redaman dalam **(dB/m)**

<u>Freq (GHz)</u>	<u>Type</u>	<u>Loss (dB/100m)</u>
1.8	Air-filled coax cable	5.4
7.4	Waveguide	4.7
8.0	Waveguide	6.5

$$L_f = \alpha L$$

α = konstanta redaman (dB/m)
L = panjang saltran (m)

Pers. C.1

Modulasi Digital

- BPSK : $R_b/BW = 1/(1 + \rho)$ (bps/hz) ; ρ = roll of factor filter
- QPSK : $R_b/BW = 2/(1+\rho)$ (bps/hz)
- M-PSK : $R_b/BW = \log M/(1+\rho)$ (bps/hz)

- PERFORMANSI BPSK :

$$P_e = BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right)$$

- PERFORMANSI QPSK :

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right)$$

$$P_e = SER = \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) = 2Q \sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}$$

Loss Propagasi

Lambang **LP**, satuan dalam **dB**

Definisi: rugi-rugi energi yang dialami gelombang EM ketika melewati udara (kanal propagasi)

Line of Sight Communication:

$$L_{fs} \text{ (dB)} = 32,5 + 20 \log f_{\text{(MHz)}} + 20 \log d_{\text{(km)}}$$

$$L_{fs} \text{ (dB)} = 92,45 + 20 \log f_{\text{(GHz)}} + 20 \log d_{\text{(km)}}$$

$$L_{fs} \text{ (dB)} = 36,5 + 20 \log f_{\text{(MHz)}} + 20 \log d_{\text{(mi)}}$$

