

# **DESAIN DAN IMPLEMENTASI GROUND MODEL SATELIT NANO DENGAN SUBSISTEM KOMUNIKASI PADA FREKUENSI S-BAND (DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GROUND MODEL NANO-SATELLITE WITH S-BAND FREQUENCY COMMUNICATION SUBSYSTEM)**

**Fitrenna Khaznasari<sup>1</sup>, Joko Suryana**

Sekolah Tinggi Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Jawa Barat

<sup>1</sup>e-mail: fitrenna@gmail.com

Diterima: 5 Oktober 2017; Direvisi: 9 November 2017; Disetujui: 27 November 2017

## **ABSTRACT**

This paper discusses about the design of the Earth observation ground model nano-satellite which communication subsystem works in S-BAND frequency. This ground model nano-satellite refers to GOLIAT satellite which has the size of 10 x 10 x 10 cm, weighs one kilogram, brings camera as its payload, and has a power emission of 1 watt. The ground model has a microstrip antenna with the size of 9,5 x 9,5 cm, works in frequency of 2,4 GHz, has the parameter of  $S_{11}$  -18,506 dB, the VSWR equals to 1,2695, and has gain of 6,42 dB. The ground model was made from Seeduino as an on-board computer, XBee module for communication, VC0706 camera, lithium ion battery, solar cell, and various sensors. The calculation of link budget at 300km distance for the ground model is Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) equal to 36,42 dBm, receive power equals to -101,18 dBm, receive power and noise ratio ( $\frac{P_r}{N}$ ) equal to 107 dBHz, and energy bit and noise ratio equal to 55,02 dB, while GOLIAT satellite has EIRP of 32,2 dBm, receive power of -82 dBm, receive power and noise ratio of 126,18 dBHz, and energy bit and noise ratio equal to 86,357 dB. Therefore, it could be concluded that the design and implementation of nano-satellite with S-band communication system has been successfully done, moreover, the performance is better than the satellite design used for comparison.

Keywords: *ground model nano-satellite, frequency 2,4 GHz, antenna, seeduino, XBee, link budget*

## ABSTRAK

Makalah ini berisi desain dari *ground model* nano-satelit pengamat Bumi yang subsistem komunikasinya bekerja pada frekuensi *S-Band*. *Ground model* yang dibuat mengacu pada satelit GOLIAT yang memiliki ukuran sebesar 10 x 10 x 10 cm, berat satu kilogram, *payload* yang dibawa berupa kamera, dan daya yang dipancarkan sebesar 1 watt. *Ground model* satelit nano yang dibuat memiliki antena untuk transmisi berupa antena mikrostrip dengan ukuran 9,5 x 9,5 cm, frekuensi kerja 2,4 GHz, nilai parameter  $S_{11}$  sebesar -18,506 dB, VSWR sebesar 1,2695, dan *gain* sebesar 6,42 dB. *Ground model* yang dibuat menggunakan Seeeduino sebagai *on-board computer*, modul XBee untuk berkomunikasi, kamera VC0706, baterai lithium ion, *solar panel*, dan berbagai macam sensor. Perhitungan *link budget* pada jarak 300 km untuk *ground model* satelit nano yang dibuat yaitu *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)* yang dimilikinya sebesar 36,42 dBm, daya terima -101,18 dBm, *receive power* dan *noise ratio* ( $\frac{P_R}{N}$ ) sebesar 107 dBHz, dan *energy bit* dan *noise ratio* sebesar 55,02 dB, sementara untuk satelit GOLIAT memiliki EIRP sebesar 32,2 dBm, daya terimanya sebesar -82 dBm, *receive power* dan *noise ratio* sebesar 126,18 dBHz, dan *energy bit* dan *noise ratio* sebesar 86,357 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain dan implementasi *ground model* satelit nano dengan subsistem komunikasi *S-band* berhasil dilakukan, bahkan kinerjanya lebih baik dari satelit pembandingan.

Kata kunci: *ground model satelit nano, frekuensi 2,4 GHz, antena, seeeduino, XBee, link budget*

## 1 PENDAHULUAN

Satelit nano merupakan satelit yang berukuran 10 x 10 x 10 cm dengan berat kurang lebih satu kilogram. Saat ini sudah banyak negara-negara maju meluncurkan satelit nano yang digunakan untuk misi pengawasan kemaritiman, pengamatan permukaan bumi, hingga kemiliteran. Banyaknya penggunaan satelit nano ini karena satelit nano merupakan satelit yang kecil dengan harga yang murah serta mudah dalam mendesain dan mengaplikasikannya.

Frekuensi *S-Band* merupakan frekuensi yang bekerja antara 2–4 GHz. Saat ini sudah banyak satelit nano yang menggunakan frekuensi *S-Band* sebagai frekuensi kerjanya. Frekuensi *S-Band* dipilih karena dirasa cocok untuk digunakan di Indonesia mengingat Indonesia memiliki curah hujan yang cukup tinggi yang akan mempengaruhi kinerja satelit dengan frekuensi tinggi. Pembuatan *ground model* ini akan menggunakan frekuensi 2,4 GHz sebagai

frekuensi kerjanya karena *ground model* yang dibuat menggunakan modul XBee untuk komunikasi yang bekerja pada 2,4 GHz. Pembuatan *ground model* satelit nano pada frekuensi 2,4 GHz ini dilakukan sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dari satelit nano khususnya di Indonesia.

