

Desain Antena Monopole UHF untuk Uplink pada Satelit Iinusat-02

Yahya S. Amrullah, Eko Setijadi, dan Gamantyo Hendrantoro

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: ekoset@ee.its.ac.id

Abstrak—Teknologi satelit telah terbukti mampu memberikan solusi dari banyak permasalahan. Maka dari itu, sekarang ini Indonesia sedang mengembangkan teknologi satelit. Pada generasi awal seperti sekarang ini sedang dilakukan riset pembuatan payload satelit Iinusat-02. Dalam Penelitian ini dibahas mengenai salah satu bagian payload yaitu antena uplink yang beroperasi pada frekuensi UHF. Antena uplink untuk payload satelit Iinusat-02 ini menggunakan model monopole. Antena monopole tersebut terbuat dari stainless steel yang memiliki panjang 172 mm dan diameter 1 mm. Antena monopole yang dibutuhkan sebanyak dua buah dimana instalasi kedua antena monopole tersebut berada pada tengah sisi satelit Iinusat-02 yang saling tegak lurus. Sebelum fabrikasi, desain antena monopole disimulasikan pada software CST Studio 2011. Dari beberapa percobaan desain antena monopole pada software CST Studio 2011 diperoleh suatu desain antena yang memiliki performansi seperti yang diinginkan, yaitu memiliki nilai *return loss* sebesar -18,64 dB, VSWR sebesar 1.26 pada frekuensi kerja 436,5 MHz, lebar *bandwidth* sekitar 78,2 MHz dan pola radiasi yang mendekati bentuk bola. Dari hasil pengukuran antena monopole hasil fabrikasi diperoleh nilai *return loss* dan VSWR sebesar -18,5 dB dan 1,31, lebar *bandwidth* sebesar 35 MHz dan pola radiasi yang diperoleh mendekati bola. Mengacu pada hasil simulasi dan pengujian, dapat disimpulkan desain antena ini bisa dijadikan referensi untuk antena uplink satelit Iinusat 02 yang tumbling selama mengorbit.

Kata Kunci—antena monopole, Iinusat 02, pengukuran, simulasi.

I. PENDAHULUAN

SATELIT Iinusat-02 merupakan satelit nano berbentuk kubus yang memiliki massa 15 kg. Direncanakan mengorbit pada orbit LEO. Satelit ini ditujukan untuk melakukan komunikasi darurat dan data dengan kecepatan 13 kbps. Selain itu juga dilengkapi kamera sehingga mampu melakukan pengambilan gambar wilayah Indonesia[1].

Salah satu payload dari satelit Iinusat-02 adalah TT&C (*telecommunication, telemetry and command*)[1]. Pada saat kamera satelit melakukan pengambilan gambar pada permukaan bumi, TT&C satelit menerima perintah (*command*) dari stasiun bumi, menerjemahkan perintah tersebut kemudian mengirimkan ke ADCS (*Attitude Determination Control System*) kemudian ADCS mengontrol sikap satelit agar kamera mengarah ke permukaan bumi. Untuk melakukan fungsi tersebut, TT&C terdiri dari antenna, LNA dan demodulator[2].

Sinyal perintah yang dikirimkan dari stasiun bumi ke satelit Iinusat-02 berupa teks. Bandwidth yang dibutuhkan sebesar 7,6 KHz[2]. Maka dari itu frekuensi yang digunakan untuk pengiriman sinyal perintah ini berada pada range frekuensi VHF/UHF yaitu pada frekuensi 145/435 MHz. Uplink satelit Iinusat-02 ini berada pada frekuensi UHF, yaitu 436,5 MHz[1]. Untuk menerima sinyal yang memiliki bandwidth kecil, seperti sinyal perintah ini, maka dibutuhkan antena narrowband. Maka dari itu, dalam penelitian ini dibahas mengenai desain, material dan instalasi antena monopole pada satelit Iinusat-02.

Metode realisasi antena monopole ini dimulai dari pendesainan antena monopole secara analitik. Pada tahap ini akan diperoleh nilai parameter-parameter antena sebagai patokan kelayakan performansi antena monopole yang dihasilkan. Tahap kedua adalah simulasi satu antena monopole dengan CST Studio 2011. Pada tahap kedua ini dapat dilihat performansi satu antena monopole yang diperoleh secara analitik. Pada tahap ketiga, dilakukan simulasi antena monopole array. Tujuannya adalah untuk meningkatkan performansi satu antena monopole saja. Tahap keempat adalah melakukan fabrikasi antena monopole sesuai dengan desain array yang telah dihasilkan dan melakukan pengukuran. Tahap yang terakhir adalah penentuan instalasi antena di satelit. Dari desain antena monopole yang diperoleh, ditentukan instalasi yang tepat di satelit.

