

Majalah LAPAN

No. 48-Tahun ke XIII Bulan April, Mei, Juni 1988

ISSN 0126 - 0 80

- ANALISIS ANGKA MERIT SISTEM PENERIMA SATELIT SIARAN LANGSUNG 12 GHz
Achmadi Surjo
- SEL SURYA SEBAGAI KOMPONEN ENERGI SATELIT DAN MASALAHNYA
Sanusi Tanoemihardja
- APLIKASI SUHU PERMUKAAN LAUT DARI DATA SATELIT NOAA TERHADAP DAERAH PENANGKAPAN IKAN CAKALANG DI PERAIRAN MALUKU TENGAH
Adele Fransisca Nanere
- METODA NERACA AIR DAN APLIKASINYA UNTUK PENDUGAAN KEKERINGAN DENGAN DATA SATELIT
Erna Sri Adiningsih, Sumardjo
- KERUGIAN PADA KONTROL EKOR ROKET AKIBAT VORTEKS
Salam Ginting



48
III
1988



DITERBITKAN OLEH :

LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
JL. PEMUDA, PERSIL No. 1, JAKARTA 13220 INDONESIA

ANALISIS ANGKA MERIT SISTEM PENERIMA SATELIT SIARAN LANGSUNG 12 GHz

ACHMADI SURJO *)

ABSTRACT

Figure of merit is one important parameter in the receiving system of satellite communication. This paper will relate the figure of merit of the direct broadcast ground stations operating at 12 GHz., to other parameters, such as antenna gain, noise figure of the input stage, antenna temperature and coupling and pointing losses, as well as the EIRP of the satellite. Further more, relation between the cost of a receiving set for massive scale production and figure of merit will be established.

ABSTRAK

Angka merit adalah salah satu parameter yang sangat penting dalam sistem penerima komunikasi satelit. Dalam makalah ini, angka merit untuk sistem penerima satelit siaran langsung 12 GHz akan dilihat hubungannya dengan parameter yang lain, di antaranya, faktor derau penerima, temperatur antena, rugi-rugi kopling dan juga dengan daya pancar efektif satelit. Selanjutnya hubungan harga per unit untuk produksi masal sistem penerima 12 GHz dengan angka meritnya akan diberikan.

1. PENDAHULUAN

Satu diantara berapa macam pertimbangan direalisasikannya penggunaan sistem satelit siaran

*) Staf Peneliti Bidang Telekomunikasi Teledifusi
Antariksa, Pusfatsa, LAPAN.

langsung (SSL) adalah bahwa peralatan penerima di bumi harus dapat terjangkau pemilikannya oleh masyarakat luas. Syaratnya adalah bahwa peralatannya harus sederhana dalam arti mudah mengoperasikan, mudah perawatan dan harganya relatif murah. Namun demikian tidak dikesampingkan tentang kualitas peralatan yang cukup memadai serta keandalannya dapat dijamin.

Dalam sistem komunikasi antariksa ada suatu pedoman yang dapat dipegang, bahwa bila transponder suatu satelit komunikasi mempunyai daya pancar yang besar dan sensitivitas yang cukup tinggi, maka peralatan di ruas bumi akan sederhana. Sehingga ada hubungan yang erat antara sistem yang ada di ruas antariksa dengan sistem yang ada di ruas bumi. Demikian pula berlaku untuk program siaran TV dengan menggunakan sistem satelit siaran langsung (SSL).

Parameter yang menentukan tingkat kesederhanaan sistem penerima di bumi adalah angka merit (figure of merit) yang dilambangkan dengan G/T . Makin besar nilai angka merit suatu penerima, maka peralatan mempunyai teknologi yang makin canggih dan rumit, sehingga tingkat harganya relatif akan besar.

Atas kesepakatan WARC (World Administration Radio Conference) telah direncanakan bahwa untuk menerima individu 12 GHz besar G/T adalah 6 dB/K dan untuk penerima televisi kelompok adalah 14 dB/K [1]. Dengan sendirinya, besar daya pancar satelit yang dikehendaki tergantung dari besarnya parameter G/T penerima-penerima tersebut yang tentunya dikaitkan dengan tingkat kualitas sinyal televisi (S/N) yang ingin dicapai.

Dalam makalah ini hanya akan dibahas hubungan G/T, berdasarkan studi literatur untuk penerima 12 GHz, dengan beberapa parameter sistem peralatannya sendiri.

2. SISTEM PENERIMA (STASIUN BUMI) DAN ANGKA MERIT

2.1. Terminal Penerima TV 12 GHz

Sebuah terminal penerima dibagi menjadi dua bagian utama, yakni bagian di luar gedung yang terdiri dari sistem antena dan penerima derau rendah dan bagian dalam gedung yang terdiri dari tahap frekuensi menengah (IF), pemilih program dan monitor TV atau penerima TV (TV set).

Penerima derau rendah menggunakan LNB (low noise block) yang dipasang pada atau dekat fokus antena terdiri dari penguat (derau rendah) disertai dengan penguat turun pertama dari daerah frekuensi 12 GHz menjadi kira-kira 800 sampai 1500 MHz.

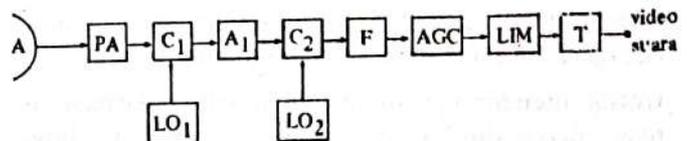
Dengan menggunakan kabel koaksial, keluaran LNB tersebut diumpangkan ke penerima satelit yang terletak di dalam gedung. Pemilihan kabel koaksial sedemikian sehingga rugi-rugi atenuasinya tidak lebih dari 0,35 dB/m dan harus mempunyai persyaratan mekanis tertentu. Panjang kabel disyaratkan tidak lebih dari 30 meter [2].