## 2 DASAR TEORI

### 2.1 Satelit Nano

Satelit nano merupakan satelit kecil yang berukuran sekitar 10 x 10 x 10 cm dengan massa satu kilogram. Satelit nano biasa digolongkan sebagai miniatur satelit yang membawa satu atau dua misi. Satelit nano berada pada orbit LEO dengan kecepatan sekitar 27.500 km/jam dan biasanya berkomunikasi pada frekuensi *S-Band*, VHF, atau UHF.

### 2.2 Antena

Antena merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah sinyal

listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian dipancarkan ke ruang bebas, atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruangan bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Ada beberapa komponen penting yang perlu diamati dalam pembuatan antena yaitu *return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), pola radiasi, *gain*, dan polarisasi.

### 2.2.1 Return loss

*Return loss* merupakan nilai dari parameter  $S_{11}$ . *Return loss* merupakan perbandingan dari daya yang terpantul dengan daya yang dikirimkan. *return loss* dapat dinyatakan dengan menggunakan rumus di bawah ini

$$\text{Return loss} = S_{11} = -20 \log|\Gamma| \quad (2-1)$$

### 2.2.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

*Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan perbandingan nilai antara amplitudo maksimal dengan nilai amplitudo minimal dan dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini,

$$\text{VSWR} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2-2)$$

### 2.2.3 Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan sebuah penggambaran dari radiasi yang berhubungan dengan kekuatan gelombang radio yang dipancarkan oleh antena ataupun tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh antena pada sudut tertentu. Selain itu, pola radiasi dianggap sebagai perwakilan dari kekuatan medan relatif dari medan yang diradiasikan oleh antena.

### 2.2.4 Gain

*Gain* antena merupakan sebuah parameter yang mengukur efisiensi dan

daya pancar antena yang diukur dalam satuan desibel. *Gain* juga merupakan parameter untuk mengatur keterarahan dari sebuah antena. Antena yang memiliki *gain* yang rendah memiliki keterarahan yang sama pada semua arah, sementara antena yang memiliki *gain* yang tinggi memiliki keterarahan hanya pada satu arah tertentu. Perhitungan *gain* biasanya dilakukan dengan metode perbandingan [C. A. Balanis, 2005].

$$G = G_{ref} \frac{P_{max}}{P_{maxrelatif}} \quad (2-3)$$

### 2.2.5 Polarisasi

Polarisasi dari gelombang radiasi didefinisikan sebagai sifat gelombang elektromagnetik yang menyatakan arah yang bervariasi terhadap waktu dan magnitudo relatif dari vektor medan listrik. Polarisasi terdiri dari tiga jenis yakni polarisasi linier, polarisasi sirkular, dan polarisasi elips.

## 2.3 On-board Computer

Pada satelit dibutuhkan komputer yang berfungsi sebagai "otak" dari satelit tersebut. Komputer ini akan diprogram sedemikian rupa sehingga bisa menghubungkan antara satelit dengan stasiun bumi. Ada berbagai macam komputer yang bisa digunakan sebagai "otak" dari satelit. Komputer yang digunakan pada satelit nano harus memiliki performa yang sangat baik, bentuk yang kecil, dan daya yang rendah karena keterbatasan daya yang dimiliki satelit nano dan bentuk satelit nano yang sangat kecil.

## 2.4 Solar Panel dan Baterai

*Solar panel* merupakan pembangkit listrik yang mengubah cahaya menjadi energi listrik. *Solar panel* biasa disebut dengan sel *photovoltaic*. *Solar panel* biasa digunakan pada satelit nano untuk

mendapatkan daya yang akan digunakan pada satelit nano. *Solar panel* akan mengubah energi matahari yang didapatkan pada saat satelit menghadap ke arah matahari, kemudian energi yang diserap akan diubah menjadi energi listrik dan bisa digunakan untuk kebutuhan satelit nano.

Selain *solar panel*, satelit nano memiliki baterai untuk memenuhi kebutuhan daya agar satelit nano bisa tetap berfungsi. Baterai yang digunakan merupakan baterai yang bisa diisi dayanya sehingga dapat digunakan berkali-kali. Pada umumnya baterai yang digunakan memiliki kapasitas antara 2500-5000 mAh dan berbahan lithium.

**2.5 Kamera**

Kamera yang dibawa oleh satelit nano harus bisa mengambil gambar permukaan bumi dengan baik agar pengguna dapat mengetahui kondisi wilayah yang diamati. Kamera yang digunakan untuk pengamatan wilayah harus memiliki spesifikasi resolusi tinggi dan ukuran yang kecil agar dapat dimasukkan ke dalam bagian satelit nano.