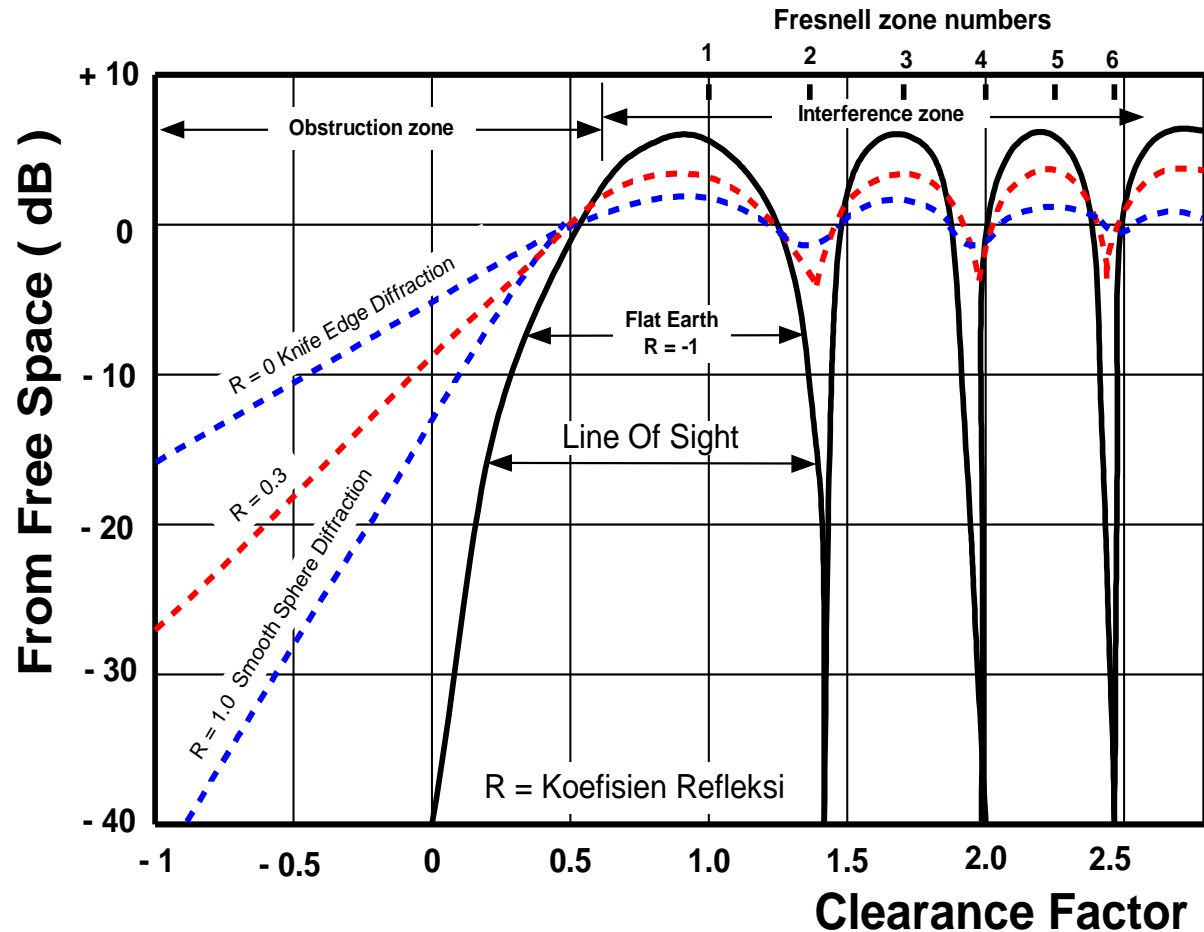
Pers. C.3

Fungsi dari jarak dan frekuensi

- Path loss akan berubah dari harga free space pathloss jika clearance factor $\neq 0,6$
- **Clearance Factor = 0,6 sangat disukai dalam desain** , karena $L_p = L_{fs}$ untuk jenis medium pemantul apapun

Loss Propagasi

Perubahan harga pathloss

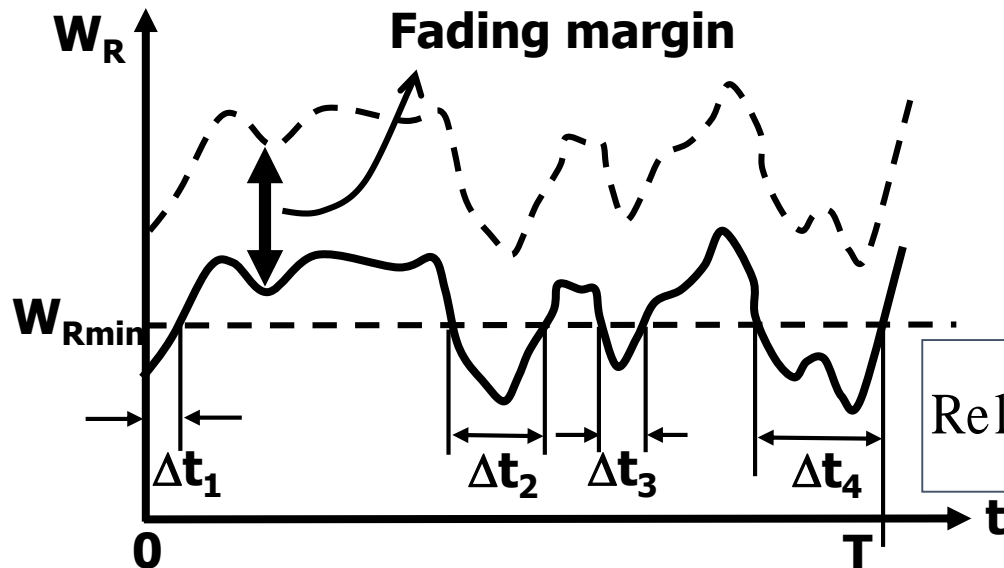
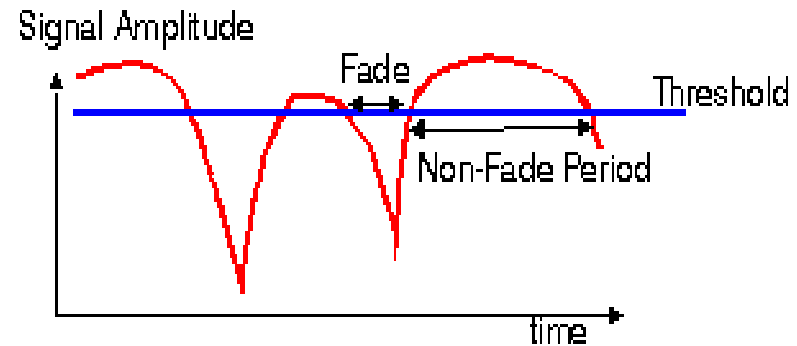


