
DESAIN AWAL SISTEM SATELIT TELEKOMUNIKASI PERTAHANAN INDONESIA (PRELIMINARY DESIGN OF INDONESIAN MILITARY TELECOMMUNICATION SATELLITE)

Robertus Heru Triharjanto^{*}, Luqman Faturrohim^{}, Ridanto Eko Poetro^{1**}, Hari Muhammad^{**}**

^{*}Pusat Teknologi Satelit

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Cagak Satelit Km. 4, Bogor 16310 Indonesia

^{**}Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara

Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132 Jawa Barat

¹e-mail: ridanto@ae.itb.ac.id

Diterima 16 Desember 2015; Direvisi 7 Februari 2016; Disetujui 10 Mei 2016

ABSTRACT

As the biggest archipelago in the world, Indonesia really needs satellite system to support its defense and security. Based on that, this research aims to produce the preliminary design of telecommunication satellite system needed for defense and security campaign in Indonesia. Per best practice in aerospace engineering, the satellite preliminary design is preceded by a satellite concept design. In the concept design process, the users' requirements, in this case, the Indonesian military, are studied, and comparative study is done for military telecommunication satellite solution that other countries used. The results are the satellite mission requirements, and design constraints to be used in the satellite preliminary design. The preliminary design shows that 2 kinds of satellites are needed to accommodate the mission requirements. i.e. L-band for mobile communications and C-band for fixed-high-datarate communication. Based on the available slots and the design constraints, the L-band satellite will be placed at 123 E. The satellite will weigh 2200 kg, has a power capacity of 1 kW, and can provide data communication with the speed of 512 kbps. The C-band satellite, that will be placed at 118 E, will weigh 2400 kg, has power capacity of 1.5 kW, and can provide data communication with the speed of 10 Mbps. Both satellites can operate for 10 years.

Keywords : *satellite design, defense telecommunications, Indonesian military*

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan terluas di dunia amat memerlukan sistem satelit untuk menunjang sistem pertahanan dan keamanannya. Atas motivasi tersebut penelitian ini bertujuan untuk membuat desain awal sistem satelit telekomunikasi yang diperlukan untuk pertahanan dan keamanan di Indonesia. Sesuai kaidah perancangan satelit, proses desain awal didahului dengan pembuatan desain konsep. Pada proses desain konsep dilakukan pendefinisian kebutuhan pengguna, dalam hal ini pihak TNI dan Kementerian Pertahanan, dan studi banding atas solusi satelit telekomunikasi pertahanan di mancanegara. Hasil desain konsep adalah persyaratan misi dan batasan desain, yang harus diacu pada tahap desain awal satelit. Desain awal, diantaranya, menetapkan desain muatan sehingga dapat mengakomodasikan misi, serta ukuran dan berat dari bus satelit, agar bisa memenuhi kebutuhan muatan. Hasil menunjukkan bahwa pemenuhan desain konsep hanya bisa dilakukan dengan desain awal 2 tipe satelit telekomunikasi, yakni dengan frekuensi L-band untuk komunikasi bergerak, dan frekuensi C-band untuk komunikasi statis dengan kecepatan tinggi. Sesuai ketersediaan *slot* yang menjadi batasan desain, satelit L-band akan ditempatkan di 123 BT. Satelit tersebut mempunyai berat 2200 kg, konsumsi daya 1 kW, dan dapat melayani komunikasi data dengan kecepatan 512 kbps. Satelit C-band, yang akan berada di 118 BT, mempunyai berat 2400 kg, kapasitas daya 1.5 kW, dan dapat melayani komunikasi data dengan kecepatan 10 Mbps. Kedua satelit tersebut dapat beroperasi selama 10 tahun.

Kata kunci : *desain satelit, telekomunikasi pertahanan, TNI*

1 PENDAHULUAN

Satelit komunikasi memiliki peranan penting dalam operasi militer. Beberapa negara memiliki sistem komunikasi militer berbasis satelit secara mandiri seperti Amerika Serikat, Inggris, dan Rusia. Sebagian dari negara-negara yang mempunyai pakta pertahanan, seperti NATO, melakukan kerja sama dalam membangun sistem satelit komunikasi militer.

Satelit komunikasi militer dirancang untuk menghasilkan sistem komunikasi yang aman, cepat, mampu mencakup wilayah yang dikehendaki dengan baik (*regional & global*), dan mempunyai mobilitas tinggi. Dibandingkan dengan satelit komunikasi untuk kebutuhan sipil (perbankan misalnya), satelit komunikasi militer diharuskan mempunyai tingkat keamanan transmisi data yang lebih tinggi.