**2.6 Modul Komunikasi**

*Ground model* satelit nano memerlukan modul komunikasi agar dapat mengirimkan data yang telah didapatkan oleh satelit nano. Modul komunikasi yang akan digunakan oleh *ground model* harus dapat berkomunikasi secara *wireless*. Daya yang dipancarkan oleh modul komunikasi harus bisa diterima oleh bagian penerima.

**2.7 Sensor**

Sensor merupakan komponen yang sangat penting pada satelit nano karena sensor ini digunakan untuk membantu mengawasi kondisi sekitar satelit nano pada saat di luar angkasa.

Adanya sensor membuat pengguna dapat mengamati posisi satelit nano pada saat di luar angkasa, suhu di sekitar satelit nano, cahaya yang mengarah ke satelit nano, hingga mendeteksi besarnya medan magnet yang ada pada lingkungan satelit nano.

**2.8 Link Budget**

Kalkulasi *link budget* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sinyal yang akan diterima oleh *receiver* setelah mengalami redaman.

Perhitungan *link budget* dilakukan dengan menghitung komponen EIRP, daya terima, *figure of merit*, *receive power to noise ratio*, dan *energy bit to noise ratio* [J. Suryana, 2014].

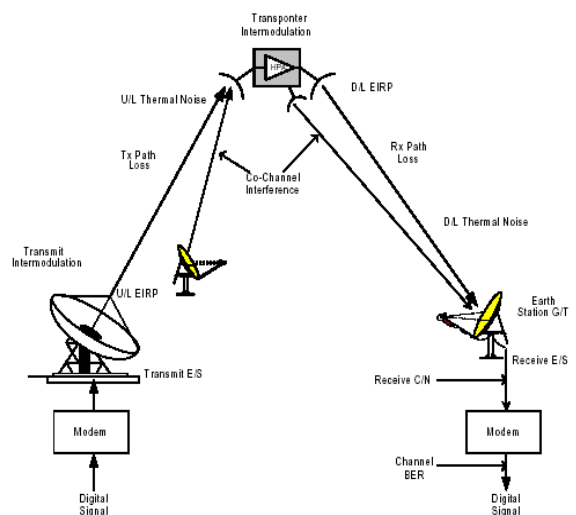
$$EIRP = P_S + G_T \tag{2-4}$$

$$P_R = EIRP + G_R - losses \tag{2-5}$$

$$\frac{G}{T} = G_R - 10 \log T_{sys} \tag{2-6}$$

$$\frac{P_R}{N} = EIRP + \frac{G}{T} - losses - 10 \log k \tag{2-7}$$

$$\frac{Eb}{No} = \frac{P_R}{N} - 10 \log bit \ rate \tag{2-8}$$

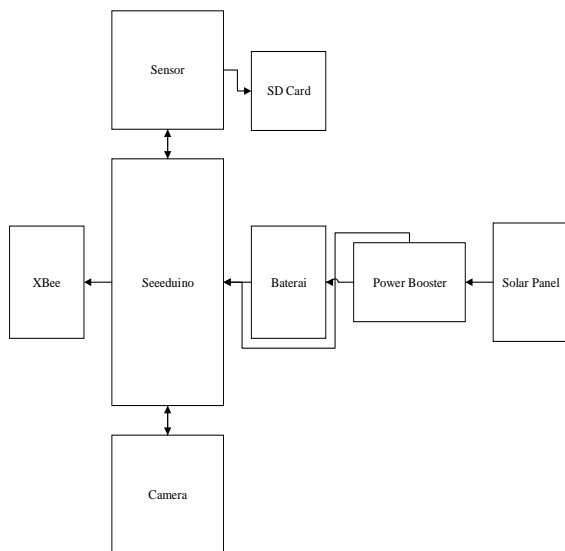


Gambar 2-1: *Link Budget* [J. Suryana, 2014]

**3 PERANCANGAN GROUND MODEL**

Pembuatan *ground model* dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh

komponen yang diperlukan oleh *ground model*. Tahap pembuatan *ground model* yang dilakukan adalah menentukan misi nano satelit, menentukan spesifikasi *ground model*, menentukan komponen yang digunakan, membuat desain antena yang akan digunakan, mengimplementasikan antena yang telah didesain, menyusun komponen yang dibutuhkan *ground model*, dan mengintegrasikan seluruh komponen yang ada pada *ground model* nano satelit.



Gambar 3-1: Hubungan antar komponen pada *ground model*

*Ground model satelit nano* yang didesain terdiri dari *on-board computer*, sensor, kamera, baterai, solar panel, modul komunikasi, dan antena komunikasi. Seeduino merupakan mikrokontroler yang akan berfungsi sebagai *on-board computer*. Data suhu, cahaya, kecepatan, magnetik, dan posisi akan didapatkan dengan menggunakan sensor gabungan dari ArduSat. Kamera yang digunakan untuk mengambil gambar merupakan kamera VC0706. Daya yang digunakan untuk menyalakan *ground model satelit nano* berasal dari baterai lithium ion yang dapat diisi ulang dengan solar panel. Pengiriman data yang didapatkan oleh *ground model satelit*

*nano* menggunakan modul XBee pro seri 1, dan antena komunikasi didesain untuk menggantikan antena yang sudah ada pada modul XBee pro seri 1.