II. DESAIN DAN SIMULASI

A. Analisis Desain

Dalam analisis desain ini ada tiga poin yang dicapai, yaitu memperoleh dimensi, memperoleh material untuk fabrikasi dan memperoleh beberapa nilai parameter antena sebagai acuan kesuksesan hasil desain nantinya.

Dimensi

Model antena monopole yang akan didesain dalam Penelitian ini memiliki panjang seperempat panjang gelombang[3]. Panjang gelombang antena uplink Iinusat-02 ini adalah 68,9 cm. Jadi panjang antena monopole adalah 17,2 cm. Mengacu pada mass budget antena uplink satelit pico robusta[4] dan setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus massa jenis (ρ)

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{1}$$

dimana $m = \text{massa (kg)}$
 $v = \text{volume (m}^3\text{)}$

diperoleh diameter maksimal antenna monopole adalah sebesar 0,27 cm jika antenna yang di pasang di satelit sebanyak dua dan sebesar 0,22 cm jika antenna yang dipasang di satelit sebanyak tiga.

Spesifikasi Material

Material untuk radiator antenna yang dapat diperoleh di pasaran adalah tembaga, aluminium dan stainless steel[5]. Kriteria pemilihan material dalam Penelitian ini, yang pertama adalah keelastisitasan material sedangkan yang kedua adalah konduktivitas material. Semakin tinggi keelastisitasan material semakin memberikan kemudahan di dalam melakukan mounting antenna monopole di satelit. Ketiga material tersebut dapat berfungsi sebagai antenna dengan baik sehingga kriteria konduktivitas dapat diabaikan. Berikut ini data nilai keelastisitasan dan konduktivitas ketiga material tersebut[6].

Tabel 1.
 Nilai keelastisitasan dan konduktivitas material antenna

Material	Young's Modulus(10 ⁹ N/m ²)	Nilai Konduktivitas (10 ⁶ S/m)
Aluminum	69	38
Copper	110	58
Stainless Steel	180	1,1

Sumber: http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html

Jadi berdasarkan pertimbangan ketersediaan material di pasaran dan keelastisitasan material maka dalam pendesainan radiator antenna monopole ini menggunakan material stainless steel. Antena ini direncanakan akan dipasang di satelit Inusate-02 sehingga dalam pembahasan Penelitian ini memanfaatkan badan satelit Inusate-02 sebagai *ground plane*. Sedangkan material *ground plane* terbuat dari PCB dengan plat tembaga.

Batasan Nilai Parameter

Tabel 2 dibawah ini merupakan tabel batasan nilai parameter yang dibutuhkan.

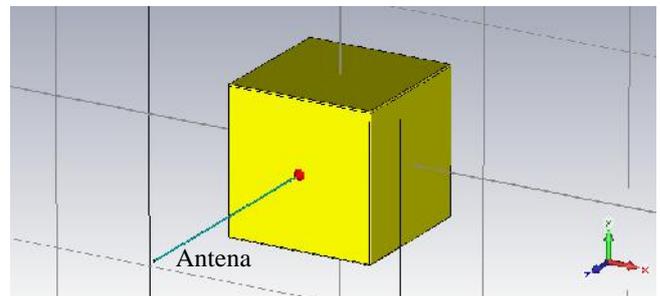
Tabel 2.
 Batasan nilai parameter antenna

No.	Parameter	Batasan
1	Pola radiasi	Mendekati bentuk bola
2	Return loss	< -10 dB
3	Bandwidth	>7,6 kHz
4	VSWR	< 2