Kebutuhan akan satelit untuk aplikasi pertahanan dan keamanan

Indonesia telah disampaikan beberapa kali oleh para pembuat kebijakan di media massa. Diantaranya pernyataan Kepala LAPAN yang dimuat di *Republika* (Sasongko, 2014), pernyataan wakil menteri pertahanan di *okezone.com* (Rahman, 2014), dan pernyataan Komisi I DPR yang dimuat di *VOA Indonesia* (Waluyo, 2015). Hal tersebut menjadi salah satu motivasi dari pemilihan topik riset ini.

Motivasi lain dari riset adalah menjadi latihan bagi mahasiswa prodi Aeronotika dan Astronotika ITB dalam perancangan satelit.

2 METODE PERANCANGAN SATELIT

Perancangan satelit, umumnya melalui 3 tahap, yakni desain konsep, desain awal, dan desain detail. Pada tahap desain konsep dilakukan analisa terhadap kebutuhan pengguna, yang nantinya akan diturunkan menjadi persyaratan misi. Pada proses tersebut,

juga diidentifikasi batasan-batasan desain sistem satelit yang akan dibuat. Untuk mencari batasan teknologi umumnya dilakukan survei terhadap solusi-solusi yang sebelumnya pernah dibuat untuk masalah tersebut. Dengan didapatnya persyaratan misi dan batasan desain, maka proses desain awal bisa dilakukan.

Hasil dari desain awal adalah konfigurasi satelit yang dapat memenuhi parameter kinerja utama yang dipersyaratkan misi tanpa melampaui batasan desain. Untuk sistem satelit telekomunikasi parameter kinerja berarti cakupan dan *datarate*. Sementara batasan desain umumnya berat dan dimensi luar (*envelope*). Fokus dari desain awal adalah ditentukannya spesifikasi dari komponen-komponen utama dan moda operasi satelit. Padaakhir proses, pengembang satelit diharapkan dapat mulai membeli atau membuat komponen (*hardware/software*) satelit.

Desain detil mempunyai fokus pada perancangan antarmuka mekanik, elektronik, dan *software*, optimasi parameter komponen (seperti modulasi, bahan struktur dlsb),serta pembuatan prosedur pengujian. Sehingga pada akhir tahap ini, pengembang siap untuk melakukan integrasi dan pengujian satelit(Larson, 1999).

3 HASIL DESAIN KONSEP SATELIT

3.1 Perbandingan Satkomhan Mancanegara

Tabel 3-1 menunjukkan hasil studi pustaka tentang satelit telekomunikasi pertahanan (satkomhan) mancanegara dari studi literatur Kreb (2016 a-e). Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa sebagian besar satelit telekomunikasi militer menggunakan satelit geostasioner dengan berat 3-5 ton. Penggunaan satelit komunikasi militer

pada orbit geostasioner memberikan cakupan terhadap wilayah negara tersebut selama terus menerus. Dari tabel terlihat bahwa Amerika merupakan satu-satunya negara yang mempunyai satelit yang khusus untuk komunikasi UHF, yakni MOUS.

Tabel juga menunjukkan bahwa satelit komunikasi militer yang ada menggunakan pita gelombang *Ultra High Frequency* (UHF: 400an Mhz), untuk komunikasi bergerak, dan *Super High Frequency* (SHF) di pita C, Ku, maupun X-band (3-18an GHz), untuk komunikasi statis. Untuk jenis komunikasi semi bergerak dengan keamanan tinggi, digunakan *Extremely High Frequency* (Ka-band :>20 GHz).

Frekuensi UHF digunakan untuk komunikasi bergerak karena ukuran perangkat penggunaanya (*user terminal*) yang kecil. Namun komunikasi pada frekuensi ini mempunyai kapasitas yang rendah (hanya untuk suara dan teks singkat), sehingga umumnya digunakan pada unit-unit taktis.

Untuk kapasitas (*datarate*) komunikasi yang lebih tinggi, seperti pengiriman video/citra/dokumen yang diperlukan untuk pengambilan keputusan pada hierarki komando, umumnya digunakan SHF. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan, harga dari perangkat yang digunakan pengguna semakin mahal, dan memerlukan antena yang mengarah pada satelit (*directional antenna*). Namun pada saat yang sama kemampuan sistem untuk mengatasi gangguan interferensi radio (*jamming*) juga meningkat. Satelit komunikasi militer yang menggunakan pita gelombang sangat tinggi (V-band) memiliki tingkat keamanan yang tinggi, karena digunakan untuk pengendalian senjata nuklir.

