

Perancangan Dan Realisasi Antena *Turnstile* Untuk *Automatic Identification System* (AIS) Pada *Cubesat*

Design And Realization Of Turnstile Antenna For Automatic Identification System Ais On Cubesat

1st Irvan Husni Saugi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

irvanhusni@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Heroe Wijanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

heroew@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Berdasarkan standar *CubeSat*, satelit nano adalah jenis satelit yang dapat menjalankan misi penerima sinyal informasi *Automatic Identification System* (AIS) untuk memperluas jangkauan sinyal penerima. Antena yang sederhana dan murah menggunakan sinyal AIS pada frekuensi VHF dengan polarisasi melingkar sangat dibutuhkan untuk memenuhi aplikasi luar angkasa dengan menggunakan antena tipe *turnstile* karena dapat memenuhi spesifikasi AIS. Sistem *deploy* juga dipasang karena dimensi antena yang cukup panjang melebihi struktur *CubeSat* 1U menggunakan komponen N-Channel MOSFET, kawat *nichrome*, tali nilon, Arduino Uno, dan bagian pendukung lainnya. Mekanisme *deploy* digunakan untuk proses peregangannya antena dengan proses *burn wire* dalam waktu 6 detik. Tugas akhir ini memperoleh antena penerima sinyal *Turnstile* AIS dengan frekuensi tengah 159,4 MHz dengan rentang frekuensi 139,49 MHz - 166,23 MHz, pola radiasi *omnidirectional*, polarisasi melingkar, dan gain 3,52 dBi dengan mekanisme *deploy*.

Kata kunci— Satelit Nano, *Automatic Identification System*, *deployable* antena, antena *Turnstile*.

Abstract— Based on the *CubeSat* standard, nanosatellites are a type of satellite that can carry out the mission of receiving *Automatic Identification System* (AIS) information signals to expand the receiver's signal range. A simple and inexpensive antenna using AIS signals at VHF frequency with circular polarization is needed to meet aerospace applications using a *turnstile* type antenna

because it can meet AIS specifications. The deployed system is also installed because the antenna dimensions are long enough to exceed the *CubeSat* 1U structure using N-Channel MOSFET components, *nichrome* wire, nylon rope, Arduino Uno, and other supporting parts. The *deploy* mechanism is used for the antenna stretching process with the *burn wire* process in 6 seconds. This final project obtained an AIS *turnstile* signal receiving antenna with a center frequency of 159.4 MHz with a frequency range of 139.49 MHz - 166.23 MHz, *omnidirectional* radiation pattern, circular polarization, and a gain of 3.52 dBi with a *deploy* mechanism.

Kata kunci— Satelit Nano, *Automatic Identification System*, *deployable* antena, antena *Turnstile*.

I. PENDAHULUAN

Automatic Identification System adalah sistem pelacak otomatis kapal laut untuk keperluan pengiriman transmisi radio, informasi yang diberikan berupa posisi, arah tujuan, kecepatan, identitas, dan lainnya. Dengan 4 kanal frekuensi pada 156,775 MHz dan 156,825 MHz standar IMO dan 161,975 MHz dan 162,025 MHz standar ITU-R [1].

Sistem penerima sinyal AIS berbasis darat memiliki kekurangan karena keterbatasan jarak dan pengaruh medan antara penjaga panyai dan kapal sehingga mengakibatkan kurangnya pengamatan untuk proses identifikasi. Dengan pemanfaatan *CubeSat* sebagai titik relai penerima sinyal AIS, sinyal informasi dapat dilakukannya pertukaran terhadap

satelit dan *ground station* sebagai sumber data dalam pengamatan lalu lintas dan keamanan teritori [2].