B. Simulasi Satu Antena Monopole Menggunakan CST Studio 2011

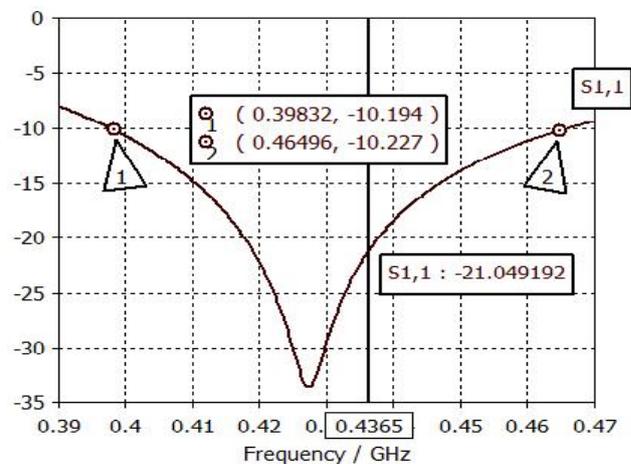
Sebelum melakukan fabrikasi langsung, dilakukan simulasi dahulu bagaimana performansi antenna monopole hasil desain secara analitik yang telah diperoleh sebelumnya. Gambar

1berikut ini merupakan implementasi dari desain analitik antenna monopole pada software CST Studio 2011.



Gambar 1. Desain satu antenna monopole

Gambar 2 di bawah ini merupakan grafik return loss yang dihasilkan dari simulasi satu antenna monopole.



Gambar 2. Grafik return loss simulasi satu antenna monopole

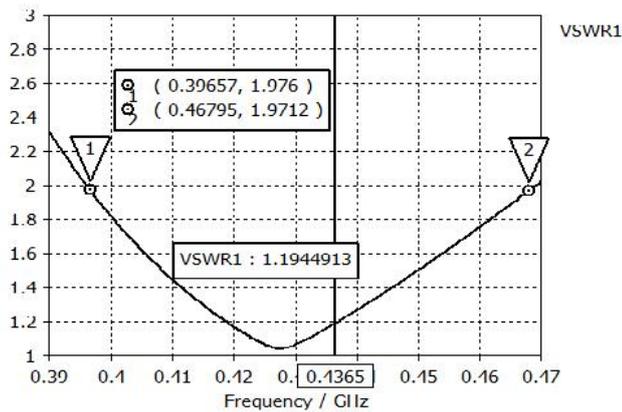
Dari desain ini diperoleh nilai return loss sebesar -21,05 dB pada frekuensi 436,5 MHz. Lebar bandwidth yang dihasilkan sebesar 66,3 MHz dengan frekuensi pusat di 431,64 MHz. Lebar bandwidth (B) dan frekuensi pusat (f_u) diperoleh dengan menggunakan rumus[3].

$$B = f_u - f_l \tag{2}$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \tag{3}$$

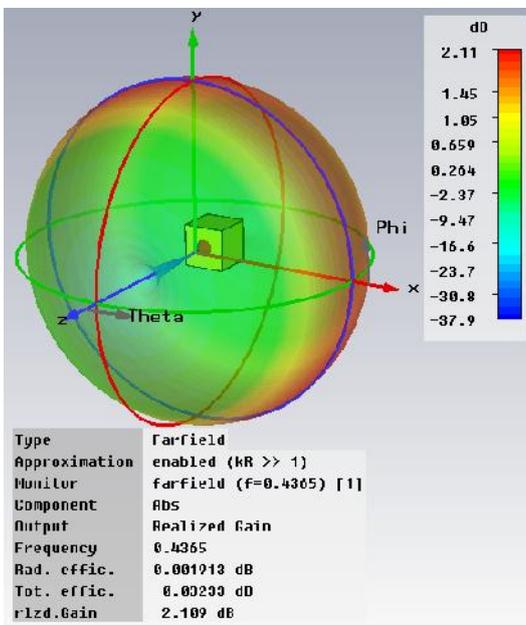
dimana f_u =frekuensi atas (MHz)
 f_l =frekuensi bawah (MHz)

Gambar 3 di bawah ini merupakan grafik VSWR yang dihasilkan dari simulasi satu antenna monopole.



Gambar 3. Grafik VSWR simulasi satu antenna monopole

Nilai VSWR yang dihasilkan 1,19. Pola radiasi yang dihasilkan masih omnidirectional, sebagaimana pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Pola radiasi satu antenna monopole (3D)

Dari simulasi satu antenna monopole diperoleh nilai parameter sebagai berikut.