### 3.1 Spesifikasi Satelit Nano

*Ground model satelit nano* yang dibuat akan mengacu pada satelit GOLIAT. Spesifikasi satelit GOLIAT dapat diamati pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1: SPESIFIKASI SATELIT GOLIAT

Komponen	Spesifikasi
Antena	Monopol dengan gain 2,2 dB
Daya Pancar	1 watt
Payload	Kamera dan Sensor
Ukuran	10 x 10 x 10 cm
Berat	1 kilogram
Bit rate	83 kbps
Modulasi	GFSK
Orbit	Low-earth Orbit
Frekuensi Kerja	2,4 GHz
Modul Komunikasi	MHX 2400

Data diatas merupakan data yang akan digunakan untuk acuan pembuatan *ground model satelit nano*.

### 3.2 Perancangan Antena Komunikasi

Antena yang dibuat merupakan antena mikrostrip *patch* persegi dengan susunan *array*. Pembuatan antena komunikasi ini dimulai dengan membuat antena satu elemen dengan bentuk *patch* persegi. Ukuran antena *patch* yang didesain didapatkan dengan menggunakan rumus dibawah ini [C. A. Balanis, 2005].

$$W = \frac{1}{2fr\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} * \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{3-1}$$

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (3-2)$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (3-3)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right) \quad (3-4)$$

$$Lf = \frac{\lambda g}{4} = \frac{c}{4fr\sqrt{\epsilon r}} \quad (3-5)$$

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left[ \frac{8h}{Wf} + \frac{Wf}{4h} \right] & \text{untuk } \frac{Wf}{h} \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left[ \frac{Wf}{h} + 1,393 + 0,667 \ln \left( \frac{Wf}{h} + 1,444 \right) \right] & \text{untuk } \frac{Wf}{h} > 1 \end{cases} \quad (3-6)$$

$$c = \frac{L}{2.72} \quad (3-7)$$

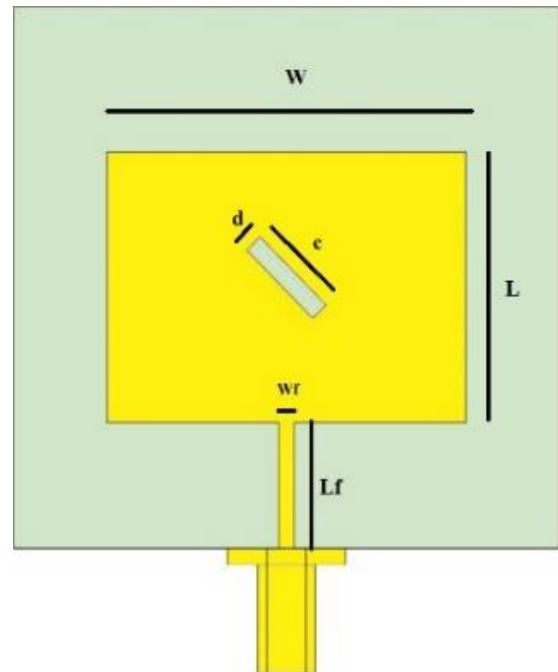
$$d = \frac{c}{10} \quad (3-8)$$

Nilai parameter pembuatan antenna satu elemen yang didapatkan dengan menggunakan rumus di atas dapat diamati pada kolom nilai awal. Nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan masih belum memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan sehingga dilakukan proses pengoptimalan dari parameter yang telah didapatkan.

Proses pengoptimalan ini dilakukan dengan mengubah ukuran dari panjang *patch*, lebar *feedline*, dan ukuran dari *slotted line*. Hasil simulasi dari parameter hasil pengoptimalan yang pertama sudah jauh lebih baik akan tetapi masih belum memenuhi spesifikasi. Pengoptimalan kembali dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Setelah disimulasikan, nilai dari parameter yang digunakan untuk proses pengoptimalan yang kedua sudah memenuhi spesifikasi, akan tetapi *gain* yang didapatkan masih belum memenuhi spesifikasi sehingga perlu dilakukan penyusunan secara *array* untuk memperbesar nilai *gain*.