Didasarkan dari misi AIS, antena berbentuk *turnstile* pada frekuensi 159,4 MHz dengan karakteristik yang sesuai dengan sifat komunikasi pada sistem AIS dengan kriteria bekerja pada VHF, sederhana, bahan yang fleksibel, ekonomis, memiliki radiasi *omnidirectional*, polarisasi melingkar menjadi tujuan penelitian ini. Sistem mekanisme *deploy* dengan *burn wire method* juga digunakan dengan pertimbangan dimensi antena yang melebihi ukuran satelit berukuran 1U yang akan membatasi ruang selama peluncuran [3].

II. KAJIAN TEORI

A. CubeSat

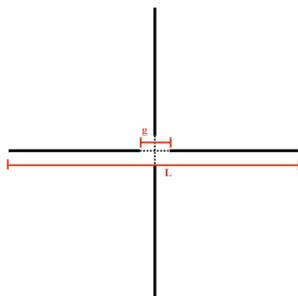
CubeSat adalah proyek pengembangan *picosatellite* yang secara signifikan mengurangi biaya dan waktu pengembangan terhadap penelitian satelit, juga dapat memfasilitasi eksperimen luar angkasa menjadi *space-qualifying* dengan massa 1 kg – 10 kg yang pada umumnya mengorbit pada LEO dengan ketinggian 200 – 1600 km diatas permukaan air laut [4].

TABEL 1.
KLASIFIKASI CUBESAT

Kelas Satelit		Subclass Satelit	
Nama	Massa (kg)	Tipe	Massa (kg)
Nano	1 – 10	12 U	8 – 10
		6 U	6 – 7,99
		3U	3 – 3,99
		2 U	2 – 2,66
		1U	1 – 1,33

B. Antena Turnstile

Antena *turnstile* adalah dua buah *dipole* saling ortogonal dengan teknik *feeding quadrature phase* [5].



GAMBAR 1
BENTUK DASAR ANTENA TURNSTILE

Antena *turnstile* ditujukan berfungsi pada band frekuensi VHF, dengan persamaan dimensi antena dapat dicari dengan memanfaatkan panjang gelombang (λ), panjang antena (L), dan *feeding gap* (g).

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1}$$

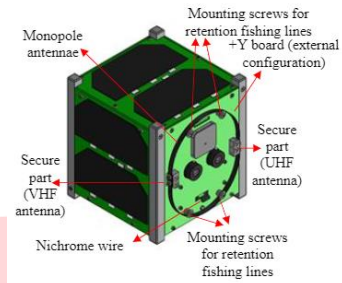
$$L = \frac{1}{2} \times \lambda \tag{2}$$

$$g = \frac{L}{200} \tag{3}$$

C. Mekanisme Deploy Antena

Menggunakan *burn wire release mechanism* untuk *deployable* antena, metode ini diimplementasikan dengan

nano satelit karena bentuk yang kecil sehingga dalamnya hanya memiliki sedikit komponen yang bergerak. Mekanisme digunakan dengan menggulung pita retensi untuk mengikat antena, lalu dengan kawat *nichrome* digunakan untuk membakar kawat tersebut, ketika *noichrome* memanaskan, kawat yang meleleh akan membentangkan antena. Metode ini berdasarkan referensi yang digunakan pada BIRDS-2 *CubeSat* [6].



GAMBAR 2.
MEKANISME DEPLOY PADA KONFIGURASI EKSTERNAL BIRDS-2

Komponen sistem elektrik yang digunakan berupa *nichrome wire* dan kabel nilon.. Sementara pengaturan sistem elektrik agar waktu dan kondisi peluncuran bisa sesuai adalah *microcontroller*, transistor, dan resistor.

III. METODE

A. Perancangan Sistem

Komunikasi Ais bekerja ketika kapal mengeluarkan data statistik atau dinamis secara otomatis menggunakan *transmitter AIS*, data yang di-*transmit* akan diterima *receiver AIS* yang sinyalnya akan diproses dan disimpan pada mikrokomputer yang tersedia, yang selanjutnya menggunakan *transmitter AIS* pada satelit informasi akan dikirimkan ke *ground station*.