Sumber : Freeman, Roger L, " *Radio System Design For Telecommunications (1-100 GHz)* ", John Willey & Sons, 1987

Loss Propagasi

Fading Margin Lambang FM, satuan dalam dB

Definisi: margin yang diberikan, sedemikian daya terima selalu diatas level threshold. Fading itu sendiri berarti: fluktuasi daya di penerima



Fading margin berbanding lurus terhadap reliability link. Semakin besar FM, link semakin reliable

$$\text{Reliability} = \frac{T - (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4)}{T} \times 100\%$$

Contoh Kaitan antara Fading Margin dan Reliability

...

Salah satu contoh FM untuk komunikasi Line Of Sight

Fading Margin	Reliability
10 dB	90%
20 dB	99%
30 dB	99,9%
40 dB	99,99%

Tabel C-4

Sumber : Freeman, Roger L, " *Radio System Design For Telecommunications (1-100 GHz)*", John Willey & Sons, 1987

- **Probabilitas Outage,**

$$P_{\text{outage}} = 1 - \text{Reliability}$$

Contoh Lain Prediksi FM

Rumus Barnett-Vignant untuk menghitung fading margin microwave link stasioner (LOS terrestrial) ...

$$F_m = 30 \log_{10}(D) + 10 \log_{10}(6ABf) - 10 \log_{10}(1-R) - 70 \quad [\text{dB}]$$

D = distance (km)

f = frequency (GHz)

R = reliability expressed as a decimal (i.e. 99.9% = 0.999)

A = roughness factor (4 = smooth, 1 = avg, 0.25 = very rough)

B = v weather conversion factor (1 = worst - month case,

0.5 = hot humid areas, 0.25 = for average inland areas,

0.125 = very dry or mountainous areas)

Pers. C.4

Threshold

Lambang **Th**, satuan dalam **dBm / dBw**

Definisi: Level daya minimum yang diperlukan agar sistem penerima dapat bekerja dengan baik sesuai dengan QoS yang dipersyaratkan

$$Threshold = \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{\min} + 10 \log(\text{bit rate}) - 228,6 + 10 \log T_e \quad (\text{dBw})$$

Catatan:

