

PENGARUH TEMPERATUR SISTEM PADA FIGURE OF MERIT STASIUN BUMI PITA S DAN PITA X

Achmadi Surjo
Peneliti Pusa! Tcknologi Eleklronika Dirgantara, LAPAN

ABSTRACT

One of the veri important in a satellite communications system is the "figure of merit", for space segment as well as for the ground segment. The parameter which will be discussed in this paper is the "figure of merit" of a ground station of S band and X band for remote sensing system application. The parameters which influences it are antenna gain and temperature of system. The antenna which will be used is parabola antenna whose magnitude gain depends on diamter and efficiency of reflector. While the elevations angle and rain conditions will influence the system temperature. At time operation activity the ground station antenna moves to track the desired satellite, so the elevation angle changes as well as the azimuth angle. On S band system influence of rain can be ignored, while on the X band the influence needs to be considered. From the analysis conducted at 0.1 time percentage, the result is influence of rain to the "figure of merit" is necessary to be estimated.

ABSTRAK

Salah satu parameter yang sangat penting dalam sebuah sistem komunikasi satelit adalah *figure of merit*, baik untuk ruas antariksa maupun untuk ruas buminya. Parameter yang akan dibahas di sini adalah *figure of merit* sebuah stasiun bumi untuk pita S dan pita X yang diterapkan pada sistem penginderaan jauh. Yang mempengaruhi parameter tersebut adalah gain antena dan temperatur sistem. Antena yang digunakan adalah antena parabola yang besar gainnya tergantung dari diameter dan efisiensi reflektornya. Sedangkan sudut elevasi dan kondisi hujan akan mempengaruhi temperatur sistem-Pada saat beroperasi antena stasiun bumi bergerak melakukan *tracking* terhadap satelit yang ditinjau, sehingga menyebabkan perubahan sudut elevasi antena di samping sudut azimuthnya. Pada pita S pengaruh hujan dapat diabaikan, sedangkan pada pita X pengaruh tersebut perlu ditinjau. Dari analisis yang dilakukan pada kondisif persentase waktu 0,1 hasilnya adalah bahwa pengaruh hujan terhadap *figure of merit* perlu diperhitungkan.

1 PENDAHULUAN

Dalam rangka merealisasikan program satelit mikro yang ditangani LAPAN, maka kegiatan awal yang mestinya hams dilakukan adalah penguasaan pengoperasian Stasiun Bumi (SB) yang merupakan sistem ruas buminya. Kemampuan melakukan *tracking*, menangkap sinyal telemetri, mengirim sinyal komando dan penerimaan sinyal data dari satelit adalah langkah awal dalam menghadapi persatelitan yang sedang marak dicanangkan dan dikembangkan.

Dalam menghadapi program satelit mikro tersebut, LAPAN telah melakukan kerja sama dengan Technical Universty of Berlin (TU BerlinX Jerman untuk membuat sebuah satelit mikro dengan frekuensi RF pada pita S untuk misi penginderaan jauh dan pita UHF (Schulz, Stefan; Udo Renner. 1999) untuk TT&C (Telemetry Tracking & Command). Program ini akan direalisasikan mulai awal 2004 dengan mengirimkan beberapa *engineer* LAPAN ke Jerman dan

direncanakan pada akhir 2005 satelitnya sudah siap diluncurkan. Paralel dengan kegiatan pembuatan satelit tersebut, juga akan dibangun bagian ruas bumi yang mempunyai parameter sesuai dengan sistem ruas antariksanya. Di sini tugas utama bagian ruas bumi adalah mengoperasikafl SB, termasuk memonitor dan mengendalikan satelit mikro tersebut

Sementara sambil menunggu satelit mikro tersebut selesai dibangun dan dalam rangka persiapan penguasaan pengoperasiannya, maka SB pita S tersebut diperlengkapi dengan SB pita X yang tujuannya agar dapat dimanfaatkan untuk penerimaan data pengenderaan jauh dari satelit lain yang masih beroperasi. Pita X dipilih karena kebanyakan satel it-sate lit penginderaan jauh saat ini beroperasi pada pita tersebut

Dalam rangka persiapan penguasaan teknologi pengoperasian satelit mikro LAPAN, penelitian ini bertujuan *membahas figure of merit* pita S dan pita X sebagai fungsi sudut elevasi untuk sebuah SB pengideraan jauh.