Tabel 3-2: DESAIN ANTENA SATU ELEMEN

Parameter	Nilai Awal	Optimasi 1	Nilai Akhir
W	38,36 mm	38,36 mm	38,36 mm
$\epsilon_{reff}$	4	4	4
$\Delta L$	0,74 mm	0,74 mm	0,74 mm
L	29,7 mm	28,5 mm	28 mm
Lf	15,07 mm	15,07	15,07 mm
Wf	3,135 mm	2 mm	1,7 mm
Panjang slotted line (c)	10,9 mm	10,4 mm	10,29 mm
Lebar slotted line (d)	1,09 mm	1,04 mm	1,029 mm



Gambar 3-2: Desain antenna satu elemen

Penyusunan antenna secara *array* dilakukan dengan menambah saluran transmisi untuk mencatu. Pencatuan dilakukan dari belakang agar tidak ada kabel yang keluar dari satelit nano yang dibuat. Selain itu ditambahkan lubang untuk kamera agar antenna dapat dipasang dibagian sisi satelit nano. Desain antenna *array* yang dibuat menggunakan parameter (Tabel 3-4)

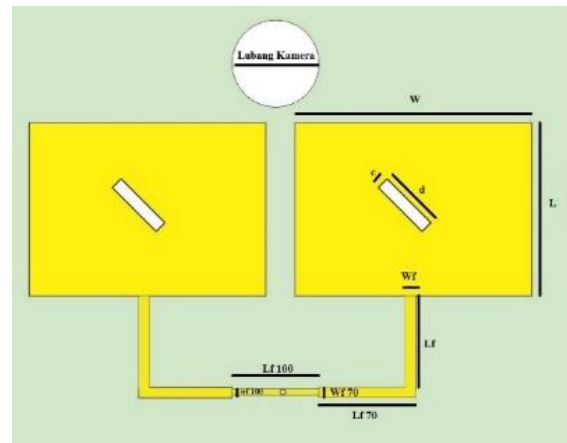
Tabel 3-3: HASIL SIMULASI ANTENA SATU ELEMEN

Parameter	Nilai Awal	Optimasi 1	Nilai Akhir
S11	-2,2667 dB	-8,14 dB	-15,73 dB
VSWR	7,7	2,28	1,39
Gain	-0,38 dB	2,464 dB	2,638 dB

Tabel 3-4: DESAIN MIKROSTRIP ARRAY ANTENA

Parameter	Nilai Awal	Nilai Akhir
Lebar <i>patch</i> (W)	38,36 mm	38,36 mm
Panjang <i>patch</i> (L)	28 mm	28 mm
Panjang saluran transmisi pertama	15,07 mm	15,07 mm
Lebar saluran transmisi pertama	1,7 mm	1,7 mm
Panjang <i>slotted line</i>	10,29 mm	10,29 mm
Lebar <i>slotted line</i>	1,029 mm	1,029 mm
Panjang saluran transmisi 70 ohm	15,07 mm	11,405 mm
Lebar saluran transmisi 70 ohm	1,64 mm	2,87 mm
Panjang saluran transmisi 100 ohm	14,1 mm	21,86 mm
Lebar saluran transmisi 100 ohm	0,72 mm	1 mm
Jarak antar <i>patch</i>	43 mm	43 mm

Nilai awal didapatkan dari antena *single element* yang dihubungkan oleh saluran pencatu. Nilai tersebut masih belum maksimal sehingga perlu dilakukan proses pengoptimalan agar hasil yang didapatkan jauh lebih baik lagi. Proses pengoptimalan dilakukan dengan mengubah nilai saluran catu yang digunakan. Hasil pengoptimalan tersebut dianggap sudah memenuhi spesifikasi sehingga dijadikan parameter akhir yang akan digunakan untuk pencetakan antena



Gambar 3-3: Desain antena array

Tabel 3-5: HASIL SIMULASI ANTENA ARRAY

Parameter	Nilai Awal	Nilai Akhir
S11	-12,63 dB	-19,037 dB
VSWR	1,609	1,2515
Gain	5,18 dB	4,616 dB

### 3.3 Perancangan On Board Computer

*On board computer* pada satelit sesungguhnya biasanya memiliki spesifikasi yang cukup tinggi seperti *cube computer* yang memiliki memori 256 KB, massa 70 gram, konsumsi daya 200 mW, dan ukurannya sebesar 90 x 96 x 10 mm. *Ground model* satelit nano yang didesain menggunakan Seeeduino sebagai otak yang akan mengatur seluruh aktivitas dari satelit nano tersebut. Seeeduino ini memiliki spesifikasi memori 32 KB, RAM 2KB, ukuran 6,86 x 5,34 cm, berat 26 gram, dan daya yang digunakan 100 mW. Seeeduino ini sudah cukup memenuhi kebutuhan *ground model* satelit nano yang didesain, hanya saja memorinya kecil sehingga modul tambahan yang digunakan tidak bisa terlalu banyak.

### 3.4 Perancangan Kamera

Kamera yang akan digunakan untuk *ground model* satelit nano ini merupakan kamera sederhana VC0706 dengan resolusi 0,3 Megapixel, ukuran 3,2 x 3,2 cm, dan berat 12 gram.

Kamera VC0706 terhubung dengan Seeeduino menggunakan pin TX dan RX yang berada pin nomor 2 dan 3, selain itu kamera VC0706 juga terhubung pada tegangan 5 volt dan *ground*. Kamera akan mengambil gambar yang langsung dikirimkan ke penerima. Data yang diterima oleh penerima dapat diakses dengan menjalankan *user interface* sederhana yang dibuat dengan kode sumber python.