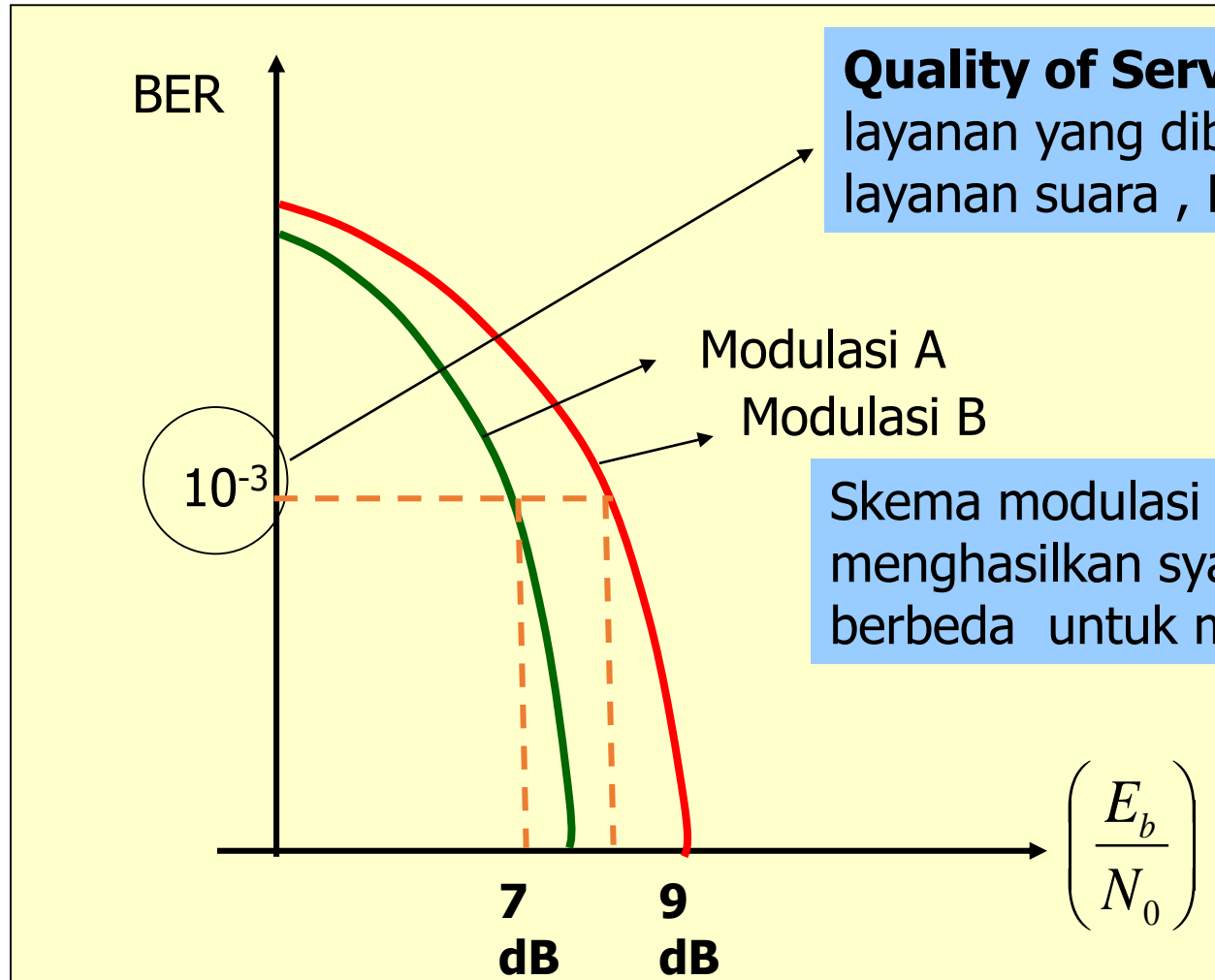
Pers. C.5

$\frac{E_b}{N_0}$ = energi per-bit per-hertz noise thermal

T_e = temperatur noise efektif dari sistem penerima

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$$

Adalah parameter kualitas transmisi sistem komunikasi digital, semakin besar E_b/N_0 maka kualitas transmisi semakin baik



Quality of Service , QoS, untuk layanan yang diberikan , contoh : layanan suara , BERminimum = 10^{-3}

Skema modulasi yang berbeda menghasilkan syarat (E_b/N_0) minimum yang berbeda untuk mendapatkan BER yg sama

Daya Noise Receiver

$$N_{(dBW)} = -204_{(dBW)} + NF_{(dB)} + 10 \log BW_{(Hz)}$$

Pers. C.6

Sumber: Freeman, Roger, "*Telecommunication Transmission Handbook*", John Willey & Sons, 1991

Konversi dari dBm ke dBW...