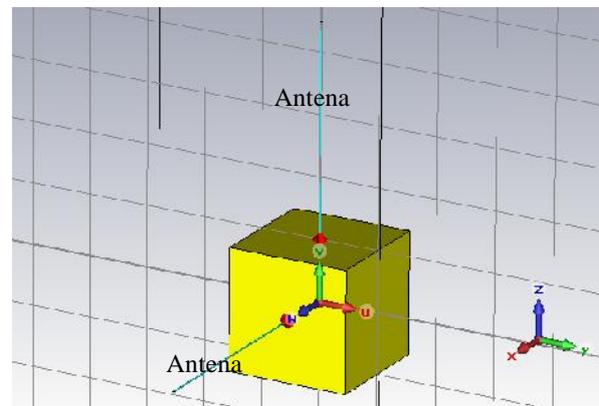
Tabel 3.
Nilai parameter 1 antenna monopole hasil simulasi

No.	Parameter	Batasan
1	Pola radiasi	Omnidirectional
2	Return loss	-21,05 dB
3	Bandwidth	66,3 MHz
4	VSWR	1,19

Nilai return loss, lebar bandwidth dan nilai VSWR yang diperoleh telah memenuhi kriteria desain.

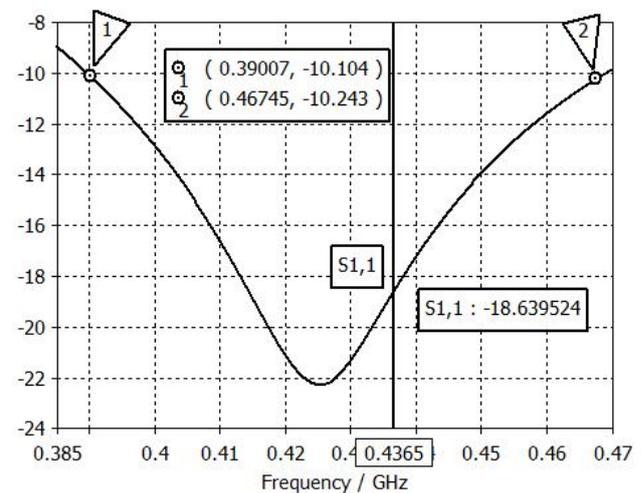
C. Simulasi Antena Monopole Array Menggunakan CST Studio 2011

Dalam pendesainan antenna monopole array ini ada tiga variabel yang diubah-ubah nilainya. Ketiga variable tersebut adalah jarak antar antenna, beda fase sinyal input antenna dan arah antenna. Dari beberapa kali simulasi, diperoleh desain sebagai berikut yang memenuhi kriteria desain. Dua antenna monopole dipasang pada *ground plane* dengan hadap saling tegak lurus. Posisi masing-masing antenna monopole terhadap muka masing-masing *ground plane*-nya adalah berada pada tengah muka *ground plane*-nya. Sedangkan beda fase antar antenna monopole adalah sebesar 180°. Secara grafis, desain antenna monopole yang memenuhi kriteria desain sebagaimana gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Desain simulasi dua antenna monopole saling tegak lurus

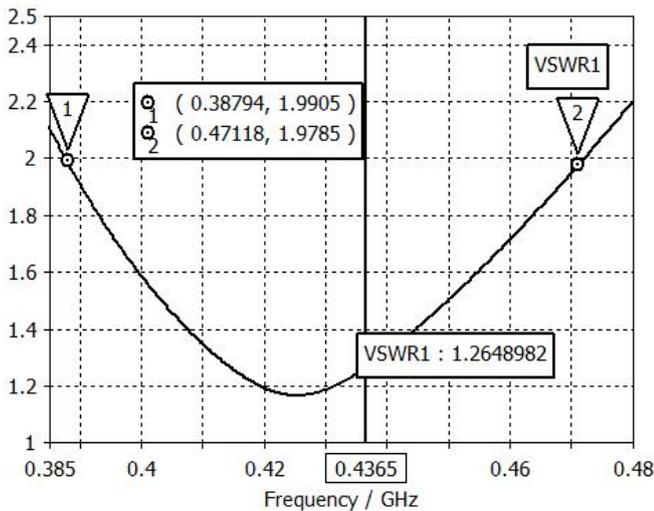
Gambar 6 di bawah ini merupakan grafik return loss yang dihasilkan dari simulasi antenna monopole array.