Gambar 3-1 menunjukkan konfigurasi satelit UHF MUOS yang

menggunakan antena dengan diameter sangat besar (30 m), untuk menjamin jalur komunikasi dapat dilakukan dengan perangkat sebesar telepon genggam dari permukaan Bumi. Gambar 3-2 menunjukkan konfigurasi satelit C/Ku/X-band



Gambar 3-1: Satelit MUOS (Kreb, 2016e)

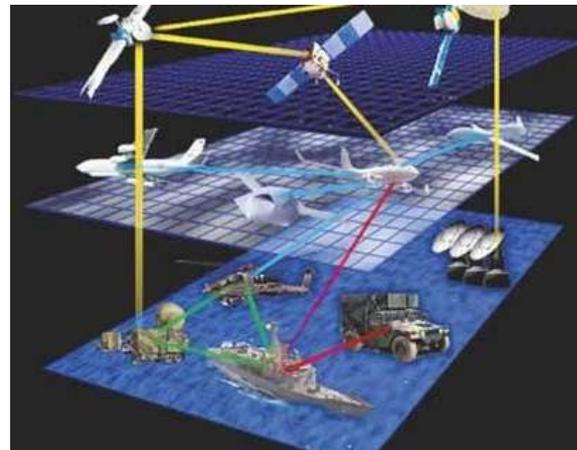


Gambar 3-2: Satelit Sicral-2 (Kreb, 2016c)

3.2 Perangkat Pengguna Satkomhan

Dalam konsep *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (C4ISR)* satelit telekomunikasi berfungsi sebagai penghubung dari keseluruhan aset

yang mempunyai 2 antena dengan lebar sekitar 3 m. Karena merupakan perangkat yang digunakan negara maju, data konfigurasi tersebut diantaranya akan menjadi asumsi batasan desain, dari kemampuan teknologi yang ada. militer di darat, laut, dan udara, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3-3 (garis kuning). Salah satu teknologi militer yang paling canggih saat ini adalah pesawat terbang tanpa awak (UAV) yang dapat beroperasi jauh dari pengendalinya. UAV tersebut mengandalkan sistem komunikasi dari satelit untuk berhubungan dengan pusat kendalinya.



Gambar 3-3: Konsep C4ISR
(<http://www.taikongmedia.com>)

Tabel 3-1: SATELIT TELEKOMUNIKASI PERTAHANAN MANCANEGERA

Satelit	Pemilik	Berat (kg)	Orbit	Longitude at Epoch	Band	Lifetime (Tahun)	Jumlah transponder
Syracuse 3	Perancis	3725	GEO	47.02° E	SHF/EHF	12	40 SHF, 6 EHF
Sicral 2	Italia & Perancis	3000	GEO	11.8° E	UHF/SHF/Ka	10	-
Skynet 5	Inggris	4700	GEO	17.8° W	X-band /UHF	15	9 UHF, 15 X-band
Milstar/AEHF	Amerika Serikat	4500	GEO	30.0° E	EHF/UHF	10	32 (45 GHz up/20 GHz down)
MUOS	Amerika Serikat	3800	GEO	177° W; 100° W; 15.5° W; 75° E	UHF	15	



Gambar 3-4: Antena satcom pada UAV (<http://www.defensemecanetwork.com/>)



Gambar 3-5: Antena satcom militer UHF (<http://www.eliteukforces.info/>)



Gambar 3-6: Stasiun Bumi semi permanen militer (<http://archive.defense.gov>)

3.3 Persyaratan Pengguna

Gambar 3-4 menunjukkan perangkat pengguna dengan antena parabola pada *platform* gymbal untuk menjaga akurasi arahnya pada satelit. Diameter antena untuk aplikasi ini dibatasi oleh dimensi badan pesawat, yang pada UAV tempur umumnya tidak lebih dari 1 m. Untuk pasukan infanteri, perangkat pengguna menggunakan antena Yagi untuk komunikasi satelit dengan frekuensi UHF (Gambar 3-5). Untuk komunikasi dengan *datarate* yang lebih besar, ukuran antena umumnya dirancang agar bisa dipasang di kendaraan militer (diameter < 3.5 m), atau wahana semi-portabel (Gambar 3-6). Data *platform* pengguna tersebut akan digunakan sebagai asumsi desain dalam menghitung kapasitas sistem komunikasi satelit (*link budget*).

Saat ini, jaringan telekomunikasi satelit yang digunakan TNI adalah dari satelit milik PT Telkom dan PT Indosat, untuk video conference, VPN IP, dan PSTN (data/voice). Karena menggunakan frekuensi C-band, jaringan telekomunikasi lapangan yang bisa dibuat hanya pada platform semi-portabel. Kebutuhan teknologi satelit telekomunikasi di Kemhan/TNI adalah untuk pengendalian di wilayah operasi seluruh Indonesia. Pada struktur TNI/Kemhan, yang mengoperasikan hub bagi sistem telekomunikasi satelit tersebut adalah Pusat Data & Informasi (Pusdatin) Kemhan, yang juga bertugas sebagai otoritas teknologi informasi. Di TNI, telekomunikasi merupakan tugas dari Dinas Komunikasi Elektronik (Diskomlek) dan Satuan Telekomunikasi Elektronik (Satkomlek). Di TNI-AU, Diskomlek juga bertugas untuk mengintegrasikan data dari seluruh satuan radar, di antaranya dengan sistem telekomunikasi satelit. Di TNI-AL juga terdapat unit yang bertugas mentransmisikan informasi dari radar dan AIS pantai milik TNI-AL di seluruh Indonesia ke markas besar di Jakarta via satelit telekomunikasi. Dengan tersedianya *transponder* Ku-band di BRIsat. Di TNI-AD, terdapat Dinas Informasi & Pengolahan Data (Disinfohta), yang juga mempunyai

tugas sebagai otoritas teknologi informasi (Pusdatin, 2014) (Adi, 2016).