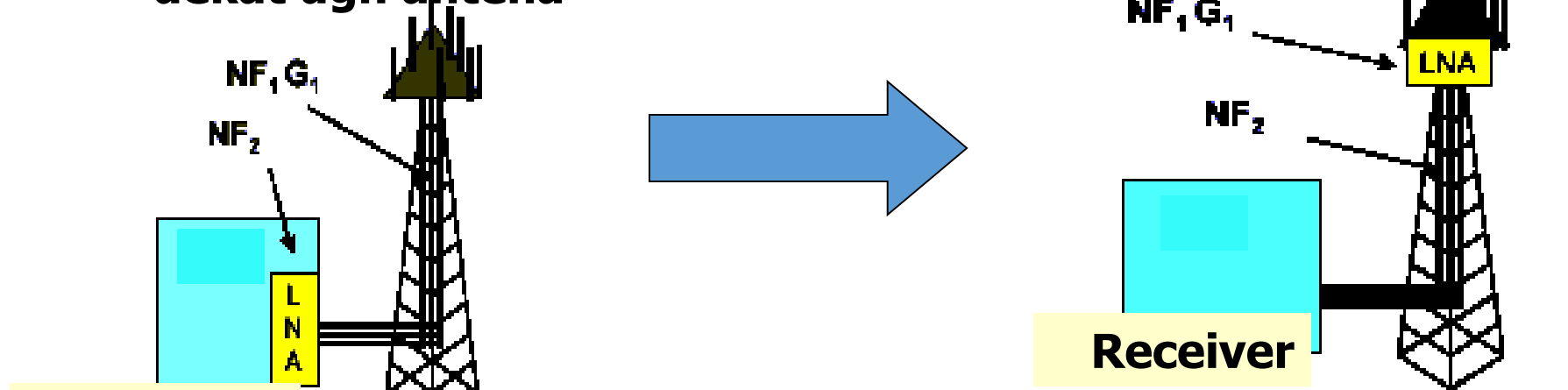
$$(dBm) = (dBW) + 30$$

$$NF = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} \dots dst$$

Pers. C.7

Daya Noise Receiver

Perangkat dgn noise figure terendah dipasang paling dekat dgn antenna



Receiver

• **With a Cabinet Mounted LNA:**

- $NF_1 = 3.03 \text{ dB} = 2$
- $NF_2 = 2 \text{ dB} = 1.58$
- $G_1 = -3.03 \text{ dB} = 0.5$