Gambar 6. Grafik return loss simulasi antenna monopole array

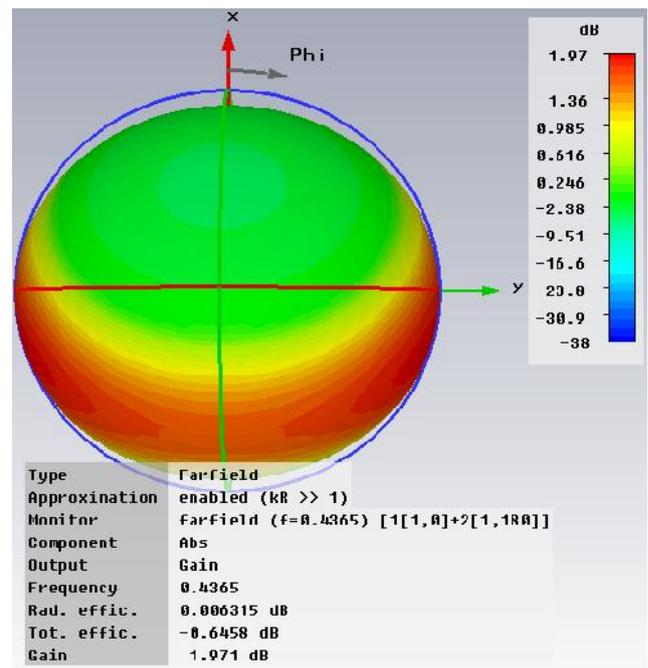
Dari desain ini diperoleh nilai return loss sebesar -18,64 dB pada frekuensi 436,5 MHz. dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3, diperoleh lebar bandwidth yang dihasilkan sebesar 77,45MHz dengan frekuensi pusat di 428,73 MHz.

Gambar 7 di bawah ini merupakan grafik VSWR yang dihasilkan dari simulasi antenna monopole array.

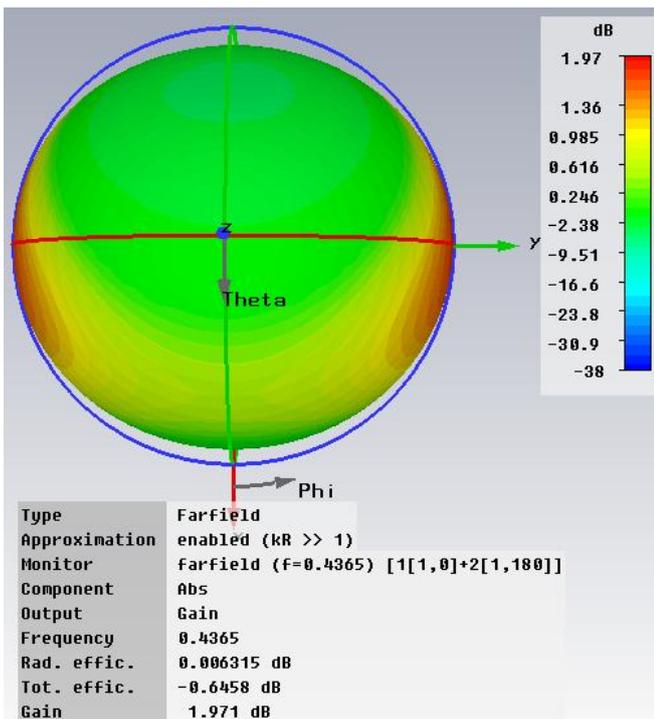


Gambar 7. Grafik VSWR simulasi antenna monopole array

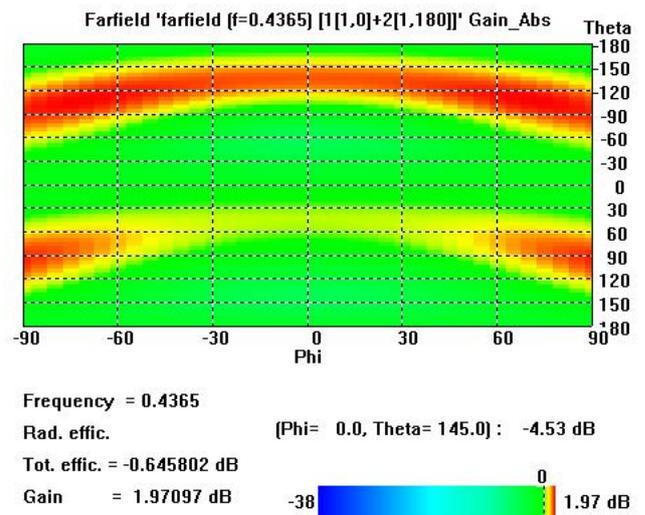
Nilai VSWR yang dihasilkan 1,26. Pola radiasi yang dihasilkan mendekati bentuk bola, sebagaimana pada gambar 8 di bawah ini, dimana selisih gain_{max} dengan gain_{min} sebesar 6,5 dB.