Hingga kini, untuk infrastruktur telekomunikasi satelit, Kemhan/TNI masih tergantung pada operator telekomunikasi sipil/komersial. Hal ini memungkinkan berbagai aspek dalam pertahanan negara dikendalikan oleh pihak lain. Salah satu solusi untuk mengamankan jaringan komunikasi tersebut adalah dengan menggunakan satelit yang dikendalikan sendiri oleh pihak militer. Solusi tersebut adalah yang ditempuh oleh beberapa negara seperti pada bab 3.1.

Salah satu faktor yang membatasi kepemilikan satelit adalah tersedianya *slot* orbit dan frekuensi operasi. Berdasarkan informasi dari kominfo, Indonesia memiliki *slot* L-band di 123 E dan C-band di 115,4 E (Damanik, 2015). Sehingga sistem satelit telekomunikasi pertahanan akan dirancang untuk menggunakan asumsi *band* dan *slot* tersebut.

Berdasarkan informasi dari Pusdatin (2014), penggunaan sistem satelit telekomunikasi pertahanan untuk operasi militer di masa damai adalah untuk mengatasi separatisme dan terorisme, penjagaan perbatasan, mitigasi bencana, bantuan SAR, pengamanan pejabat dan tamu negara, dan tugas perdamaian dunia. Penggunaan satelit telekomunikasi pertahanan untuk operasi di masa perang adalah sesuai dengan doktrin pertempuran 3 matra, yakni dibagi menjadi 2 tipe yakni komunikasi statis (*Fixed Satellite System: FSS*) dengaratarate tinggi, dan komunikasi bergerak (*Mobile Satellite System: MSS*) dengan datarate menengah. FSS digunakan untuk komunikasi dari mabas TNI ke kotama, komunikasi antar kotama, dan komunikasi ke/dari pos perbatasan dan satuan pelapor. MSS

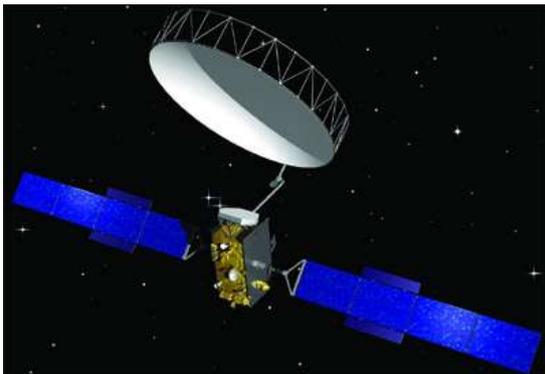
digunakan untuk jaringan integrasi radar udara dan laut, komunikasi ke/dari pesawat dan kapal laut, jaringan komunikasi ke/dari kodan. Sesuai dengan kajian pada bab 3.2, dalam desain kecepatan komunikasi FSS diasumsikan minimal 2 Mbps dengan antenna pengguna berdiameter 3 m, dan MSS berkecepatan 512 kbps dengan antenna pengguna berdiameter 50 cm.

3.4 Batasan Desain

Satelit L-band yang pernah dimiliki Indonesia (sebelumnya beroperasi di 123 E) adalah Garuda-1. Satelit tersebut mempunyai 2 buah *deployable antennas* dengan diameter 12 m, dan mempunyai bobot 4,5 ton. Satelit tersebut mempunyai 140 *spot beams*, dimana sekitar 70 di antaranya di wilayah Indonesia (Kreb, 2016f). Namun teknologi yang digunakan oleh satelit ini terbilang cukup tua, sehingga dicari referensi konfigurasi satelit yang lebih baru. Trend satelit L-band saat ini menggunakan 1 buah *deployable antenna* seperti MEXSAT dan Inmarsat-4 (Gambar 3-7). MEXSAT adalah satelit MSS Meksiko yang berbobot 5 ton dan mempunyai antenna dengan diameter 22 m untuk melayani 200 *spot beams*. Satelit tersebut mempunyai kapasitas daya listrik 14 kW dan beroperasi sejak akhir tahun 2015 (Kreb, 2016g). Inmarsat-4 memiliki bobot 6.6 ton dengan diameter antenna 12 m untuk melayani 200 *spot beams*. Satelit mempunyai kapasitas daya listrik 12 kW dan mulai beroperasi sejak akhir 2013 (Kreb, 2016h). Dengan berasumsi bahwa cakupan MSS yang akan dibangun adalah setengah dari yang dimiliki oleh Garuda-1 (hanya *beam* Indonesia), dan roket peluncuran terkecil ke geostasioner dapat membawa muatan hingga 2,5 ton, maka batasan desain satelit L-band yang akan dirancang adalah berat tidak lebih dari 2,5 ton,

mempunyai 1 buah antena *deployable* dengan diameter tidak lebih dari 12 m, mempunyai kapasitas daya listrik tidak lebih dari 10 kW.