Di dalam penerima satelit terjadi penguat turun ke dua (dengan lokal osilator) dan lebar kanal yang dipilih antara 18 MHz sampai 27 MHz. Penguat turun ke dua, dapat diganti dengan PLL (phase locked loop) untuk mendapatkan kanal televisi tersebut di proses ke sinyal daerah frekuensi dasar antara lain dengan demodulator.

Untuk memperoleh gambar dan suara, sinyal selanjutnya diumpangkan ke monitor TV. Bila akan

digunakan TV-set untuk memperoleh gambar dan suaranya, sinyal daerah frekuensi dasar tersebut dimodulasi kembali dengan demodulator pada kanal televisi biasa [3, 4].

Contoh diagram blok terminal penerima yang dikembangkan oleh NHK (Japan Broadcasting Corporation) [3], untuk frekuensi 12 GHz seperti pada Gambar 1, yang dipersiapkan untuk program BS-2 (Broadcasting Satellite - 2).



- A : Antena parabola;
- PA : Prapenguat;
- C₁ : Pencampur pertama pengubah turun SHF;
- A₁ : Penguat IF pertama;
- C₂ : Pencampur ke dua;
- F : Filter IF ke dua;
- AGC : Rangkaian pengendali gain otomatis;
- LIM : Pembatas;
- T : Rangkaian pengolah sinyal;

Gambar 1. CONTOH DIAGRAM BLOK PENERIMA RUMAH 12 GHz

2.2. Karakteristik Peralatan Penerima

Untuk menentukan spesifikasi karakteristik keseluruhan peralatan penerima dapat dilakukan dengan menggunakan parameter angka merit (figure of merit), G/T.

Keuntungan penggunaan parameter G/T untuk suatu penerima, yakni memudahkan dalam menentukan spesifikasi secara terpisah unjuk kerja (performance) untuk berbagai macam bagian instalasinya.

Dari bagian-bagian penerima yang sangat menentukan parameter angka merit adalah, parameter-parameter yang terdapat di bagian antena dan penguat turun derau rendah [3], atau tahap masukan [4], atau disebut juga elektronika bagian luar [2]. Parameter tersebut antara lain berupa gain antena, rugi-rugi kopling, rugi-rugi polarisasi, temperatur antena, faktor derau (noise figure) tahap masukan. Selain itu ada yang menyarankan agar faktor umur peralatan dimasukkan juga sebagai parameter yang menentukan angka meritnya [4].

2.3. Sistem Antena [4].

Bentuk antena penerima yang digunakan untuk 12 GHz, yaitu reflektor parabola dengan diameter kira-kira 0,75 sampai satu meter. Diameter reflektor yang lebih besar biasanya digunakan untuk penerima sistem kelompok. Penentuan diameter dan peralatan "feed"-nya dapat tergantung dari segi ekonomi, karena untuk penentuan G/T, gain antena yang lebih rendah memerlukan temperatur derau peralatan penerima yang lebih rendah pula. Antena dapat dibuat dari aluminium atau 'epoxy fiberglass' atau campuran bahan-bahan lain.

Untuk mengurangi adanya pengaruh polarisasi sinyal, maka dipilih sistem dengan polarisasi lingkaran, meskipun teknologinya lebih rumit daripada sistem linear.

Pemilihan susunan "feed" dapat juga mempengaruhi besar rugi-rugi feeder. Untuk memperkecil rugi-rugi pada 12 GHz lebih disukai peletakan tahap masukan dekat atau pada fokus antena. Untuk itu dapat digunakan "dual reflector" atau "offset antenna" guna memperoleh efisiensi yang lebih besar (65-75%) dan rugi-rugi pencatu yang rendah. Peralatan penyangga (mount) harus memungkinkan peletakan reflektor yang mencakup sudut 360° dengan sudut elevasi minimum antara 10° sampai 70°.

2.4. Pengubah Turun Derau Rendah [4]

Pengubah turun derau rendah atau tahap masukan termasuk bagian yang dapat terdiri atas penguat SHF, osilator lokal, mixer, dan lain-lain.

Komponen aktif yang digunakan pada tahap masukan misalnya FET khusus (Perancis) dan GaAsFET (Jepang).

Faktor derau pada tahap masukan ini sangat tergantung dari frekuensi, lebar daerah frekuensi dan lain-lain, dan tentunya tingkat kemajuan teknologi yang telah dicapai. Misalnya untuk tahap masukan 12 GHz, faktor derau (noise figure) keseluruhan yang dicapai adalah 3,6 dB pada daerah penalaan (tuning) 400 MHz.

Di Jepang dengan eksperimen BSE (Medium-Scale Broadcasting Satellite for Experimental Purpose) telah mampu dibuat tahap masukan dengan faktor derau kira-kira 4 dB pada daerah penalaan (lebar daerah frekuensi) lebih dari 800MHz. Sedangkan

untuk daerah penalaan antara 300 sampai 500 MHz yang menggunakan pengubah langsung diperoleh faktor derau antara 3,4 sampai 3,6 dB. Untuk produksi terbaru, telah dipasarkan LNB dengan faktor derau 2 dB pada daerah penalaan kira-kira 500 MHz yang diproduksi oleh Panasonic Jepang.