Gambar 8b. Pola radiasi antenna monopole array ($\theta = 180^\circ$)



Gambar 8a. Pola radiasi antenna monopole array ($\theta = 0^\circ$)



Gambar 8c. Pola radiasi antenna monopole array (2D)

Dari simulasi antenna monopole array diperoleh nilai parameter sebagai berikut.

Tabel 4.
Nilai parameter antenna monopole array hasil simulasi

No.	Parameter	Batasan
1	Pola radiasi	Mendekati bentuk bola
2	Return loss	-18,64 dB
3	Bandwidth	77,45 MHz
4	VSWR	1,26

Nilai return loss, lebar bandwidth, nilai VSWR dan pola radiasi yang diperoleh telah memenuhi kriteria desain.

III. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

A. Fabrikasi

Tahap fabrikasi antenna monopole adalah sebagai berikut. Tahap pertama adalah pembuatan radiator, yang kedua adalah pembuatan *ground plane* dan yang ketiga adalah pembuatan link. Berikut ini penjelasan dari masing-masing tahap tersebut.

Pembuatan Radiator

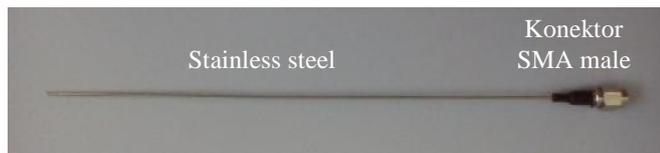
Radiator antenna monopole terbuat dari material stainless steel tipe 304 dengan panjang 172 mm dan diameter 1 mm. Karakteristik material stainless steel 304 adalah sebagai berikut[7]:

Tabel 3. Karakteristik Stainless steel 304

Tipe	Massa jenis (kg / m ³)	Modulus Young (GPa)	Konduktivitas termal 100 ° C (W / mK)
304	8000	193	16.2

Sumber: <http://www.jayastainless.com/kategori/336/komposisi-stainless-304>

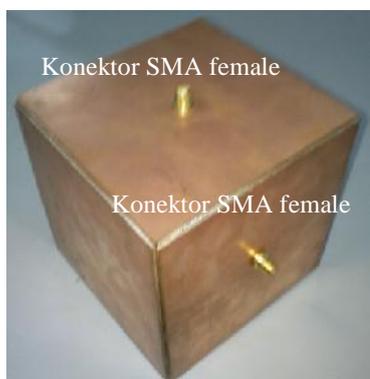
Konektor yang digunakan adalah konektor tipe SMA male. Inti konektor SMA male ini memiliki diameter sebesar 1,27 mm. Dalam integrasi radiator antenna monopole dengan konektor SMA male dibantu dengan tembaga kapiler agar lebih kokoh instalasinya. Gambar 9 di bawah ini merupakan antenna monopole hasil fabrikasi.



Gambar 9. Antena monopole hasil fabrikasi

Replika Satelit Inusat-02

Replica satelit Inusat-02 terbuat dari PCB dengan plat bolak-balik yang dibentuk sehingga diperoleh dimensi 10 cm x 10 cm x 10 cm. Dipilih dua sisi yang saling tegak lurus untuk mounting antenna yang terletak ditengah masing-masing sisi terpilih. Replica satelit Inusat-02 yang diperoleh tampak sebagaimana gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Replika Satelit Inusat-02