Satelit C-band yang pernah dimiliki Indonesia adalah kelas 2,5 ton, yang memiliki 24 *transponders* (Telkom-1/2), dan kelas 4 ton, yang memiliki 60 *transponders* (BRISat). Saat ini, kelas 2,5 ton adalah yang terkecil untuk satelit GEO. Dengan asumsi bahwa kapasitas telekomunikasi yang diperlukan lebih kecil dari yang umumnya disiapkan oleh operator telekomunikasi komersial, maka digunakan asumsi bahwa satelit C-band yang akan dirancang mempunyaiberat tidak lebih dari 2,5 ton, mempunyai tidak lebih dari 24 *transponders*. Seperti Telkom-2, satelit tersebut akan mempunyai 2 buah antena dengan diameter 3 m.



Gambar 3-7: Satelit Inmarsat-4 (Kreb, 2016h)

3.5 Persyaratan Desain Awal

Dari proses desain konsep desain pada bab ini, didapat parameter untuk desain awal satelit sebagai berikut:

Tabel 3-2: PARAMETER DESAIN AWAL SATELIT

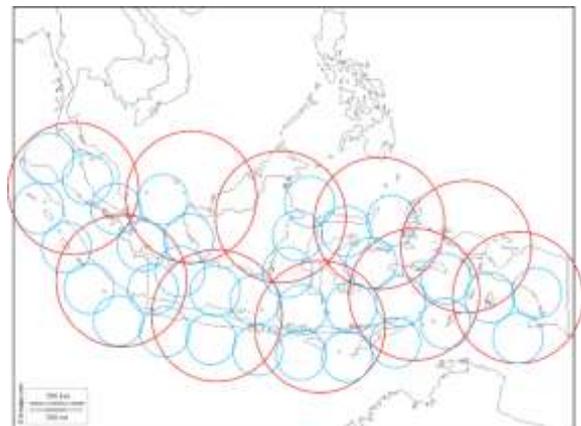
Satelit	L-band	C-band
Posisi	123 E	115,4 E
Berat	<2,5 ton	<2,5 ton
Antena sat.	Min. 1x12 m	2x3m
Antena user	Max. 50 cm	Max. 3 m
Datarate	>256 kbps	>2 Mbps
Footprint	Laut Indonesia	Indonesia
Umur	>10 tahun	>10 tahun

4 DESAIN AWAL

Proses desain yang pertama dilakukan adalah perancangan muatan satelit. Dalam hal ini berupa perhitungan *link budget* untuk melihat apakah misi pengiriman data sesuai dengan persyaratan misi.

4.1 Desain Subsistem Muatan

Gambar 4-1 adalah hasil perancangan *footprint* dari *beam* satelit C-band (warna merah) dan satelit L-band (warna biru). Jumlah keseluruhan *beam* yang digunakan adalah 10 buah untuk frekuensi C-band dan 44 buah untuk satelit L-band. Diameter *beam* C-band adalah 1194 km sedangkan untuk *beam* L-band adalah 440 km. Sesuai dengan persyaratan pada tabel 3-2, sebaran *footprint* L-band diutamakan pada wilayah laut, sementara *footprint* C-band adalah seluruh wilayah Indonesia.



Gambar 4-1: Desain *footprint* satelit L-band dan C-band

Berdasarkan *footprint* tersebut, dilakukan verifikasi *datarate* melalui perhitungan *link-budget*, sesuai referensi Larson (1999) bab 10, dan Suryana (2014). Penghitungan dilakukan pada *line-of-sight* terjauh, yaitu Aceh untuk satelit L-band dan Papua untuk satelit C-band (tabel 4-1 dan 4-2). Dari hasil perhitungan *link budget* maka dapat diketahui bahwa satelit dapat memenuhi

kebutuhan *datarate* sebesar 512 kbps untuk L-band dan 10 Mbps untuk C-band.