Kemajuan serupa telah dicapai pada penerima untuk 12 GHz di Amerika Serikat, Kanada dan juga di Eropa.

Di Jepang telah dilakukan pengukuran faktor derau untuk sekitar 100 buah penerima 12 GHz pada eksperimen BSE, dan hasil yang dicapai, pada nilai awal rata-rata adalah 4,1 dB dengan deviasi $\pm 0,25$ dB dan degradasi selama dua tahun adalah 0,15 dB.

3. ANALISIS ANGKA MERIT SISTEM PENERIMA SSL 12 GHZ

3.1. Persamaan Angka Merit

Secara umum angka merit, G/T suatu terminal penerima di bumi dapat dicari hubungannya dengan daya pancar isotropik efektif (EIRP) dari satelit yang ditinjau, seperti pada Persamaan (1) [4],

$$C/N = EIRP - L + G/T - k - B \dots\dots\dots (1)$$

dengan ketentuan :

- C/N : rasio pembawa terhadap derau
- L : rugi-rugi antariksa (free space loss)
- k : konstanta Boltzmann's
- B : lebar daerah frekuensi penerima

Parameter C/N dianggap sebanding dengan S/N untuk nilai di atas ambang (threshold). Tentunya ini sangat tergantung pada sistem yang diterapkan dan juga pabrik pembuat penerimanya.

Bila parameter L, k, B, seperti terlihat Pers (1), sudah tertentu nilainya, maka dengan mengatur besarnya jumlah EIRP satelit dan G/T penerima di bumi pada nilai dB tertentu, maka kualitas penerima, yang ditentukan oleh C/N, akan tertentu pula. Bila dikehendaki kualitas penerima yang sangat baik, maka penjumlahan tersebut harus cukup besar (memadai) untuk mendapatkan C/N jauh di atas harga ambangnya.

Parameter G/T dari Persamaan (1) dapat dicari dari definisi seperti pada Persamaan (2) [4],

$$G/T = \frac{\alpha \delta Gr}{\alpha T_a + (1 - \alpha) T_o + (n-1) T_o} \dots\dots\dots (2)$$

di mana :

- α : rugi-rugi kopling total, dijelaskan dengan perbandingan daya;
- β : rugi-rugi total karena kesalahan pointing, efek polarisasi dan lain-lain,
- Gr : gain efektif antenna penerima, dengan memperhitungkan efisiensi,
- Ta : temperatur derau efektif antenna, pada umumnya diambil lebih rendah dari 150 K;
- To : Temperatur lingkungan, misalnya 290 K atau 293 K;
- n : faktor derau (noise figure) keseluruhan penerima, dijelaskan sebagai rasio daya.

Faktor derau n yang dipakai adalah harga maksimum, yakni pada saat sistem SSL memulai pelayanan.

3.2. Gain Antena

Dalam analisisnya, besar gain antenna penerima dipilih dengan efisiensi sekitar 50 sampai 55% dan dengan persamaan [5]:

$$Gr = \left(\frac{\pi D}{\lambda}\right)^2 \eta \dots \dots \dots (3)$$

di mana :

- D : diameter antenna (m);
- λ : panjang gelombang pembawa yang ditinjau (m) (3×10^8 (m/det)/f (Hz));
- η : efisiensi antenna.

Dalam satuan dB, gain antenna dapat ditulis :

$$Gr \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{\pi D}{\lambda}\right) + 10 \log \eta \dots \dots \dots (4)$$

atau,

$$Gr \text{ (dB)} = 20,4 + 20 \log D_{(m)} + 20 \log f_{(GHz)} + 10 \log \eta \dots \dots \dots (5)$$

Untuk $\eta = 50\%$, maka gain antenna dapat ditulis dengan rumus.,

$$Gr \text{ (dB)} = 17,39 + 20 \log D_{(m)} + 20 \log f_{(GHz)} \dots \dots \dots (6)$$

3.3. Faktor Derau

Dari Persamaan (2) terlihat faktor derau sistem penerima adalah salah satu diantara beberapa parameter yang menentukan besar G/T. Besar faktor derau sangat ditentukan oleh tingkat kemajuan teknologi yang dicapai oleh pabrik pembuatnya. Kualitas penerima yang baik adalah penerima dengan faktor derau rendah.

Faktor derau secara konvensional didefinisikan dengan persamaan [5] :

$$n = 1 + \frac{T_e}{T_o} \dots \dots \dots (7)$$

atau,

$$n \text{ (dB)} = 10 \log \left(1 + \frac{T_e}{T_o}\right) \dots \dots \dots (8)$$

di mana

- Te : temperatur derau ekuivalen (K) sistem penerima
- To : temperatur lingkungan (environment) dan dipilih 290 K atau 293 K.