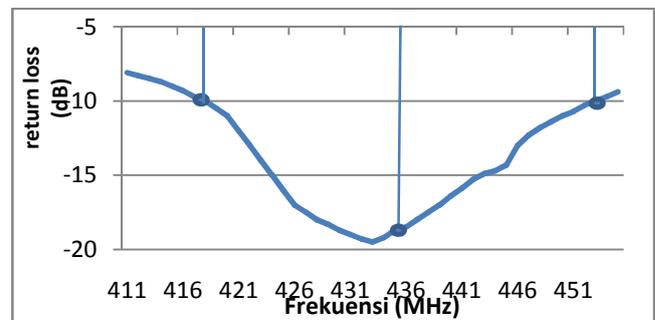
Pembuatan Link Antena

Link antenna monopole ini terbuat dari kabel RG-58 dan konektor SMA female pada kedua ujungnya. Dalam Penelitian ini dibutuhkan dua link antenna dimana link antenna satu dengan

yang lain memiliki beda fase sebesar 180° atau memiliki selisih panjang setengah lamda. Jadi panjang link antenna satu dengan yang lain memiliki selisih panjang 34,45cm.

B. Pengukuran Antena Monopole

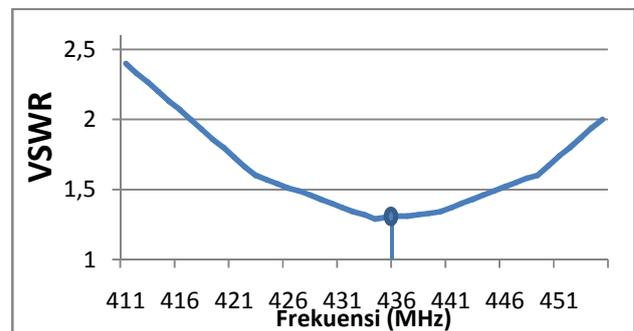
Parameter-parameter antenna diukur adalah return loss, bandwidth, VSWR, pola radiasi. Peralatan dalam pengukuran ini menggunakan *Spectrum Analyzer*, *Signal Generator*, *Network Analyzer* dan sebuah antenna monopole 2,15 dB sebagai antenna referensi. Keempat peralatan tersebut diperoleh dari Lab Antena dan Propagasi Elektromagnetik Elektro ITS. Pengukuran return loss, bandwidth dan VSWR dilakukan di laboratorium menggunakan *Network Analyzer* sedangkan pengukuran pola radiasi dilakukan ditempat terbuka, yaitu di Lapangan Futsal dan Lapangan Gedung Baru Lantai III Teknik Elektro ITS menggunakan *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dan antenna referensi. Dari pengukuran menggunakan *Network Analyzer* diperoleh nilai parameter-parameter antenna sebagai berikut. Gambar 11 merupakan grafik return loss dari hasil pengukuran.



Gambar 11. Grafik return loss

Dari pengukuran diperoleh nilai return loss sebesar -18,5 dB pada frekuensi 436,5 MHz. Dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3, diperoleh lebar bandwidth yang dihasilkan sebesar 35 MHz dengan frekuensi pusat di 435,69 MHz.

Gambar 12 merupakan grafik VSWR antenna monopole dari hasil pengukuran. Nilai VSWR yang dihasilkan 1,31.



Gambar 12. Grafik VSWR

Pola radiasi yang dihasilkan mendekati bentuk bola, sebagaimana pada gambar 8 di bawah ini, dimana selisih gain_{max} dengan gain_{min} sebesar 19,49 dB.

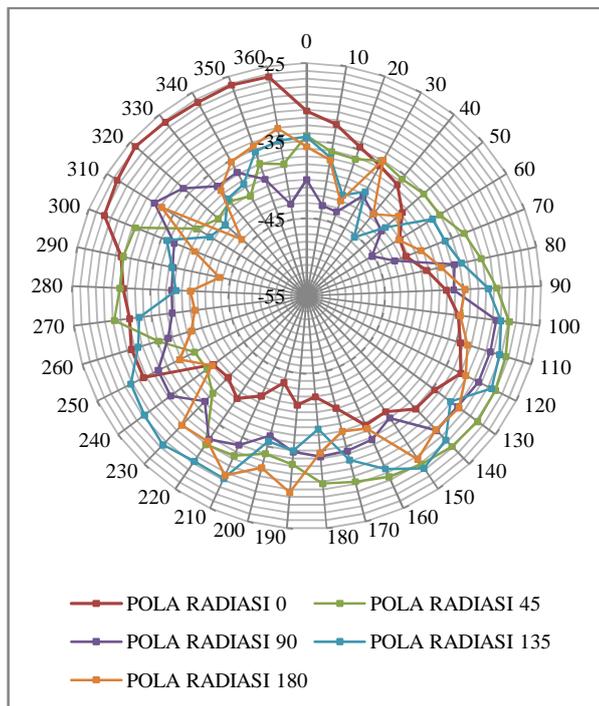
Pengukuran pola radiasi menggunakan *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dan antenna referensi. Dalam pengukuran ini, antenna monopole hasil fabrikasi diletakkan di daerah medan