Tabel 4-1: HASIL PERHITUNGAN LINK BUDGET L-BAND TERJAUH

Parameter	Unit	Downlink	Uplink
Frequency	GHz	1,6	1,6
Transmitter power	Watt	20	2
Transmitter power	dBW	13,01	3,01
Transmit antenna beamwidth	deg	0,35	52,5
Peak transmit antenna gain	dBi	45,21	40,86
Transmit antenna diameter	m	18,00	0,5
Transmit antenna pointing offset	deg	0,2	26,25
Transmit antenna pointing loss	dB	-3	-3
Transmit antenna gain [net]	dBi	42,21	37,86
Equip Isotropic Radiated Power	dBW	54,42	39,87
Propagation path length	km	36562	36562
Space loss	dB	-187,79	-187,79
Receive antenna diameter	m	0,5	18
Peak receive antenna gain [net]	dBi	15,46	46,59
Receive antenna beamwidth	deg	1	1
Receive antenna gain	dBi	12,46	43,59
System noise temperature	K	135	614
Data rate	kbps	512	512
Eb/No	dB	25,29	35,29
Carrier to Noise Ratio	dB-Hz	85,39	95,38
Bit Error Rate		1E-07	1E-07
Required Eb/No	dB	11,3	11,3
Margin	dB	11,99	21,99

Tabel 4-2: HASIL PERHITUNGAN LINK BUDGET C-BAND TERJAUH

Parameter	Unit	Downlink	Uplink
Frequency	GHz	7,4	7,4
Transmitter power	Watt	100	50
Transmitter power	dBW	20,00	16,99
Transmit antenna beamwidth	deg	0,95	2
Peak transmit antenna gain	dBi	44,34	43,70
Transmit antenna diameter	m	3,00	3
Transmit antenna pointing offset	deg	0,5	1
Transmit antenna pointing loss	dB	-3	-3
Transmit antenna gain [net]	dBi	41,34	40,70
Equip Isotropic Radiated Power	dBW	60,54	56,69
Propagation path length	km	36495	36495
Space loss	dB	-201,08	-201,08
Propagation and Polarization loss	dB	-1	-1
Receive antenna diameter	m	3	3
Peak receive antenna gain [net]	dBi	44,33	44,33
Receive antenna beamwidth	deg	1	1
Receive antenna pointing error	deg	0,5	0,5
Receive antenna gain	dBi	41,33	41,33
System noise temperature	K	135	614
Data rate	kbps	10,000	10,000
Eb/No	dB	34,09	23,65
Carrier to Noise Ratio	dB-Hz	107,09	96,65
Bit Error Rate		1E-07	1E-05
Required Eb/No	dB	11,3	9,6
Margin	dB	20,79	12,05

4.2 Perhitungan Subsystem Daya

Dari hasil desain subsistem muatan di sub-bab 4-1 dapat dihitung daya yang diperlukan oleh *payload* utama pada masing-masing satelit. Satelit L-band membutuhkan daya 880 Watt untuk *payload* sedangkan C-band membutuhkan daya 1000 Watt untuk *payload*. Kebutuhan daya total dari tiap satelit dihitung dengan data perkiraan statistik pada referensi Larson (1999) bab 10, seperti pada Table 4-3.

Dengan konsumsi tersebut, maka energi yang diperlukan oleh satelit dalam L-band dalam 24 jam adalah 30552 Whr dan satelit C-band 34320 Whr. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakan panel surya yang berbahan GaAs, yang mempunyai efisiensi 20%, dan faktor degradasinya 2.7%/tahun. Mengacu pada metoda perhitungan di referensi Larson (1999) bab 11, untuk menjamin ketersediaan daya listrik yang cukup hingga tahun operasi ke 10, diperlukan luas panel surya minimal 36 m², bagi kedua satelit. Penempatan panel surya tersebut dibagi menjadi dua bagian, pada sisi kiri dan kanan satelit, masing-masing dengan lebar 3 m dan panjang 6 m.

Tabel 4-3: KONSUMSI DAYA SATELIT L-BAND AND C-BAND

	L-band (W)	C-band (W)
payload	880	1000
propulsion	49	71
ADCS	194	143
TTC	49	71
Main computer	52	74
thermal	49	71
Total	1273	1430

4.3 Perhitungan Propulsi dan Masa

Perhitungan *dry mass* (berat tanpa bahan bakar) satelit dilakukan dengan pendekatan data statistik satelit komunikasi yang pernah ada, seperti

pada referensi Larson (1999) bab 10 dan Springmann (2004). Tabel 4-4 memuat hasil extrapolasi model statistik tersebut untuk kasus satelit pertahanan L-band dan C-band.

Untuk menjaga kualitas pelayanan telekomunikasinya, satelit Geostasioner perlu melakukan manuver *orbit/station-keeping*. Sehingga, pada kasus satelit komunikasi pertahanan L-band dan C-band, diperlukan bahan bakar untuk beroperasi selama 10 tahun. Perhitungan dilakukan dengan asumsi roket peluncur hanya mengantarkan hingga orbit transfer (GTO), sehingga satelit akan melakukan *Apogee burn* untuk mencapai orbit geostasioner, dan melakukan *station keeping* selama umur operasinya, serta *dry mass* yang didapat dari Tabel 4-4 (ditambah margin).