Hubungan antara temperatur derau ekuivalen dengan faktor derau untuk To = 290 K diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. HUBUNGAN ANTARA FAKTOR DERAU DAN TEMPERATUR DERAU Te DENGAN To = 290 K, DARI PERS (1) DAN (8).

| Faktor Derau n | | Temperatur Derau Ekuivalen Te (K) |
|----------------|---------------|-----------------------------------|
| n | 10 log n (dB) | |
| 1,50 | 1,76 | 145,0 |
| 1,60 | 2,04 | 174,0 |
| 1,70 | 2,30 | 203,0 |
| 1,80 | 2,55 | 232,0 |
| 1,90 | 2,78 | 261,0 |
| 2,00 | 3,01 | 290,0 |
| 2,50 | 3,98 | 435,0 |
| 3,00 | 4,77 | 580,0 |
| 3,50 | 5,44 | 725,0 |

3.4. Perhitungan Angka Merit

Untuk melakukan perhitungan angka merit (G/T) suatu penerima satelit siaran langsung 12 GHz, digunakan Persamaan (2) dengan parameter-parameter diasumsikan sebagai berikut [4] :

- a. diameter antenna, D = 1 meter
- b. efisiensi antenna, = 0,5
- c. rugi-rugi kopling = 0,5 dB
- d. rugi-rugi pointing dan polarisasi = 1 dB
- e. degradasi umur tua peralatan = 1 dB
- f. temperatur derau antenna, Ta = 150 K
- g. faktor derau, n = 2,51

Dipilih faktor derau, n = 2,51 atau 4 dB berdasarkan kemajuan teknologi yang telah dicapai sampai

pada saat ini. Seperti yang tercantum dalam Tabel 2, maka hasil perhitungan angka merit, G/T adalah 8,4 dB/K.

Bila rugi-rugi kopling dan polarisasi serta degradasi umur (ageing) tidak dimasukkan, maka angka merit akan naik dua dB dari perhitungan tersebut, seperti terlihat pada Tabel 2.

3.5. Hubungan Antara Temperatur Antena Dengan Angka Merit

Dengan menggunakan asumsi di atas dan Tabel 2, serta mengganti T_a antara 25 K sampai dengan 150 K, besar G/T dapat dilihat dalam Tabel 3 dan kurva pada Gambar 2. Dari Tabel 3 terlihat bahwa selisih angka merit maksimum antara 25 K sampai 150 K adalah kurang dari satu dB. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa, untuk T_a antara 25 - 150 K, pengaruh T_a terhadap G/T cukup kecil.

Tabel 2. PERHITUNGAN ANGKA MERIT 1)

| | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------------|----------------------|
| Gain antena penerima $\theta = 1 \text{ m}$, efisiensi 50% $G_r^{2)}$ | (dB) | | | 38,7 | |
| Rugi-rugi kopling α | (dB) | | | - 0,5 | |
| Rugi-rugi pointing dan polarisasi | } β (dB) | | | - 1,0 | |
| Degradasi umur | | | | - 1,0 | |
| Net Gain, $G (\alpha \beta G_r)$ | (dB) | | | <u>36,2</u> | 36,2 |
| Temperatur antena, $T_a^{3)}$ | (K) | 150 | | | |
| Rugi-rugi kopling, T_a ditinjau dari masukan, (αT_a) | (K) | 0,891 | 133,7 | | |
| Temperatur referensi, T_o $(1 - \alpha)$ | (K) | 290 | | | |
| Temperatur derau kopling, $((1 - \alpha)T_o)$ | (K) | 0,109 | | | 31,6 |
| T_o | (K) | 290 | | | |
| Faktor derau penerima (2,51) dikurangi 1, $(n - 1)$ | | 1,51 | | | |
| Temperatur derau penerima, $((n - 1) T_o)$ | (K) | | 438,0 | | |
| Temperatur derau efektif total, T $- 10 \log T$ | | | 603,0 | | |
| Angka merit, $G/T^4)$ | | | | | <u>- 27,8</u> 8,4 |

1) Diambil dari CCIR, Recommendations And Reports of The CCIR, 1982, Volumes X And XI - Part 2, Geneva, 1982, Hal. 45.

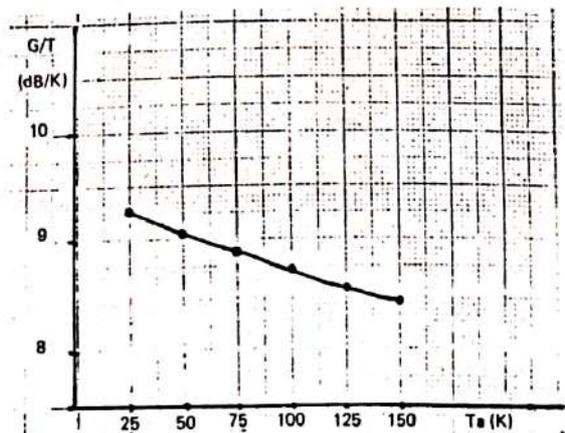
2) Dihitung pada frekuensi 11,7 GHz.

3) Termasuk kontribusi derau karena atenuasi atmosfer 1,1 dB untuk Wilayah Eropa pada daerah sudut elevasi, 20° sampai 45° .

4) Dalam contoh ini, nilai G/T akan menjadi 2 dB/K lebih tinggi bila faktor β tidak dimasukkan dalam persamaan definisi, G/T.

Tabel 3. HUBUNGAN ANTARA T_a (K) DENGAN (G/T)

| Temperatur Antena, T_a (K) | Angka Merit, G/T dB/K |
|------------------------------|-----------------------|
| 25 | 9,28 |
| 50 | 9,09 |
| 75 | 8,90 |
| 100 | 8,73 |
| 125 | 8,56 |
| 150 | 8,40 |



Gambar 2. KURVA G/T TERHADAP T_a .

3.6. Hubungan Antara Angka Merit Dan Faktor Derau

Dengan mengubah-ubah parameter faktor derau atau noise figure, kita dapat mencari hubungan antara angka merit dengan faktor derau. Untuk itu ditentukan terlebih dahulu parameter-parameter lain dengan cara mendapatkan asumsi.