### 3.5 Perancangan Baterai dan Solar Panel

Baterai yang digunakan untuk menyalakan *ground model* satelit nano ini merupakan baterai lithium ion yang terhubung dengan *power boost*. Baterai ini kemudian dihubungkan dengan *switch* yang akan mengatur aliran arus untuk menghidupkan *ground model* satelit nano ini. Baterai ini membutuhkan tegangan minimum 3,7 volt untuk proses pengisian ulang baterai sementara tegangan yang dikeluarkan baterai ini sebesar 4,2 volt dan minimum 3,7 volt.

*Solar panel* yang digunakan untuk mengisi ulang baterai lithium ion sebanyak enam buah yang dipasang di setiap sisinya sebanyak dua buah. *Solar panel* ini disusun secara paralel sehingga memiliki tegangan sebesar 6 volt dan arus sebesar 600mA.

### 3.6 Perancangan Modul Komunikasi

Modul komunikasi yang digunakan pada satelit GOLIAT merupakan modul MHX 2400 yang memancarkan daya sebesar 1 watt dengan frekuensi kerja 2,4 GHz dan modulasi yang digunakan yaitu *Gaussian Frequency Shift Keying* (GFSK).

Modul komunikasi yang digunakan untuk berkomunikasi antara *ground model* satelit nano dengan pengguna di bagian penerima (stasiun bumi) adalah modul XBee. Modul komunikasi yang

digunakan untuk menghubungkan antara *ground model* satelit nano dengan pengguna sebagai *ground station* adalah modul XBee pro seri 1. Modul XBee yang digunakan bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan antena monopol dengan *gain* sebesar 1,5 dB, modulasi yang digunakan yaitu O-QPSK, daya pancar 18 dBm, beratnya 4 gram, dan daya yang digunakan 495 mW. Modul komunikasi ini dapat menghubungkan *ground model* nano dengan pengguna hingga jarak 60 meter untuk penggunaan di dalam ruangan dan 750 meter di ruangan terbuka [D. I. Inc, 2009].

### 3.7 Perancangan Sensor

Sensor yang digunakan untuk pembuatan *ground model* satelit nano ini merupakan sensor yang berasal dari arduusat. Sensor ini merupakan sensor gabungan dari sensor suhu, sensor cahaya, *gyro*, kecepatan, dan magnet. Sensor yang digunakan memiliki berat sebesar 10 gram dan daya yang digunakan sebesar 100 mW.

## 4 IMPLEMENTASI GROUND MODEL

### 4.1 Antena

Desain antena yang telah dibuat dengan menggunakan aplikasi *Computer Simulation Technology Microwave Studio* dicetak pada bahan FR-4 *epoxy* sebagai substrat dan *cooper* untuk bagian *patch*. Bagian *patch* dilapisi kembali dengan perak agar tembaga tidak mudah terkena korosi. Antena yang dibuat memiliki ukuran 9,5 x 9,5 cm dan berat 34 gram.

Antena yang telah dicetak kemudian diukur nilai parameter  $S_{11}$  dan VSWR nya dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA). Nilai parameter  $S_{11}$  yang didapatkan sebesar -18,506 dB sementara pada simulasi yang telah dilakukan nilai parameter  $S_{11}$  yang didapatkan sebesar -19,037 dB. Begitu juga dengan nilai VSWR dari

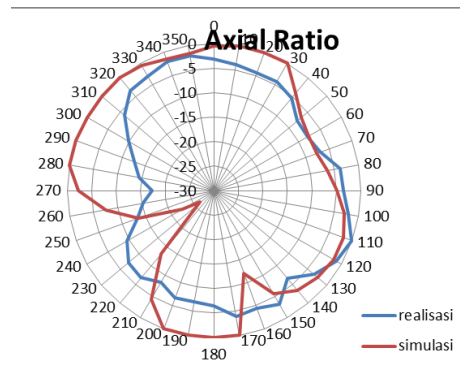


antena mikrostrip yang telah dicetak sebesar 1,2695, sementara hasil simulasi didapatkan nilai VSWR sebesar 1,2515. Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan menggunakan nilai medan jauh sebesar 28,8 cm, akan tetapi jarak yang digunakan untuk pengukuran sebesar 1 meter karena jarak 28,8 cm terlalu kecil. Hasil pengukuran pola radiasi yang didapatkan (Gambar 4-2)



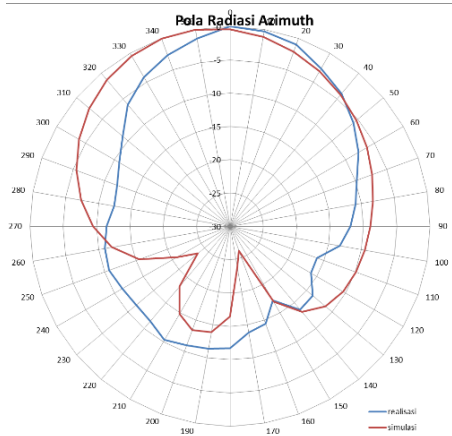
Gambar 4-1: Antena mikrostrip yang dicetak

Pola *axial ratio* yang didapatkan linier di beberapa sudut, dan elips di sudut lainnya.