B. Spesifikasi Pada Antena

Penentuan spesifikasi antena dengan kinerja yang baik dalam menerima sinyal AIS ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL 2.
SPESIFIKASI ANTENA TURNSTILE

Parameter	Nilai
Rentang frekuensi	152,57 MHz – 166,23 MHz
Bandwidth	13,66 MHz
VSWR	≤ 2
Return Loss	≤ 10 dB
Pola Radiasi	<i>omnidirectional</i>
Polarisasi	<i>Circular</i>
Gain	>1 dBi

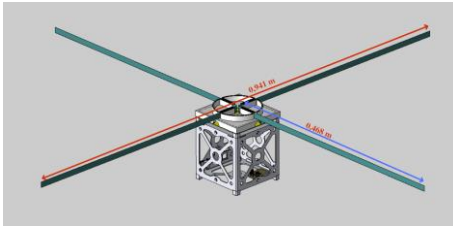
C. Rancangan Antena Turnstile untuk AIS

Antena dihitung dengan persamaan (1) dan persamaan (2) kemudian dilakukan optimasi untuk mendapatkan spesifikasi yang sesuai dengan ketentuan. Perancangan antena *turnstile* menggunakan material berbahan seng untuk memudahkan proses *deployment* dikarenakan bahan yang tipis, lentur, dan mudah menghantarkan arus listrik.

TABEL 3
DIMENSI ANTENA TURNSTILE HASIL PERHITUNGAN

Parameter	Dimensi
-----------	---------

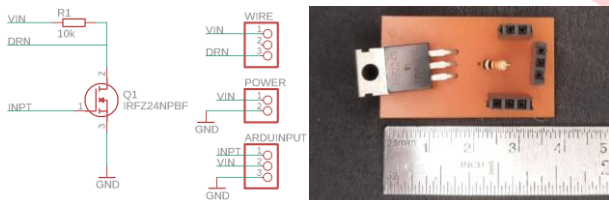
Panjang antenna	896 mm
Lebar antenna	10 mm
Tebal antenna	0,07 mm
Feeding gap antenna	4,48 mm



GAMBAR 3
DESAIN ANTENA TURNSTILE PADA PLATFORM 1U

D. Rancangan Mekanisme Sistem Elektrik dan Deployment System

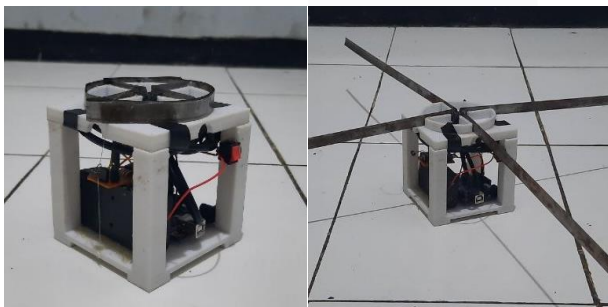
Sistem elektrik didesain menggunakan perangkat lunak pendukung untuk membuat skema yang akan direalisasikan setelah tahap pengujian untuk diwujudkan dalam bentuk PCB yang dapat digabung ke *CubeSat*. Hasil realisasi mekanisme dapat dilihat pada gambar 4.



GAMBAR 4
REALISASI PCB PEMANAS

E. Realisasi Antena

Berdasarkan dari ukuran yang diperoleh hasil perhitungan dan simulasi antenna sudah dapat memenuhi spesifikasi, antenna dibuat sesuai dengan hasil yang diperoleh.