Kita ambil asumsi untuk nilai parameter-parameternya sama dengan yang tertera dalam Bagian 3.4., kecuali untuk nilai faktor derau. Faktor derau diambil dari 2 sampai 3,5 (lihat Tabel 1), dan hubungan antara faktor derau n , angka merit G/T, dan temperatur derau ekuivalen penerima T_e dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. HUBUNGAN ANTARA FAKTOR DERAU (n) ANGKA MERIT (G/T) DAN TEMPERATUR DERAU EKIVALEN PENERIMA (T_e)

| Faktor Derau n | n_{dB} | Angka Merit | |
|---------------------|----------|-------------|--------------------------------------|
| | | G/T (dB/K) | Temperatur Derau Ekuivalen T_e (K) |
| 2,0 | 3,01 | 9,62 | 290,0 |
| 2,5 | 3,98 | 8,42 | 435,0 |
| 3,0 | 4,77 | 7,48 | 580,0 |
| 3,5 | 5,44 | 6,70 | 725,0 |

Dari Tabel 4, terlihat bahwa perbesaran faktor derau dari 3,01 dB ke 4,77 (membesar 1,76 dB), menyebabkan penurunan angka merit lebih dari 2 dB. Demikian pula pembesaran dari 3,01 dB ke 5,44 dB (membesar 2,43 dB), menyebabkan penurunan angka merit mendekati 3 dB. Sehingga untuk penerima individu (lihat Pendahuluan), faktor derau maksimum adalah sekitar 5,44 dB.

3.7. Korelasi Antara EIRP Satelit Dengan Angka Merit Terminal di Bumi

Hubungan antara daya pancar isotropik efektif (EIRP) satelit dengan angka merit (G/T) stasion bumi penerima telah dituliskan pada Persamaan (1), dan lintasan gelombangnya terlihat pada Gambar 3. Dengan mengubah Persamaan (1) menjadi Persamaan (9) kita dapat melakukan perhitungan C/N untuk penerima di Rancabungur (RB), terhadap rencana satelit siaran langsung (SSL) untuk Indonesia di lokasi orbit 80 Bujur Timur (BT) atas dasar alokasi WARC - 1977.

Lokasi RB adalah 106°43' BT dan 6°32'30" Lintang Selatan (LS). Atas dasar "SIKOM PROGRAM-ME" oleh Dr. Lohle dan Mr. Toussaint [6] untuk SSL Indonesia, lokasi RB terletak kira-kira pada garis batas "foot print" yang berbentuk elips dari satelit tersebut di atas seperti pada Gambar 4.

Dengan demikian, atas dasar 'foot print' tersebut, dan faktor redaman hujan serta rugi-rugi lain, maka Persamaan (1) dapat dimodifikasikan sebagai Persamaan (9)., [4].

$$C/N = EIRP - L + G/T - k - B - CAEF - RAM - OL \dots\dots\dots (9)$$

dengan ketentuan :

CAEF : "Coverage Area Edge factor" (faktor batas luasan liputan) yang besarnya adalah 3 dB (kontur setengah daya).

RAM : "Rain Attenuation Margin" (margin redaman hujan) diasumsikan 2 dB (99% bulan rata-rata terburuk setahun).

OL : Rugi-rugi lain ("other loss"), diambil 0,6 dB.

Dalam analisis ini dimisalkan besar C/N dipilih 14 dB untuk mendapatkan rasio sinyal terhadap derau S/N kira-kira 45 dB yang dalam hal ini sangat tergantung dari sistem serta pabrik pembuatnya.

Lebar daerah frekuensi sistem SSL-nya diambil 27 MHz atau 74,31 dB-Hz. Untuk menentukan besar rugi-rugi antariksa (L) digunakan Persamaan (10), [4], [5].

$$L = 20 \log (4 \pi R/\lambda) \dots\dots\dots (10)$$

dengan ketentuan :

R : jarak : stasion Bumi dengan satelit yang ditinjau;

λ : panjang gelombang frekuensi pembawa.

Di sini jarak R antara lokasi RB dengan lokasi

orbit 80° BT adalah 36.664,87 km atau 36.664.870 meter [7]. Panjang gelombang dipilih untuk kanal 4-INS-028 [1] ' [6], pada frekuensi 11,78502 GHz (lihat Lampiran 1). Maka panjang gelombang, adalah 0,025456 meter. Jadi rugi-rugi antariksa (L) adalah 205,15 dB.

Dengan memasukkan data angka-angka pada Persamaan (9), maka persamaan tersebut menjadi, $14 = EIRP + G/T - 205,15 + 228,6 - 74,31 - 3 - 2 - 0,6$ atau dapat ditulis.

$$EIRP + G/T = 70,46 \dots\dots\dots (11)$$

Dari data pada Bagian 3.4 dan dari Persamaan (11) dapat dibuat tabel yang menghubungkan diameter antena (D), angka merit (G/T) dan daya pancar efektif (EIRP) satelit seperti tertera dalam Tabel 5.

Dari Persamaan(11) terlihat bahwa untuk nilai G/T yang rendah, maka diperlukan daya pancar satelit (EIRP) yang besar. Demikian pula sebaliknya, hubungan antara kedua parameter, yaitu EIRP dan G/T, adalah linear. Besarnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Dan, untuk nilai G/T yang besar diperlukan diameter antena yang besar juga. Hal di atas ditinjau bila faktor derau $n = 2,51$ atau 4 dB.

Terlihat bahwa kalau kita mengharapkan pada penerima di bumi digunakan antena dengan diameter $D = 1m$ dan faktor derau $n = 2,51$ maka EIRP satelit adalah 59.51 dBW.