$$NF_{\text{Total}} = 10 \cdot \log \{2 + \frac{(1.58 - 1)}{0.5}\}$$

$$= 4.99 \text{ dB}$$

• **With a Tower Mounted LNA:**

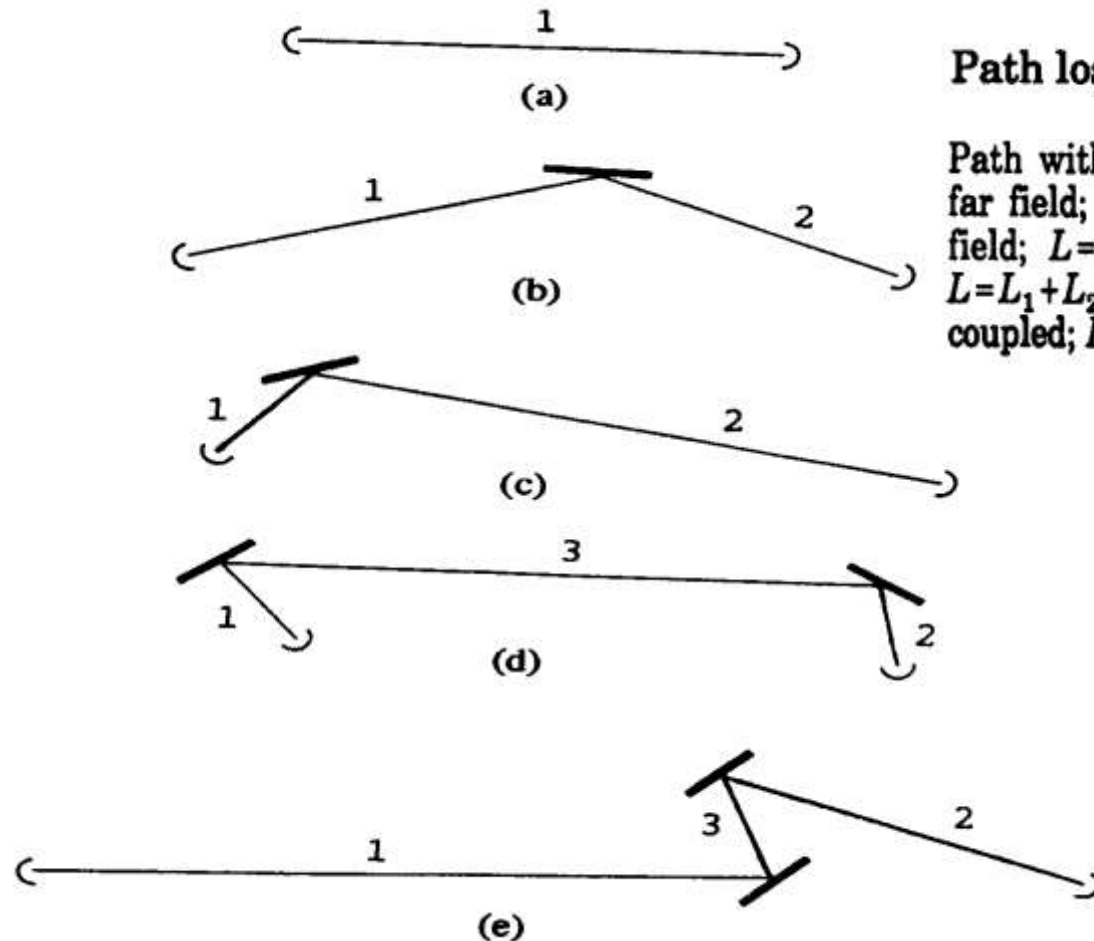
- $NF_1 = 2 \text{ dB} = 1.58$
- $NF_2 = 3.03 \text{ dB} = 2$
- $G_1 = 12 \text{ dB} = 15.85$

$$NF_{\text{Total}} = 10 \cdot \log \{1.58 + \frac{(2 - 1)}{15.85}\}$$

$$= 2.15 \text{ dB}$$

Sensitivitas lebih baik !!

Perhitungan Kebutuhan Daya dengan Repeater Pasif



Path loss comparison for passive reflectors. (a)

Path with no passive; $L=L_1-G_t-G_r$ (b) Single passive, far field; $L=L_1+L_2-G_t-G_p-G_r$ (c) Single passive, near field; $L=L_2-G_t-G_r-\alpha_n$. (d) Double passive, far field; $L=L_1+L_2+L_3-G_t-G_{pa}-G_{pb}-G_r$. (e) Double passive, close coupled; $L=L_1+L_2-G_t-G_{pa}-\alpha_c-G_r$

Perhitungan Kebutuhan Daya dengan Repeater Pasif

- **GAIN ANTENA PADA REPEATER PASIF**

Penerapan repeater pasif akan berpengaruh pada perhitungan *path loss*, dimana repeater dapat terletak dalam *near field* atau *far field*.

Didefinisikan sebagai *near field* jika jarak antenna ke suatu titik $\leq r$:

dimana
$$r = \frac{2 \cdot \text{Dimensi_antena}^2}{\lambda}$$

- *Dimensi_antena* : diameter dari *circular reflector* atau panjang sisi dari *square reflector*.

- λ : panjang gelombang dalam satuan yang sama

- dengan *Dimensi_antena*

Perhitungan Kebutuhan Daya dengan Repeater Pasif

- $G_{\text{reflector_2parabolic}} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi A \eta}{\lambda^2} \right)^2 \text{ dB}$
- $G_{\text{reflector_1plane}} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi A \eta}{\lambda^2} \right) \text{ dB}$