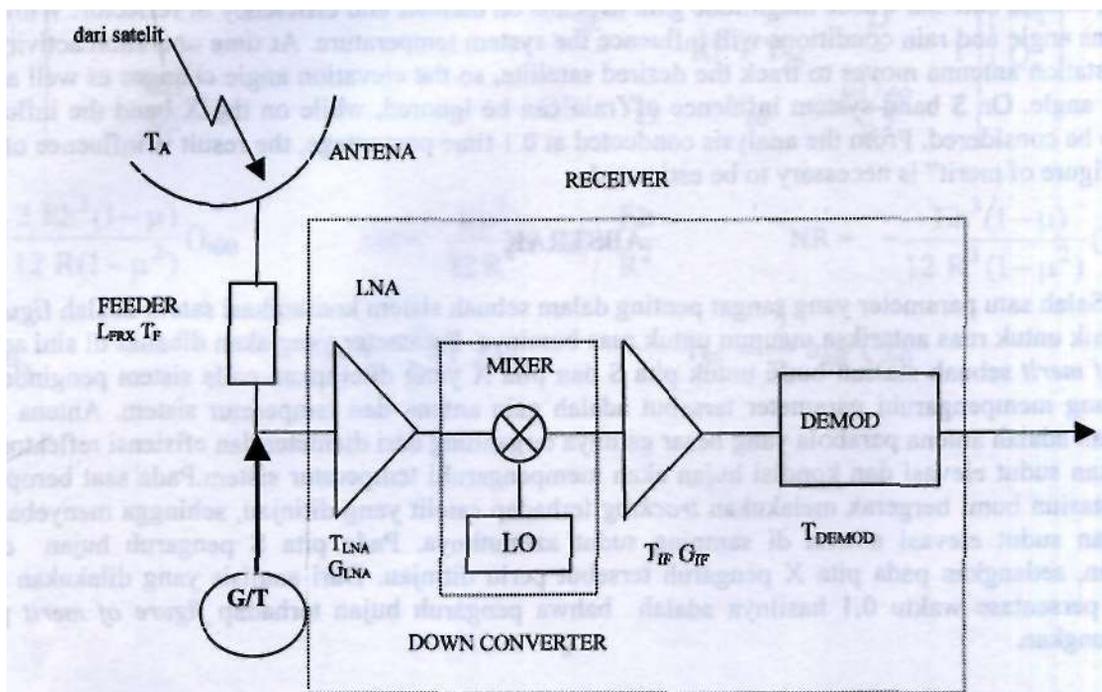
2 KONFIGURASISTASIUN BUMI PITAS DAN PITA X

Konfigurasi Stasiun Bumi (SB) yang akan dibangun mempunyai sebuah reflektor utama antena berbentuk parabola yang dapat digunakan untuk ke dua antena pita S dan pita X. Sebuah contoh konfigurasi SB penginderaan jauh pita S dan pita X seperti dapat dilihat pada Gambar 2-1 (Lampiran).

Yang menarik dari SB orbit rendah ini adalah antena hams dapat bergerak dalam 2 gerakan, yaitu gerakan azimuth dan gerakan

elevasi agar dapat melakukan *tracking* satelit yang dituju. Gerakan azimuth dimulai dari nol sampai 360 derajat dan gerakan elevasi dari nol sampai 90 derajat. Dari kedua gerakan ini yang mempengaruhi G/T adalah gerakan yang menyebabkan perubahan sudut elevasi dari antenanya. Gerakan antena dalam melakukan *tracking* satelit dapat dilakukan secara terprogram atau otomatis.

Pada pembahasan parameter *Figure of Merit* (G/T) sebuah SB komunikasi secara umum dapat ditinjau komponen peralatan Stasiun Bumi seperti pada Gambar 2-2 (Surjo, Achmadi. 2001).



Gambar 2-2: Komponen peralatan stasiun bumi penerima komunikasi

3 PARAMETER FIGURE OF MERIT

Figure of merit atau (G/T) dari sistem penerima merupakan perbandingan antara gain antena dan temperatur sistem penerimanya dan biasanya dalam satuan dB/K.

3.1 Gain Antena

Antena yang digunakan untuk frekuensi gelombang mikro biasanya menggunakan antena parabola, dengan gain antena sebagai fungsi diameter antena (D), efisiensi antena (η_a), dan panjang gelombang (λ) atau frekuensi yang digunakan (f), dengan persamaan (Maral, G.; M. Bousquet. 1998),

$$G_{Rmax} = \eta_a \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan:

c:kecepatan gelombang elektromagnetik = 3×10^8 m/s.