Di lain pihak, untuk menjaga G/T tetap sebesar 10.95 dB/K, yaitu agar EIRP satelit tetap 59.51 dBW, tetapi kita ingin menggunakan penerima di bumi yang faktor deraunya lebih besar dari 2.51, maka diameter antena di bumi dapat dibesarkan melalui Persamaan (2) dan (4).

Tabel 5. HUBUNGAN ANTARA DIAMETER ANTENA (D), ANGKA MERIT (G/T) DAN EIRP SATELIT (DENGAN DATA-DATA DARI BAGIAN 3.4).

| Diameter Antena, D (m) | Angka Merit G/T (dB/K) | EIRP Satelit (dBW) |
|------------------------|------------------------|--------------------|
| 0,3 | 0,49 | 59,97 |
| 0,4 | 2,99 | 67,47 |
| 0,5 | 4,93 | 65,53 |
| 0,6 | 6,51 | 63,95 |
| 0,7 | 7,85 | 62,61 |
| 0,8 | 9,01 | 61,45 |
| 0,9 | 10,03 | 60,43 |
| 1,0 | 10,95 | 59,51 |

4. TINJAUAN BIAYA /4/.

Hubungan antara biaya dan unjuk kerja (performance) keseluruhan penerima, diukur dengan angka merit (G/T), meliputi beberapa faktor, antara lain, kualitas pembuatan, pelaksanaan pengujian setelah manufaktur, keandalan sistemnya, biaya instalasi, dan lain-lain.

Tabel 5. memperlihatkan prakiraan dari suatu pabrik (gabungan dari upah pekerja dan harga bahan-bahan) sebagai fungsi besaran dari terminal TVRO (TV Receive only). Terminal bumi yang ditinjau terdiri antara lain antena dengan pengumpan ke fokus utama dan penerima termasuk LNA, "synthesizer" untuk penalaan (tuning) dan suatu remodulator ke UHF/VHF AM/VSB.

Sejumlah 10^5 satuan atau lebih dianggap diproduksi, dimana sebagian dari bagian penerimanya dibuat secara rangkaian terpadu dan konstruksi antena dibuat secara masal, misalnya dengan cara pencetakan plat logam dan lain-lain.

Temperatur derau yang diperlihatkan dalam Tabel 6 dipandang sebagai harga praktis terendah yang telah dapat dicapai setelah penelitian dan pengembangan beberapa tahun secara kontinu dan intensif. Karena temperatur derau yang dihasilkan tidak mudah untuk diturunkan lagi, maka perbaikan lebih lanjut dari angka merit (G/T) penerima dilaksanakan dengan menaikkan ukuran antenanya.

Karena biaya antena tidak tergantung dari fungsi frekuensi untuk suatu ukuran tertentu, maka estimasi yang dianggap sesuai untuk antena 3 meter pada 12 GHz dapat diperoleh dari data pada frekuensi 2,5 GHz.

Tabel 6., memperlihatkan perbandingan perkiraan harga dari pabrik (dalam dolar AS) untuk penerima satelit pada frekuensi 0,7 GHz, 2,5 GHz dan 12 GHz.

Dari Tabel 6 tersebut meskipun data perkiraan dikemukakan pada tahun 1980 (tentunya sudah ketinggalan zaman), namun yang menarik dengan pemakaian sistem SSL pada frekuensi 12 GHz adalah bahwa perkiraan harga suatu terminal pada produksi yang tinggi (lebih dari 1.000.000 satuan) menjadi relatif murah. Tetapi hal tersebut masih tergantung pada sistem produksi yang diterapkan dari pabriknya.

Tabel 6. PERKIRAAN HARGA (US\$) TERMINAL DIKAITKAN DENGAN JUMLAH PRODUKSI

| Produk | 0,7 GHz, $D_A = 4$ m $G_A = 27$ dB, $T_r = 120$ K | | | 2,5 GHz, $D_A = 3$ m $G_A = 36$ dB, $T_r = 120$ K | | | 12 GHz, $D_A = 1$ m $G_A = 39$ dB, $T_r = 200$ K ¹⁾ | | |
|----------------------------|--|-------|-----|--|------|-----|---|------|-----|
| | 1.100 | 100 K | 1M | 1.100 | 100K | 1M | 1.100 | 100K | 1M |
| Harga Antena ¹⁾ | 2500 | 300 | 200 | 1000 | 500 | 400 | 250 | 50 | 40 |
| Harga Penerima | 760 | 85 | 55 | 1100 | 135 | 85 | 1700 | 135 | 80 |
| Harga Terminal | 3260 | 385 | 255 | 2100 | 635 | 485 | 1950 | 185 | 120 |

- 1) Harga antena tidak termasuk peralatan penyangga (mount).
- 2) Sampai dengan saat ini asumsi pada temperatur derau 400 sampai 500 K adalah lebih sesuai untuk temperatur derau penerima.

Catatan :

- D_A : diameter antena
 G_A : gain antena
 T_r : temperatur derau penerima (K).