Tabel 4-4: MASS BUDGET SATELIT KOMUNIKASI PERTAHANAN

	L-band (kg)	C-band (kg)
Dry mass	1047.3	960
payload	297.4	272.7
structure	179.1	164.2
thermal	52.4	48
power	309	283.2
TTC	32.5	29.8
ADCS	72.3	66.2
propulsion	91.1	83.5

Parameter yang diketahui dari dua kondisi tersebut adalah kecepatan tambahan (ΔV) yang diperlukan yaitu sebesar 1500 m/s untuk *Apogee burn*, dan kecepatan tambahan 86,5 m/s untuk koreksi orbit per tahun. Kedua satelit diasumsikan menggunakan sistem propulsi *bi-propellant*. Tabel 4-5 menunjukkan perincian konsumsi bahan bakar (*propellant*) pada satelit L-band untuk kedua jenis manuver orbit tersebut. Tabel 4-6 menunjukkan perincian konsumsi bahan bakar pada satelit C-band untuk kedua jenis manuver orbit.

Tabel 4-5: PROPELLANT SIZING SATELIT L-BAND

year	Initial mass (kg)	Final mass (kg)	Propellant used (kg)
0	2400	1453	868,1
1	1453	1411,6	41,4
2	1411,6	1371,3	40,3
3	1371,3	1332,2	39,1
4	1332,2	1294,2	38
5	1294,2	1257,3	36,9
6	1257,3	1221,4	35,9
7	1221,4	1186,6	34,8
8	1186,6	1152,7	33,9
9	1152,7	1119,8	32,9
10	1119,8	1087,9	31,9

Tabel 4-7: PROPELLANT SIZING SATELIT C-BAND

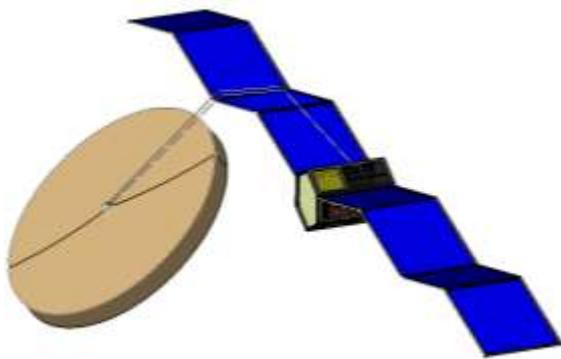
year	Initial mass (kg)	Final mass (kg)	Propellant used (kg)
0	2200	1331,9	868,1
1	1331,9	1293,9	38
2	1293,9	1257	36,9
3	1257	1221,1	35,9
4	1221,2	1186,3	34,9
5	1186,3	1152,5	33,8
6	1152,5	1119,6	32,9
7	1119,6	1087,7	31,9
8	1087,7	1056,6	31,1
9	1056,6	1026,5	30,1
10	1026,5	997,2	29,3

Tabel 4-6 dan 4-7 menunjukkan bahwa bahan bakar yang dibutuhkan oleh satelit L-band adalah 1312 kg, dan untuk satelit C-band 1202,8 kg. Dengan asumsi sistem propulsi *bi-propellant*, didapatkan volume tangki yang diperlukan yaitu sebesar 0,95 m³ untuk satelit L-band, dan 0,87 m³ untuk satelit C-band. Dengan data volume tangka (yang umumnya berbentuk bulat atau ellipsoid) tersebut, maka dapat dipastikan masing-masing satelit akan bisa masuk dalam

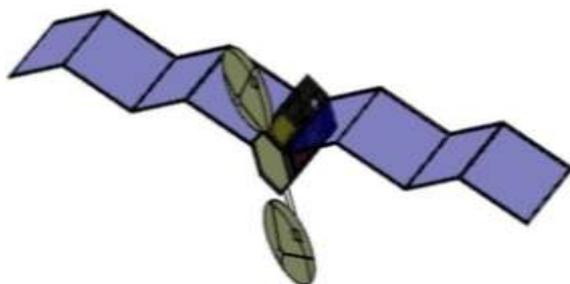
fairing roket peluncur geostasioner kelas 2,5 ton (Soyuz, GSLV, LM-3), yang umumnya memiliki diameter 3,5 m dan panjang 5 m. Tabel juga menunjukkan bahwa *launch mass* dari masing-masing satelit tidak melebihi batasan roket peluncur, yakni 2400 kg untuk satelit L-band dan 2200 untuk satelit C-band.

4.4 Konfigurasi Satelit

Dengan data ukuran antena, luas *solar panel* (atau panel surya?), dan ukuran bus satelit, secara geometris, satelit L-band dan C-band untuk komunikasi pertahanan Indonesia dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 4-2 dan 4-3.