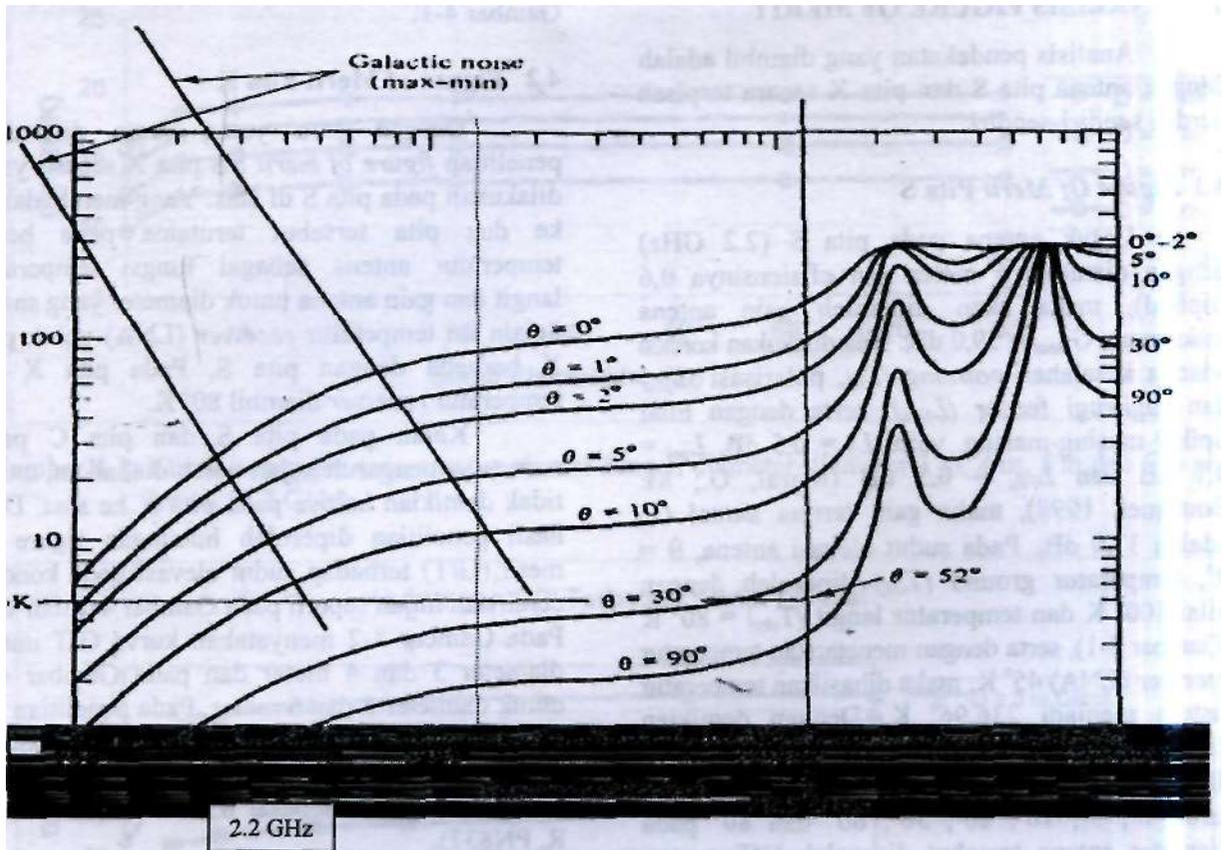
Di sini *Guma* adalah gain antena maksimum dan untuk nilai sebenarnya harus dikoreksi dengan rugi-rugi polarisasi, rugi-rugi *pointing* dan juga rugi *feedernya*. Untuk efisiensinya tergantung dari bahan permukaan pemantul parabola. Di sini bahan pelapis pemantul dan pita frekuensi yang digunakan bisa mempengaruhi nilai efisiensinya. Sehingga penggunaan pita frekuensi yang sangat berbeda membutuhkan bahan pelapis pemantul khusus.