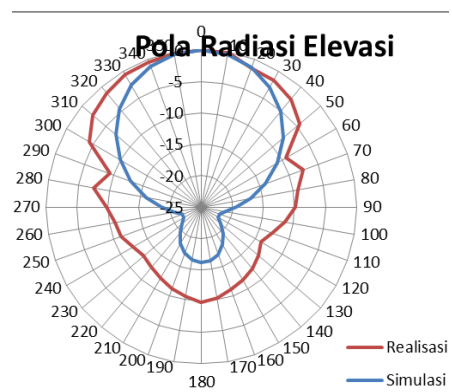


Gambar 4-4: Axial ratio antena mikrostrip

Melalui pengukuran yang telah dilakukan daya pancar maksimum dari antena mikrostrip yang telah dibuat sebesar -45,91 dBW dan daya pancar maksimum dari antena monopol sebesar -50,13 dBW. Nilai *gain* yang didapatkan dengan rumus (2,3) sebesar 6,42 dB.



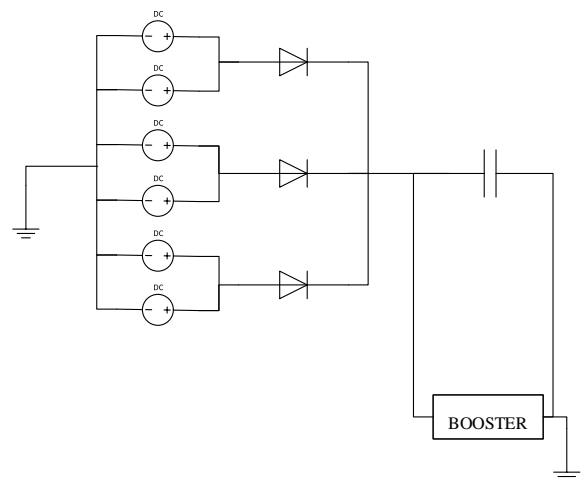
Gambar 4-2: Pola radiasi azimuth



Gambar 4-3: Pola radiasi elevasi

#### 4.2 Solar Panel dan Baterai

*Solar panel* yang digunakan untuk mengisi ulang *ground model* sebanyak enam buah yang disusun secara paralel. Pengujian *solar panel* dilakukan dengan mengukur tegangan di kapasitor pada saat *solar panel* disinari oleh cahaya matahari. Tegangan yang didapatkan pada saat *solar panel* disinari cahaya matahari adalah 4,56 volt.



Gambar 4-5: Rangkaian solar panel

### 4.3 Analisis Ukuran dan Massa

Ground model satelit nano yang diimplementasikan sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Satelit nano yang didesain memiliki ukuran 10,5 x 11 x 11 cm. Selain ukuran, massa dari ground model satelit nano ini juga perlu diperhatikan. Ground model satelit nano yang telah didesain memiliki berat sebesar 513 gram dan nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi dimana massa yang diharapkan tidak lebih dari satu kilogram.

Tabel 4-1: MASSA GROUND MODEL NANO SATELIT

Komponen	Massa
Seeeduino	26 gram
XBee	4 gram
Kamera	12 gram
Power Boost	6 gram
Solar Panel	126 gram
Baterai	95 gram
SD card	4 gram
Case	206 gram
Antena	34 gram
Total Massa	513 gram

Selain ukuran dan massa. Daya yang digunakan oleh satelit nano juga sangat penting karena konsumsi daya bergantung pada baterai sebagai penyuplai daya.

Tabel 4-2: DAYA GROUND MODEL NANO SATELIT

Komponen	Konsumsi Daya
XBee	495 mW [3]
Kamera	90 mW
Seeeduino	100 mW
Sensor	100 mW
Total Konsumsi Daya	785

### 4.4 Link Budget

Perhitungan link budget dilakukan dengan tiga skenario. Skenario pertama yaitu membandingkan satelit nano

dengan menggunakan antena mikrostrip yang telah didesain dengan antena monopol bawaan modul XBee pada jarak 1 meter. Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut dapat diamati pada Tabel 4-3.

Tabel 4-3: DESAIN LINK BUDGET PADA JARAK 1 METER

Parameter	Mikrostrip	Monopol
Gain nano satelit	6,42 dB	1,5 dB
Daya pancar	18 dBm	18 dBm
EIRP	24,42 dBm	19,5 dBm
Redaman lintasan	40,05 dB	40,05 dB
Redaman konektor	0,03 dB	0,03 dB
Daya terima	1,34 dBm	-19,08 dBm

Skenario kedua dilakukan dengan cara mengasumsikan apabila satelit nano ini berada di luar angkasa dengan menggunakan referensi dari satelit GOLAT dan antena yang digunakan adalah mikrostrip yang telah didesain. Ketinggian yang digunakan sebesar 300 kilometer karena jarak ini merupakan jarak yang umum digunakan untuk ketinggian satelit nano 1u. Besar daya yang dipancarkan oleh satelit nano ini sebesar 1 watt atau 30 dBm dan antena yang digunakan yaitu antena mikrostrip yang telah didesain.