5. KESIMPULAN

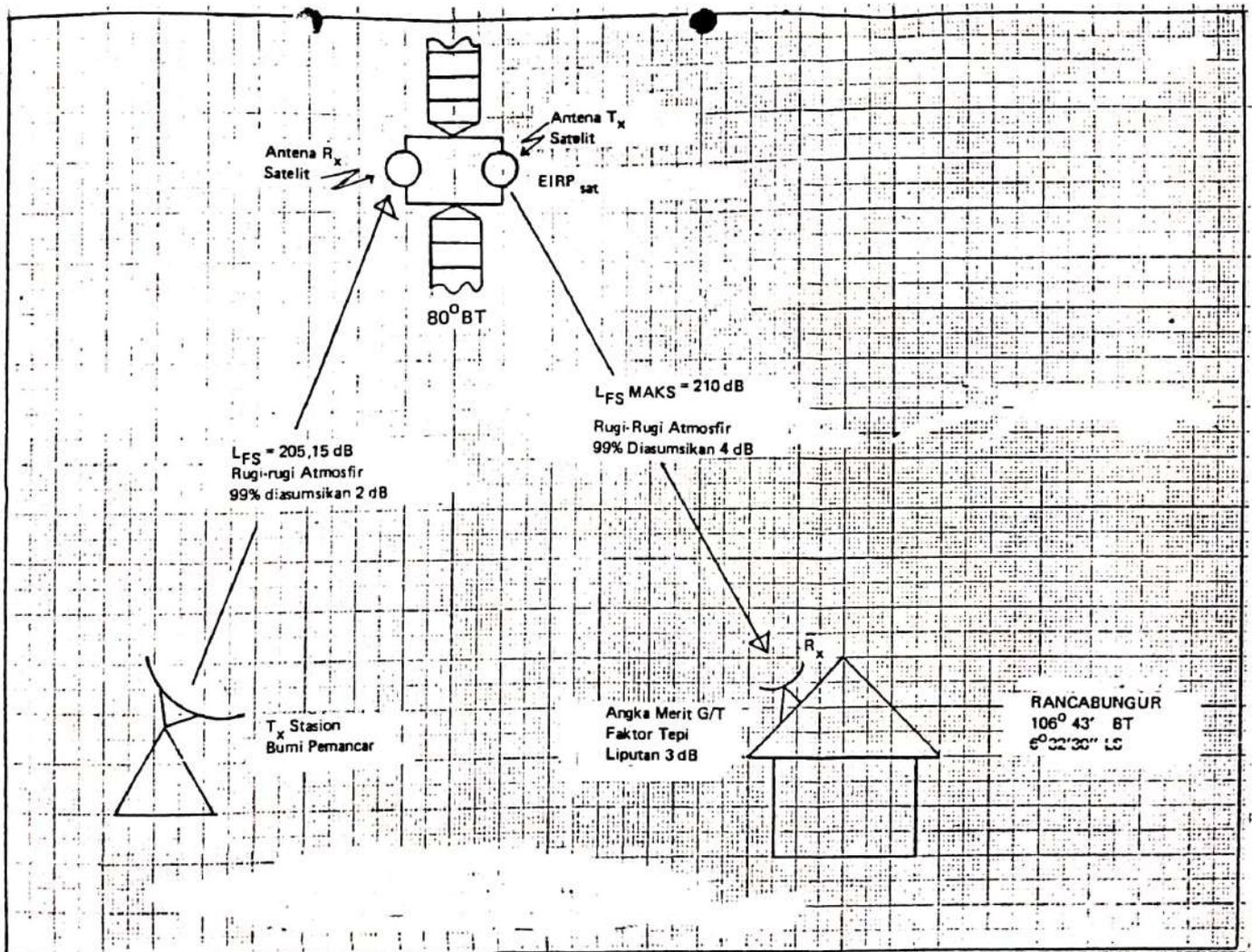
Dari uraian tersebut di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Penentuan besar parameter angka merit (G/T) suatu stasion bumi penerima dapat digunakan sebagai dasar pedoman untuk menentukan besar daya pancar satelit dari sistem komunikasi yang akan diterapkan.
- b. Besar angka merit suatu penerima SSL 12 GHz sangat tergantung pada berbagai parameter, antara lain, gain antena, faktor derau (noise figure) penerima, rugi-rugi kopling dan temperatur antena.
- c. Faktor derau dari sistem penerima SSL 12 GHz yang berpengaruh sekali pada angka merit adalah pada tahap pertama dari sistem penerimanya, yakni pengubah turun derau rendah (LNB).
- d. Pengaruh temperatur antena dari temperatur terendah (25 K) sampai dengan temperatur tertinggi (150 K) terhadap nilai angka merit maksimum adalah cukup kecil, yaitu kira-kira satu dB.
- e. Faktor umur peralatan dan kesalahan pointing serta rugi-rugi polarisasi dapat juga dimasukkan sebagai parameter yang berpengaruh pada besar angka merit suatu penerima.
- f. Jumlah produksi penerima satelit secara masal yang cukup tinggi dari pabrik yang besar, ternyata berpengaruh sekali terhadap penurunan harga yang diproduksi per unitnya.