3.2 Temperatur Sistem

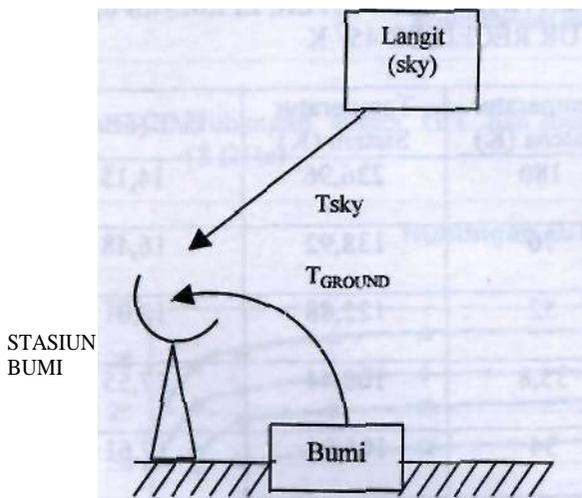
Temperatur sistem dari sistem penerimanya tergantung dari temperatur antena dan temperatur *receiver* yang digunakan. Besar

temperatur antenna tergantung sekali pada temperatur langit (T^{\wedge}). Sedangkan besarnya temperatur langit tergantung juga pada sudut elevasi antenanya, seperti terlihat pada Gambar

3-1. Selain itu temperatur ini tergantung juga pada temperatur bumi (T_{GROUND}) seperti digambarkan pada Gambar 3-2 (Maral, G.; M. Bousquet. 1998).



Gambar 3-1 : Besar temperatur langit (sky) sebagai fiingsi sudut elevasi dan pita frekuensi



Gambar 3-2: Komponen temperatur derau antenna SB untuk kondisi cerah

Pada sistem komunikasi satelit geostasioner, maka arah antenna Stasiun Bumi terhadap satelitnya relatif tetap dan untuk tujuan praktis diambil nilai tertentu. Karena antenna untuk satelit

orbit rendah bergerak dari sudut elevasi nol sampai 90 derajat, maka besar temperatur *ground* untuk masing-masing sudut elevasi mestinya harus berbeda.

Untuk temperatur *receiver* tergantung dari jenis elektronik yang digunakan. Di sini yang sangat dominan adalah temperatur LNA (*Low Noise Amplifier*) atau LNB (*Low Noise Block Converter*). Menurut formula Friis temperatur derau input *receiver* dinyatakan dengan persamaan (Maral, G.; M. Bousquet. 1998),

$$T_R = T_{LNA} + \frac{T_{MX}}{G_{LNA}G_{MX}} + \frac{T_{DEMOD}}{G_{LNA}G_{MX}G_{IF}} \quad (K) \dots(3-2)$$

Untuk gain LNA = 50 dB (=100.000x), maka pendekatan nilai temperatur *receiver* menjadi (Maral, G.; M. Bousquet. 1998),

$$T_R = T_{LNA} \dots\dots\dots(3-3)$$

Untuk pita C, nilai tipikal temperatur LNA antara 30° sampai 60° K, dan untuk pita Ku

antara 80° sampai 120° K (Maral, G. 1995). Pada penelitian ini untuk pita S nilai temperatur LNA-nya diambil 45° K dan untuk pita X 80°.

4 ANALISIS FIGURE OF MERIT

Analisis pendekatan yang diambil adalah dengan antenna pita S dan pita X secara terpisah berdiri sendiri-sendiri.

4.1 Figure Of Merit Pita S

Untuk antenna pada pita S (2.2 GHz) dengan diameter 5 meter dan efisiensinya 0,6 (tipikal), maka akan diperoleh gain antenna maksimum, $G^{\wedge} = 39,0$ dBj. Bila dilakukan koreksi adanya kesalahan *pointing* (L_R), polarisasi (L_{pd} dan rugi-rugi feeder (L_{FR}), serta dengan nilai tipikal masing-masing, yaitu $L_R = 0,5$ dB, $L_{poi} = 0,1$ dB dan $L_{FRx} = 0,5$ dB (Maral, G.; M. Bousquet. 1998), maka gain terima aktual G_R adalah 37,9 dBj. Pada sudut elevasi antenna, $\theta = 0^\circ$, temperatur ground (T_{GR}) diperoleh dengan nilai 100° K dan temperatur langit (T_{sky}) = 80° K (Gambar 3-1), serta dengan menetapkan temperatur receiver (LNA) 45° K, maka dihasilkan temperatur sistem menjadi 236,96° K. Dengan demikian diperoleh *figure of merit* (G/T) sebesar 14,15 dB/K. Untuk sudut-sudut elevasi, 6 berturut-turut: 0°, 5°, 10°, 20°, 30°, 60° dan 80° pada diameter antenna tersebut diperoleh G/T seperti pada Tabel 4-1.

Dari hasil penelitian diperoleh hubungan antara *figure of merit* pada pita S dengan sudut-sudut elevasi pada diameter-diameter antenna : 3 m, 4 m, 5 m dan 6 m yang dapat dilihat pada kurva Gambar 4-1.