jauh (*far-field region*) antenna referensi. Daerah medan jauh antenna referensi adalah lebih besar dari 8,59 cm dari antenna referensi. Untuk memperoleh daerah medan jauh (*r*) ini menggunakan rumus

$$r \geq \frac{2.D^2}{\lambda} \tag{4}$$

Dimana: *D* = dimensi terbesar antenna yang akan diukur (m)
 λ = panjang gelombang kerja antenna (m)

Dari pengukuran diperoleh pola radiasi yang cenderung memiliki bentuk elips, yaitu selisih gain max dengan gain min sebesar 19,49 dB. Gambar 13 dibawah ini merupakan pola radiasi antenna monopole hasil fabrikasi.



Gambar 13. Pola radiasi antenna monopole hasil fabrikasi

Dari pengujian antenna monopole array diperoleh nilai parameter sebagai berikut.

Tabel 4.

Nilai parameter antenna monopole array hasil simulasi

No.	Parameter	Batasan
1	Pola radiasi	Lebih elips dari hasil simulasi
2	Return loss	-18,5 dB
3	Bandwidth	35 MHz
4	VSWR	1,31

Nilai return loss, lebar bandwidth, nilai VSWR dan pola radiasi yang diperoleh telah memenuhi kriteria desain. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi berbeda dengan hasil pengukuran, terutama pada pola radiasi yang dihasilkan. Hal ini mungkin disebabkan fabrikasi antenna yang kurang sempurna, seperti bahan yang diperoleh tidak sama seperti di simulasi dan integrasi/penyolderan komponen-komponen antenna kurang sempurna. Selain itu, ketidakidealan kondisi

lingkungan pada saat pengukuran, yaitu pemegangan antenna oleh tangan, pengaruh benda-benda disekitar tempat pengukuran yang mengakibatkan pemantulan sinyal sat pengukuran, juga mempengaruhi hasil yang diperoleh dari pengukuran tidak sama dengan hasil simulasi.

IV. KESIMPULANDAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis terhadap hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna monopole array, maka diperoleh material radiator antenna monopole terbuat dari stainless steel dengan panjang 172 mm dan berdiameter 1 mm, antenna monopole yang dibutuhkan sebanyak dua buah dengan instalasi di satelit Inusat II saling tegak lurus yang masing-masing antenna berada ditengah sisi satelit, beda fase pencatutan antara antenna monopole satu dengan yang lain sebesar setengah panjang gelombang, yakni sebesar 34,45 cm.

Setelah dilakukan realisasi dan pengukuran, diperoleh nilai return loss sebesar -18,5 dB dan VSWR sebesar 1,31 pada frekuensi 436,5 MHz, lebar bandwidth yang dihasilkan sebesar 35 MHz dengan frekuensi pusat di 435,69 MHz. Pola radiasi yang dihasilkan cenderung lebih elips dari pola radiasi hasil simulasi dimana selisih antara daya terima maksimum dengan daya terima minimum sebesar 19,49 dB. Hasil pengukuran pola radiasi kurang akurat karena keterbatasan alat-alat pengukuran.

B. Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh saran yaitu, perlu dilakukan pengukuran dan alat ukur yang lebih akurat lagi untuk memperoleh pola radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Inusat, "Synopsis Evolusi Inusat", Jogjakarta, (2011, Nov).
- [2] LAPAN, "Dokumentasi Teknis Satelit LAPAN-TUBSAT", Bogor, (2007).
- [3] Balanis, Constantine A., *Antenna Theory Analysis And Design*, Canada: John Wiley & Sons, (2005).
- [4] S. Perez, S. Jarrix dan L. Dusseau, Progres report for "ROBUSTA" cubesat, Universitas Montpellier, (2009).
- [5] Arman Yusuf dkk, Buletin elektronis Orari News, (2004, Nov).
- [6] Website, http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html, diakses 7 Maret 2012.
- [7] Website, <http://www.jayastainless.com/kategori/336/komposisi-stainless-304>, diakses 25 Mei 2012.