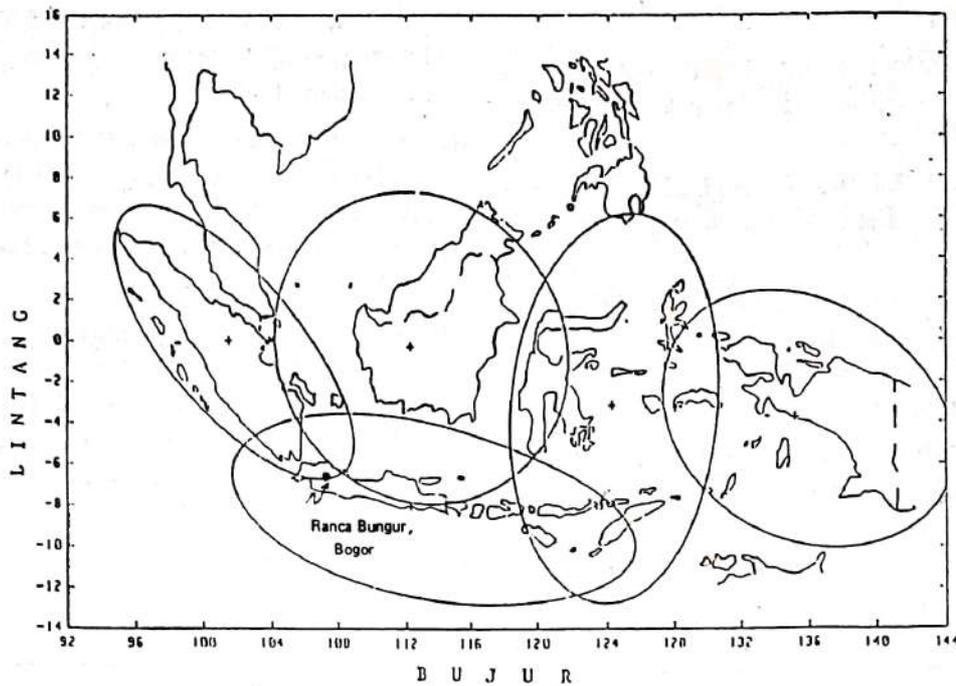
DAFTAR PUSTAKA

- 1) PS, Adrianti, "SISTEM SATELIT SIARAN LANGSUNG", Presentasi di Proyek Telfus-Lapan, Jakarta, 1987.
- 2) Stan Prentiss, "KOMUNIKASI SATELIT" (Terjemahan), PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1987.
- 3) H. Inose, "TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES", Japan Annual Review in Electronics, Computer & Telecommunications, Vol 14, OHM Tokyo, Osaka, Kyoto, 1984.
- 4) CCIR, "RECOMMENDATION AND REPORTS OF THE CCIR", Vol. X And XI Part 2, Geneva, 1982.

- 5) K. Miya, et. al., "SATELLITE COMMUNICATION ENGINEERING", Lattice Company, Tokyo/Japan, 1975.
- 6) Lohle, Toussaint, "SIKOM PROGRAMME AND INDONESIAN FUTURE COMMUNICATION SATELLITE SYSTEM", Workshop On Satellite Communication Technologies, Jakarta, Januari, 1985.
- 7) Bondan, Alit & Hardhienata, Soewarto, "COMPUTER CALCULATION OF ANTENNA ELEVATION AND AZIMUTH FOR GSO SATELLITES", Workshop on Satellite Communication Technologies, Jakarta, 1985.



Gambar 3. LINTASAN SINYAL DARI SATELIT KE PENERIMA INDIVIDU



Gambar 4. ALOKASI PANCARAN TV SIARAN LANGSUNG UNTUK INDONESIA SESUAI WARC - 77

Lampiran 1.

Alokasi Frekuensi, Posisi, Nomor Kanal, Sudut Pancaran Antena, Polarisasi, EIRP dan Daerah Cakupan SSL menurut WARC-1977 untuk Indonesia.

| No. IFRB | Posisi (der) | No Kanal | Frekuensi (MHz) | Boresight (der) | | Pancaran Antena (der) | | Orientasi Elips | Polarisasi | EIRP (DBW) | Calupan |
|--|--------------|--------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|------|-----------------|------------|--------------------------------------|----------------------|
| | | | | Bujur | Lint. | | | | | | |
| INS 028A INS 028B INS 028C INS 028D | 80 | 2 4 6 8 | 11.745,66 11.785,02 11.823,38 11.861,74 | 101,5 | 0,0 | 3,00 | 1,20 | 133 | 2 | 63,3 63,3 63,3 63,3 | SUMATERA |
| INS 030A INS 030B INS 030C INS 030D | 80 | 16 20 22 24 | 12.053,54 12.091,90 12.130,25 12.168,62 | 112,3 | -8,1 | 3,14 | 1,46 | 159 | 1 | 64,2 64,2 64,2 64,3 | JAWA & NUSA TENGGARA |
| INS 032A INS 032B INS 032C INS 032D | 80 | 17 19 21 23 | 12.034,36 12.072,72 12.111,08 12.149,44 | 112,3 | -0,3 | 2,55 | 2,32 | 109 | 2 | 64,0 64,1 64,1 64,1 | KALIMANTAN |
| INS 035A INS 035B INS 035C INS 035D | 104 | 1 5 9 13 | 11.727,48 11.808,20 11.888,92 11.967,64 | 124,3 | -3,2 | 3,34 | 1,94 | 82 | 1 | 63,2 63,2 63,3 63,4 | MALUKU & SULAWESI |
| INS 036A INS 036B INS 036C INS 036D INS 036E | 104 | 3 7 11 15 19 | 11.765,84 11.842,56 11.919,28 11.996,00 11.072,72 | 135,2 | -3,8 | 2,46 | 2,00 | 147 | 1 | 63,8 63,8 63,9 63,9 64,0 | IRIAN JAYA |

CATATAN: IFRB = International Frequency Registrar Board
 WARC = World Administrative Radio Conference
 INS = Simbol dari IFRB untuk Indonesia
 der = derajat
 Polarisasi 1 = polarisasi lingkaran searah jarum jam
 2 = polarisasi lingkaran berlawanan dengan arah jarum jam
 Boresight = posisi dari titik tengah daerah liputan
 Orientasi elips = arah dari sumbu besar elips sebagai sudut yang diukur berlawanan terhadap arah jarum jam terhadap garis yang sejajar dengan bidang ekuator dengan sudut yang terdekat