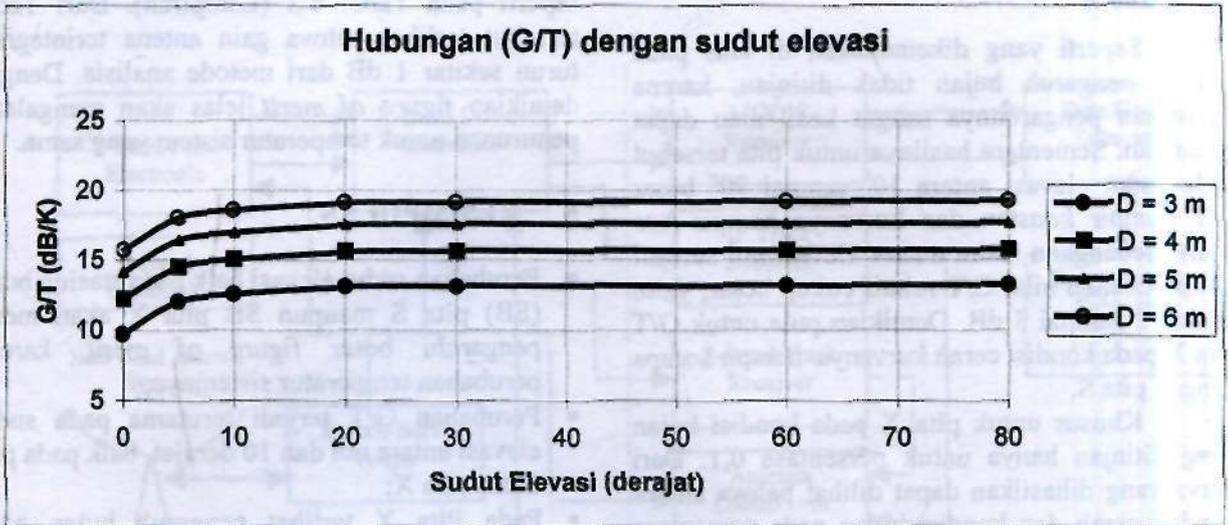
4.2 Figure of Merit Pita X

Dengan cara yang sama dilakukan penelitian *figure of merit* SB pita X seperti yang dilakukan pada pita S di atas. Yang membedakan ke dua pita tersebut terutama pada besar temperatur antenna sebagai fungsi temperatur langit dan gain antenna untuk diameter yang sama. Selain itu temperatur receiver (LNA) untuk pita X berbeda dengan pita S. Pada pita X ini temperatur receiver diambil 80° K.

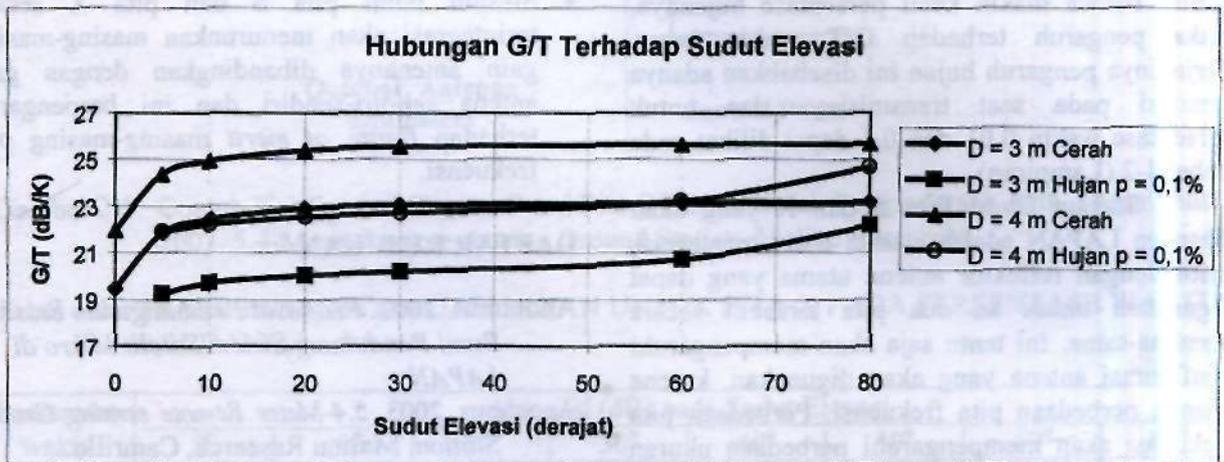
Kalau pada pita S dan pita C pada umumnya pengaruh hujan boleh diabaikan, tetapi tidak demikian halnya pada pita X ke atas. Dari hasil penelitian diperoleh hubungan *figure of merit* (G/T) terhadap sudut elevasi pada kondisi cerah dan hujan seperti pada Gambar 4-2 dan 4-3. Pada Gambar 4-2 menyatakan kurve G/T untuk diameter 3 dan 4 meter dan pada Gambar 4-3 untuk diameter 5 dan 6 meter. Pada penelitian ini kondisi hujan yang dipilih adalah pada persentase 0,1 dan ini identik dengan nilai curah hujan untuk wilayah Indonesia sebesar 65 mm/hr (Rec. ITU-R, PN837).