Gambar 4-2: Ilustrasi hasil desain satelit L-band



Gambar 4-3: Ilustrasi hasil desain satelit C-band

5 KESIMPULAN

Telah dilakukan desain awal sistem satelit telekomunikasi pertahanan untuk Indonesia. Berdasarkan persyaratan pengguna dan ketersediaan sumberdaya

slot orbit dan frekuensi, didapatkan konfigurasi 2 satelit untuk mendukung komunikasi bergerak dan statis sebagai berikut:

Frekuensi	L-band	C-band
Posisi	123 BT	118 BT
Datarate	512 kbps	10 Mbps
Footprint	Maritime Indonesia	Indonesia
Beams	34x440km	10x1200km
Konsumsi daya	1 Kw	1,5 kW
Berat	2200 kg	2400 kg
Umur operasi	10 tahun	10 tahun

Satelit L-band akan memiliki antena dengan diameter 18 m, sehingga antena pengguna di Bumi cukup dengan diameter 50 cm, yang bisa diimplementasikan di UAV (sebagai aplikasi yang paling kompleks). Dengan *datarate* yang ada UAV akan bisa dioperasikan secara *real time* dari jarak jauh (*beyond line-of-sight*).

Satelit C-band akan memiliki antena dengan diameter 3 m, sehingga dengan antena yang terpasang secara semi-statis (diameter 3 m), dapat melakukan komunikasi dengan kecepatan sangat tinggi (*high resolution video streaming*, dan lain lain).

Hasil desain awal dapat digunakan untuk tahap desain sistem selanjutnya, seperti perencanaan operasi komunikasi (*network planning*), pembuatan perkiraan biaya, dan sebagainya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Mesin dan

Dirgantara ITB yang telah mendanai riset ini (SK Dekan FTMD, ITB, No: 213/SK/I1.C08/PL/2016).

Penulis mengucapkan terimakasih pada Dr. Joko Suryana dari STEI ITB untuk konsultasinya mengenai satelit komunikasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Adi, D.; IMSS, 2016. *Radar Pengawas Garis Pantai Selat*; <http://cintabelanegara.blogspot.co.id/2015/01/imss-radar-pengawas-garis-pantai-selat.html> (dilihat April 2016).
- Damanik, G., 2015. *Satellite Regulatory and Usage in Indonesia*; ITU/MIC International Satellite Symposium, Vietnam.
- Dunk, K., 2011. *Analysis and Design of a Propulsion System Trade Study Tool for a Boeing 376 Series Communications Satellite*, California Polytechnic State Institute.
- Kreb, G.; Garuda-1; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/garuda-1.htm (dilihat April 2016f).
- Kreb, G.; Inmarsat-4; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/alphasat.htm (dilihat April 2016h).
- Kreb, G.; MEXSAT-1; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/mexsat-1.htm (dilihat April 2016g).
- Kreb, G.; Milstar-2; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/milstar-2.htm (dilihat Januari 2016a).
- Kreb, G.; MUOS-1; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/muos-1.htm (dilihat Januari 2016e).
- Kreb, G.; Sicral-2; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/sicral-2.htm (dilihat Januari 2016c).
- Kreb, G.; Skynet-5; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/skynet-5.htm (dilihat Januari 2016b).
- Kreb, G.; Syracuse-3; http://space.skyrocket.de/doc_sdat/syracuse-3.htm (dilihat Januari 2016d).
- Larson, W. J., Wertz, J. R., 1999. *Space Mission Analysis and Design*, Kluwer Academic Publisher.
- Pusdatin Kemhan, 2014. *Rencana Paparan Satelit Pertahanan*, Presentasi pada FGD Rencana Induk 25 Tahun Teknologi Satelit Nasional, LAPAN, Juni 2014.
- Rahman, A.; Pertahanan RI Kuat jika Punya Satelit Sendiri; <http://news.okezone.com/read/2014/09/19/339/1041688/pertahanan-ri-kuat-jika-punya-satelit-sendiri> (dilihat Februari 2014).
- Sasongko, A.; LAPAN, 2014. Indonesia Butuh Satelit untuk Kepentingan Pertahanan; <http://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/14/04/21/n4djfn-lapan-indonesia-butuh-satelit-untuk-kepentingan-pertahanan> (dilihat Februari 2014).
- Springmann, P.N., De Weck, O. L., 2004. *Parametric Scaling Model for Nongeosynchronous Communications Satellites*, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 41, No. 3.
- Suryana, J. Putri, N. P., 2014. *Desain Satelit Broadband Nasional pada Frekuensi Ka-band*, Presentasi Penelitian STEI ITB.
- Waluyo, A., 2015. *Indonesia Bangun Satelit Khusus Kontra Intelijen*; <http://www.voaindonesia.com/content/indonesia-bangun-satelit-khusus-kontra-intelijen/1800023.html> (dilihat April 2015).