Tabel 4-4: PERHITUNGAN LINK BUDGET PADA JARAK 300 KILOMETER

Parameter	Ground model	Satelit GOLAT	Satuan
Gain Antena Satelit Nano	6,42	2,2	dB
Gain Antena Ground Station	17	35,4	dB
Daya pancar	30	30	dBm
EIRP	36,42	32,2	dBm
Redaman Lintasan	149,6	149,6	dB
Redaman polarisasi	3	3	dB

Absorpsi atmosfer	1	1	dB
Redaman antena misalign.	1	1	dB
Daya terima	-101,18	-82	dBm
Temperatur sistem	110,11	110,11	K
Figure of merit	-3,418	14,98	dBK <sup>-1</sup>
Konstanta Boltzmann	-228,6	-228,6	dB/K/Hz
Receive power and noise ratio	107	126,18	dBHz
Data rate	250000	9600	Bps
Energy bit and noise ratio	53,02	86,357	dB

Figure of merit	-3,418	dBK <sup>-1</sup>
Konstanta Boltzmann	-228,6	dB/K/Hz
Receive power and noise ratio	107,76	dBHz
Data rate	250000	Bps
Energy bit and noise ratio	53,78	dB

Skenario ketiga dibuat dengan memperhitungkan *link budget* satelit nano yang didesain pada frekuensi 2,2 GHz.

Tabel 4-5: GROUND MODEL PADA 2,2 GHz

Parameter	Ground model	Satuan
Gain Antena Satelit Nano	6,42	dB
Gain Antena Ground Station	17	dB
Daya pancar EIRP	30	dBm
Redaman Lintasan	36,42	dBm
Redaman polarisasi	148,84	dB
Absorpsi atmosfer	3	dB
Redaman antena misalignment	1	dB
Daya terima	-100,42	dBm
Temperatur sistem	110,11	K

## 5 KESIMPULAN

- *Ground model* yang didesain sudah sesuai dengan satelit acuan yaitu memiliki ukuran 10,5 x 11 x 11 cm, berat sebesar 0,513 kilogram, menggunakan baterai lithium ion, membawa *payload* berupa kamera, menggunakan sensor suhu, cahaya, kecepatan, magnet, dan posisi untuk membantu kinerja satelit, berkomunikasi dengan modul XBee dengan penerima, dan menggunakan Sceduino sebagai *on-board computer*.
- Antena yang didesain untuk *ground model satelit nano* hasil realisasi telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yakni mempunyai *return loss* -18,506 dB, VSWR 1,2695, *gain* sebesar 6,42 dB.
- Desain *link buget* dari *ground model satelit nano* yang dibuat jauh lebih baik jika dibandingkan dengan antena monopol. Jika dibandingkan dengan GOLIAT satelit, *ground model* yang dibuat tidak jauh berbeda dan memiliki nilai yang cukup baik.

## 6 REFERENSI

- Adafruit, "Lithium Ion Battery Pack - 3.7V 4400mAh," Adafruit, [Online]. Available: <https://www.adafruit.com/product/354>. [Accessed 30 May 2016].
- Adafruit, "PowerBoost 1000 Charger-Rechargeable 5V Lipo USB Boost @ 1A - 1000C," Adafruit, [Online]. Available: <https://www.adafruit.com/product/2465>. [Accessed 30 May 2016].
- Adafruit, "XBee Pro Module - Series 1 - 60mW with Wire Antenna - XBP24-AWI-001," Adafruit, [Online]. Available: <https://www.adafruit.com/product/2465>.

- www.adafruit.com/product/964.  
[Accessed 30 May 2016].
- Amphenol, "SMA Specification," Amphenol, Canada.
- C. A. Balanis, 2005. *Antenna Theory - Analysis and Design*, Canada: Wiley.
- C. Jorge, 2012. "Protocol of Communications for VORSAT Satellite," Universidade do Porto, Porto.
- D. I. Inc, 2009. "Digi," 23 September [Online]. Available: <http://www.digi.com>. [Accessed 12 April 2016].
- H. Judawisastra, *Catatan Kuliah Antena & Propagais Gelombang*, Bandung: Penerbit ITB.
- J. D. C. a. R. J. Marhefka, 2002. *Antennas for Applications*, 3rd Edition, New York: McGraw-Hill.
- J. Suryana, 2014. "Slide Kuliah Sistem Komunikasi Satelit," ITB, Bandung.
- P. D. P. V. D. Octvian Cristea, 2009. "S-Band Ground Station Prototype for Low-earth Orbit Nanosatellite Mission.