Tabel 4-1: FIGURE OF MERIT SB DENGAN DIAMETER ANTENA 5 METER, EFISIENSI 0,6, PITA FREKUENSI S (2,2 GHz) DAN TEMPERATUR RECEIVER 45° K

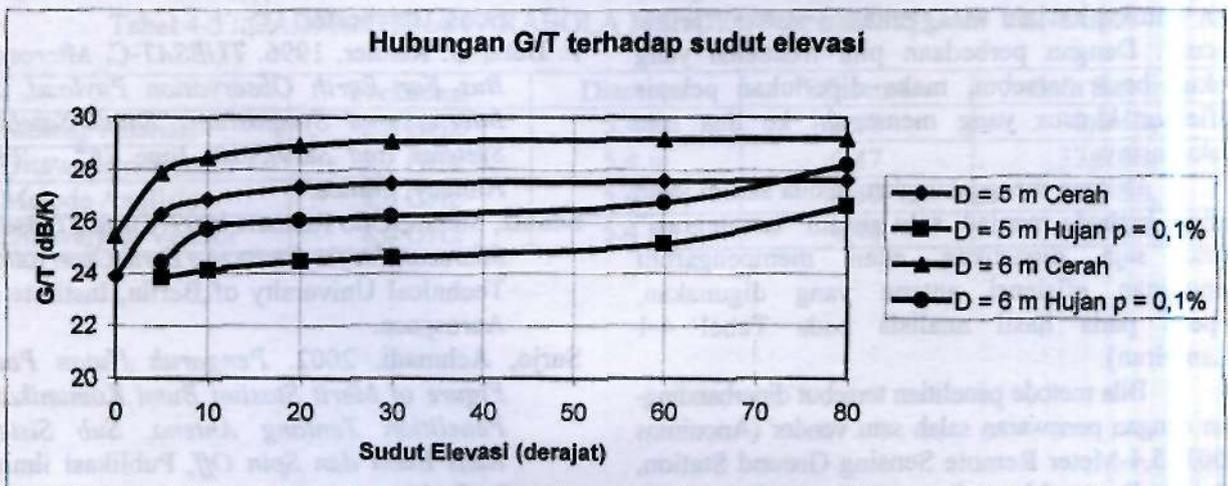
Sudut elevasi (derajat)	Temperatur Langit (K)	Temperatur Ground (K)	Temperatur Antena (K)	Temperatur Sistem (K)	G/T (dB/K)
0	80	100	180	236,96	14,15
5	20	50	70	138,92	16,48
10	12	40	52	122,88	17,01
20	5,8	30	35,8	108,44	17,55
30	4	30	34	106,84	17,61
60	2,3	30	32,3	105,32	17,67
80	2	30	32	105,05	17,69



Gambar 4-1: Kurva hubungan antara sudut elevasi dengan diameter-diameter 3 m, 4 m, 5 m dan 6 m pada pita S (2.2 GHz)



Gambar 4-2 : Hubungan antara G/T dan sudut elevasi untuk diameter antenna 3 m dan 4 m pada pita X (8 GHz)



Gambar 4-3 : Hubungan antara G/T dan sudut elevasi untuk diameter antenna 5 m dan 6 m pada pita X (8 GHz)

4.3 Evaluasi Figure of Merit Stasiun Bumi Pita S dan X

Seperti yang dikemukakan di atas pada pita S pengaruh hujan tidak ditinjau, karena dipastikan pengaruhnya -angat kecil atau dapat diabaikan. Sementara hasilnya untuk pita tersebut pada sudut elevasi antara 10° sampai 90° besar G/T hampir konstan dan kurvanya hampir rata (flat). Sedangkan sudut antara elevasi nol sampai 10° perubahan nilai G/T relatif cukup besar, yaitu sekitar 2 sampai 3 dB. Demikian pula untuk G/T pita X pada kondisi cerah kurvanya hampir serupa dengan pita S.