dimana : $A = A_{\text{geo}} \cos \frac{\gamma}{2}$

A : luas _ efektif _ antenna

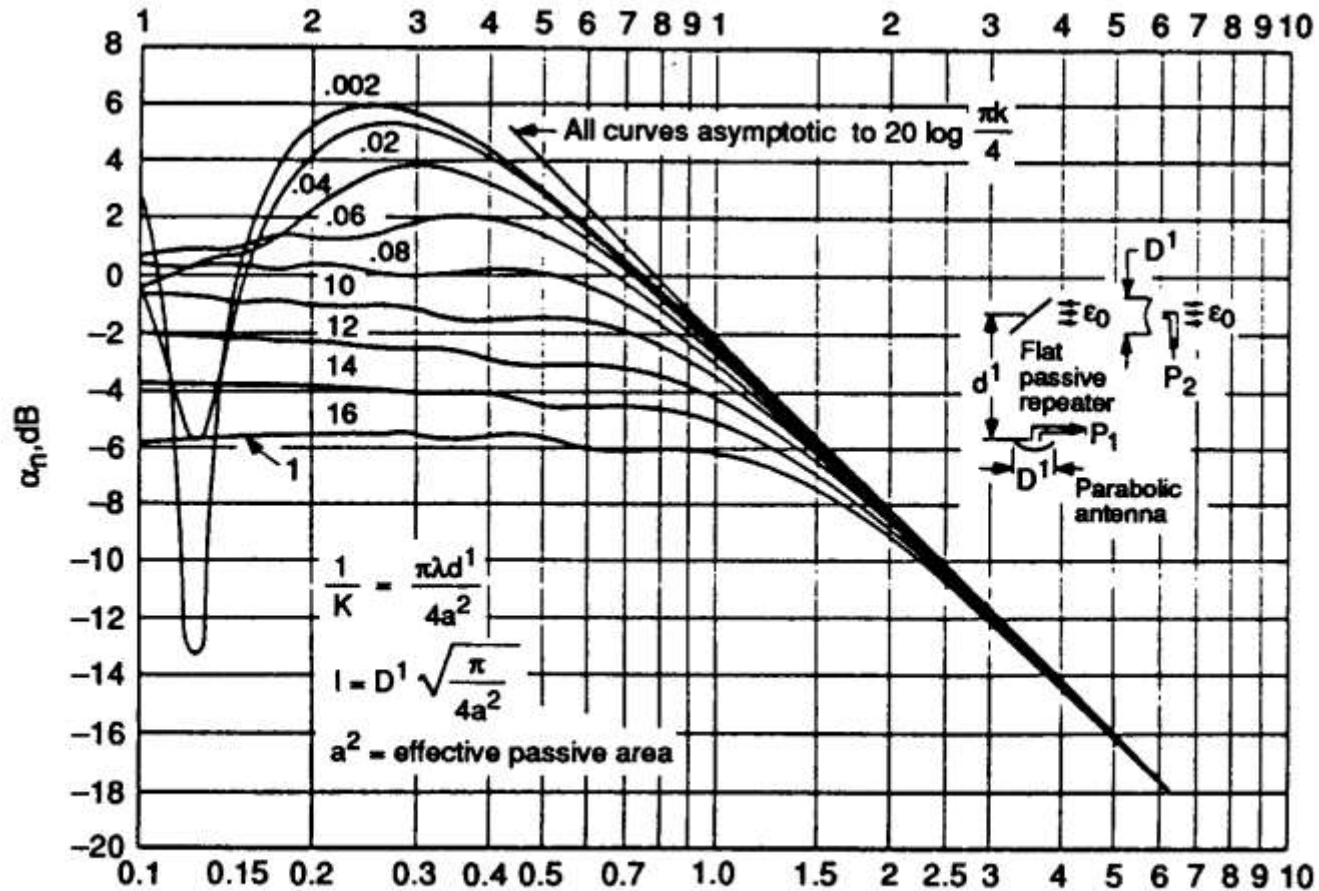
λ : panjang _ gelombang

γ : deflection _ angle

η : efisiensi

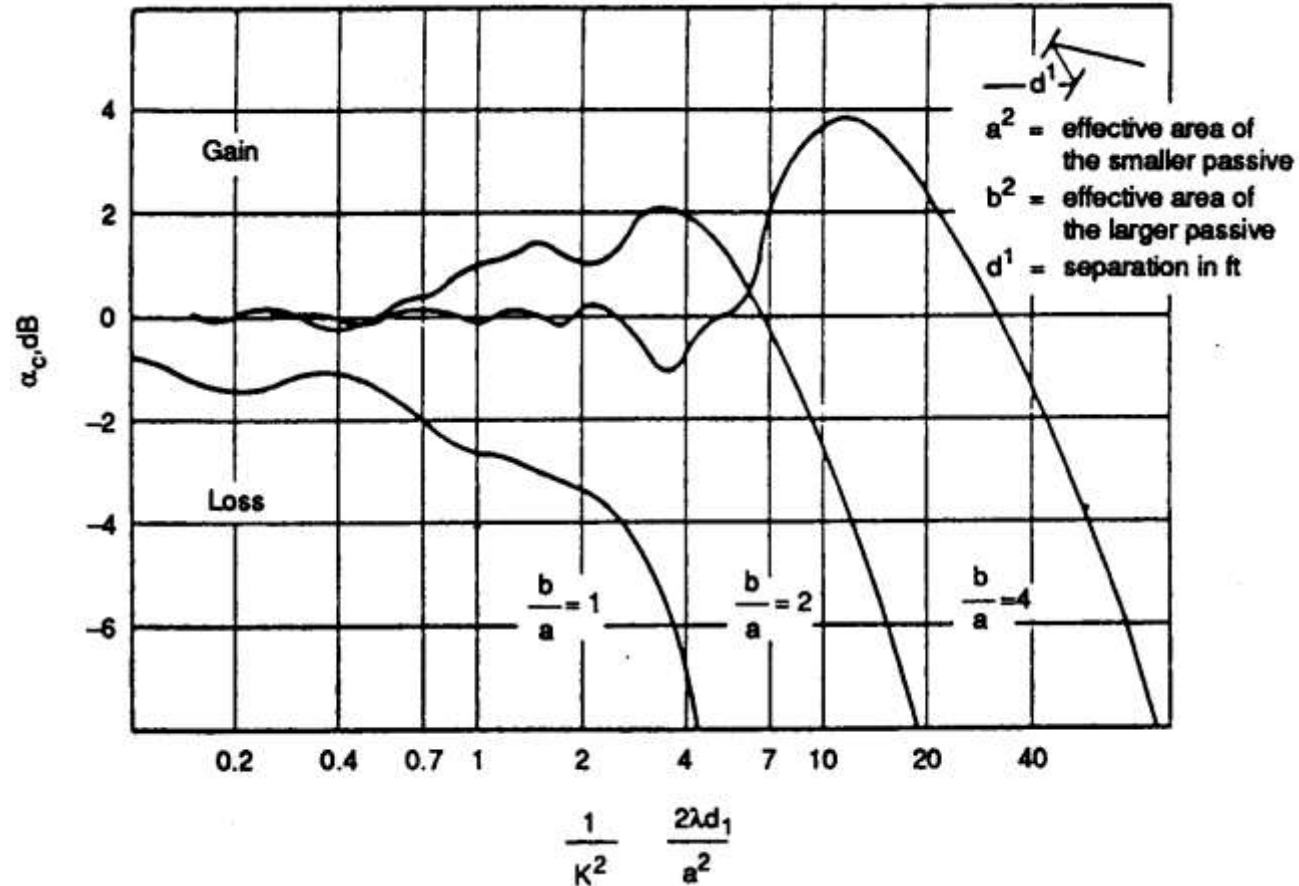
A_{geo} = luas _ geometri _ antenna
 untuk _ plane : panjang x lebar
 untuk _ parabolic : $\frac{\pi \cdot \text{Diameter}^2}{4}$

Perhitungan Kebutuhan Daya dengan Repeater Pasif



Antenna-reflector efficiency curves.

Perhitungan Kebutuhan Daya dengan Repeater Pasif



A closely coupled double passive reflector.