Khusus untuk pita X pada kondisi hujan yang ditinjau hanya untuk persentase 0,1. Dari kurva yang dihasilkan dapat dilihat bahwa antara kondisi cerah dan kondisi hujan pada persentase tersebut antara sudut elevasi 5° sampai 10° sekitar 3 dB juga. Sementara pada sudut mendekati 90° perbedaan G/T-nya sangat kecil. Selanjutnya dapat diteliti bahwa makin kecil persentase hujannya, maka pengaruh terhadap G/T makin besar. Terjadinya pengaruh hujan ini disebabkan adanya atenuasi pada saat transmisinya dan untuk persentase waktu 0,01 dan 0,1 dapat dilihat pada Tabel 4-2 (Lampiran).

Stasiun Bumi Pita S dan X yang akan dibangun LAPAN adalah Stasiun Bumi terintegrasi, yaitu dengan reflektor antena utama yang dapat digunakan untuk ke dua pita tersebut secara bersama-sama. Ini tentu saja akan mempengaruhi konfigurasi antena yang akan digunakan, karena adanya perbedaan pita frekuensi. Perbedaan pita frekuensi akan mempengaruhi perbedaan ukuran fisik dari masing-masing feedernya. Karena itu terdapat vendor yang menawarkan sistemnya dengan cara, salah satu pita menggunakan sistem dengan sub reflektor antena (antena Cassegrain) dan untuk pita lain menggunakan sistem "prime focus". Dengan perbedaan pita frekuensi yang cukup besar tersebut, maka diperlukan pelapis reflektor khusus yang memenuhi ke dua pita frekuensinya.

Dengan menggabungkan kedua sistem yang sangat berbeda menjadi satu sistem "terintegrasi" tentu saja dipastikan akan mempengaruhi penurunan efisiensi antena yang digunakan, seperti pada hasil analisis pada Tabel 4-1 (Lampiran).

Bila metode penelitian tersebut diperbandingkan dengan penawaran salah satu vendor (Anonimus 2003. 5,4-Meter Remote Sensing Ground Station, Malibu Research), maka menurut analisis untuk antena dengan diameter 5,4 meter diperoleh gain

38,6 dB, dan menurut vendor 37,5 dBj (minimum), seperti pada Tabel 4-3 (Lampiran). Dari Tabel tersebut terlihat bahwa gain antena terintegrasi turun sekitar 1 dB dari metode analisis. Dengan demikian *figure of merit* jelas akan mengalami penurunan untuk temperatur sistem yang sama.

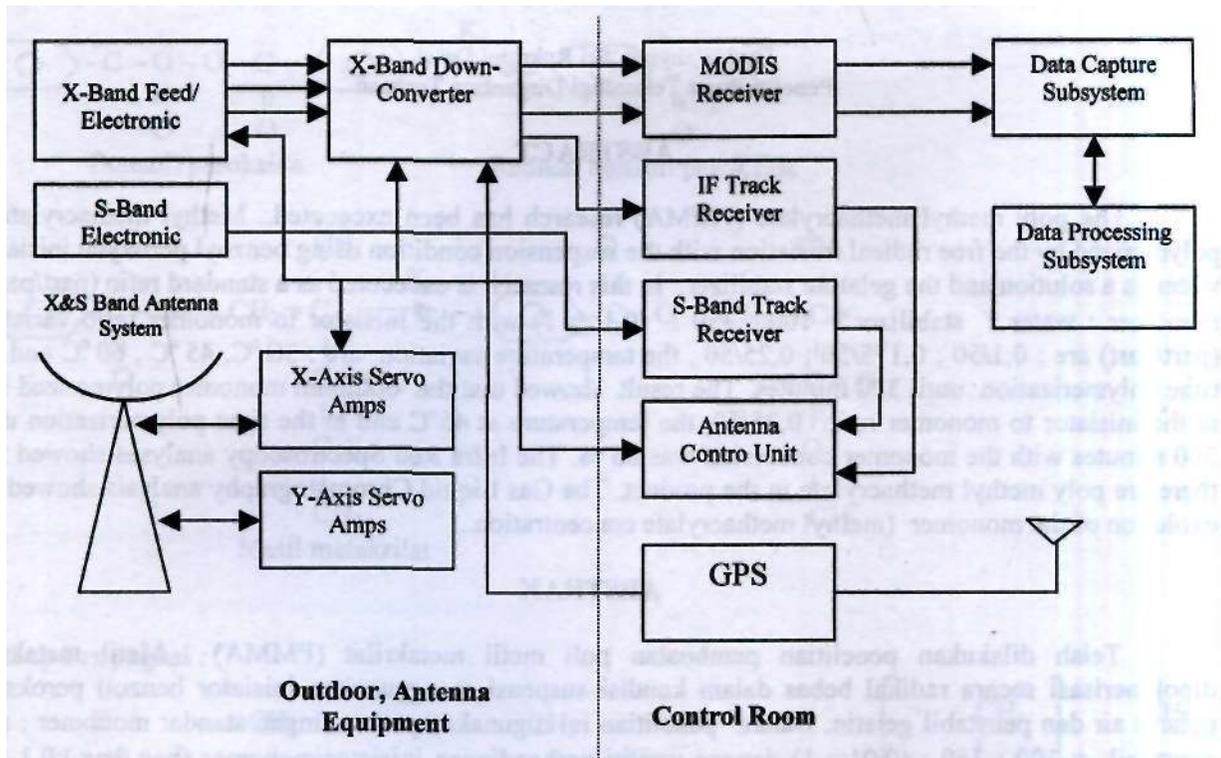
5 KESIMPULAN

- Perubahan sudut elevasi baik pada stasiun bumi (SB) pita S maupun SB pita X akan mempengaruhi besar figure of merit, karena perubahan temperatur sistemnya;
- Perubahan G/T terjadi terutama pada sudut elevasi antara nol dan 10 derajat, baik pada pita S dan pita X;
- Pada Pita X terlihat pengaruh hujan pada persentase waktu 0,1 adalah cukup besar, antara 1 sampai 3,5 dB, apalagi pada persentase waktu yang lebih rendah lagi;
- Stasiun bumi pita S dan pita X secara terintegrasi akan menurunkan masing-masing gain antenanya dibandingkan dengan gain antena sendiri-sendiri dan ini berpengaruh terhadap *figure of merit* masing-masing pita frekuensi.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonimus. 2003. *Proposal Pembangunan Stasiun Bumi Pendukung Sistem Satelit Mikro di LAPAN*.
- Anonimus. 2003. *5,4-A/e/er Remote sensing Ground Station*, Malibu Research, Camrillo.
- Maral, G.; M. Bousquet. 1998. *Satellite Communications System*, John Wiley & Sons, New York.
- Maral, G. 1995. *VSAT Networks*. John Wiley & Sons, Chichester.
- P. Butz; U. Renner. 1996. *TUBSAT-C, Microsat-Bus For Earth Observation Payload*, 3rd International Symposium "Small Satellite Systems and Services", June 24* - 28*, Annecy, **France**.
- Schulz, Stefan; Udo Renner. 1999. *DLR, TUBsat: Mcrosatellite for Interactive Earth Observation*, Technical University of Berlin, Institute of Aerospace.
- Surjo, Achmadi. 2002. *Pengaruh Hujan Pada Figure of Merit Stasiun Bumi Komunikasi. Penelitian Tentang Antena, Sub Sistem Ruas Bumi dan Spin Off*, Publikasi ilmiah LAPAN.

LAMPERAN



Gambar 2-1: Contoh Konfigurasi Stasiun Bumi Pita S Dan X Untuk Penginderaan Jauh (Anonimus. 2003. 5,4-Meter Remote sensing Ground Station, Malibu Research)

Tabel 4-2 : TABEL BESAR ATENUASI HUJAN UNTUK PITA X PADA PERSENTASE WAKTU 0,01 DAN 0,1

Persentase waktu	Atenuasi (dB) pada Sudut Elevasi							
	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	80°
0,01	10,8	9,85	8,58	7,85	8,00	6,84	5,39	1,475
0,1	5,03	4,59	4,00	3,64	3,73	3,20	2,51	0,700

Tabel 4-3 : GAIN ANTENA PARABOLA MENURUT ANALISIS DAN VENDOR

	Frekuensi	Diameter	Efisiensi	Gain Receive
Metode Analisis	2,2 GHz	5,4 m	0,60	38,6 dBj
Ditawarkan Vendor	2,2 GHz	5,4 m	0,47	37,5 dBj
Metode Analisis	8,0 GHz	5,4 m	0,60	49,8 dBj
Ditawarkan Vendor	8,0 GHz	5,4 m	0,48	48,8 dBj