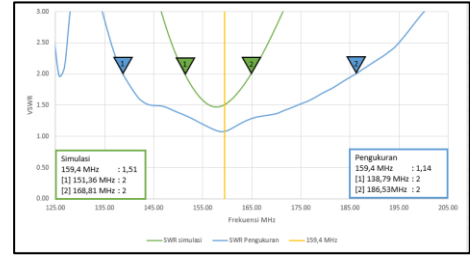
GAMBAR 5
REALISASI ANTENA MEKANISME DEPLOY

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

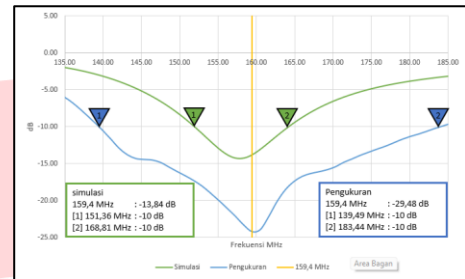
A. Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Bandwidth

Pengukuran dilakukan menggunakan *Network Analyzer* (NA) diperlihatkan pada gambar 6 dan 7, didapat grafik perbandingan antara simulasi dan pengukuran terhadap VSWR, *return loss*, dan *bandwidth*. Hasil simulasi VSWR dengan nilai 1,51 dan *return loss* bernilai -13,84 dB ditandai dengan garis berwarna hijau. Hasil pengukuran VSWR dengan nilai 1,14 dan *return loss* bernilai -29,48 dB ditandai berwarna biru. VSWR mendapatkan hasil kurang dari 2 dan *return loss* kurang dari -10 dB membuat antenna memenuhi

spesifikasi. Nilai *bandwidth* pada simulasi adalah 17,45 MHz dan pada pengukuran didapat nilai 47,74 MHz..



GAMBAR 6
VSWR HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN ANTENA



GAMBAR 7
RETURN LOSS HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN ANTENA

TABEL 4
PERBANDINGAN VSWR, RETURN LOSS, DAN BANDWIDTH TERHADAP PENGUKURAN DAN SIMULASI

Hasil	Rentang Frekuensi MHz (VSWR=2)	VSWR (f=159,4 MHz)	Return loss dB (f=159,4 MHz)	Bandwidth MHz (VSWR=2)
Simulasi	151,36 – 168,81	1,51	-13,84	17,45
Pengukuran	139,49 – 183,44	1,14	-29,48	47,74

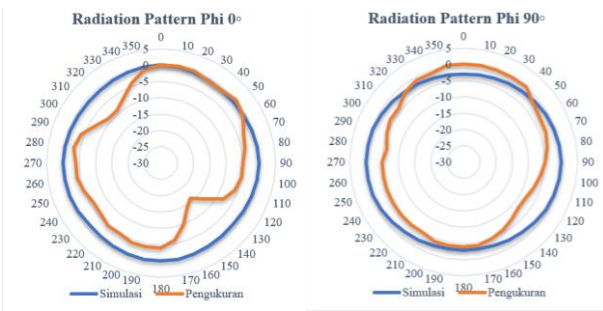
B. Pengukuran Gain, Pola Radiasi, dan Polarisisasi

Menggunakan *Spectrum Analyzer* (SA) didapat gain pada antenna pengukuran sebesar 3,52 dBi lebih besar dibanding antenna simulasi dengan gain 1,94, hasil didapat berdasarkan parameter pada tabel 5.

TABEL 5
NILAI PARAMETER PENGUKURAN

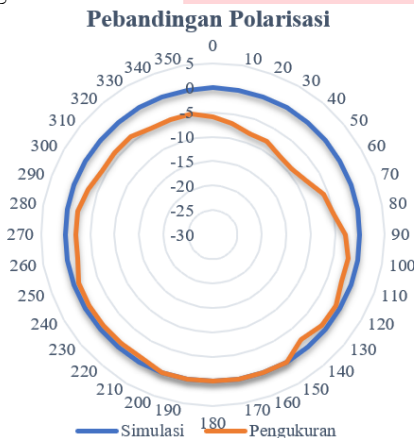
Frekuensi (MHz)	Loss kabel (dBm)	Gain antenna Tx (dBi)	FSL (dB)	Power Rx (dBm)
159,4	0,5	0	22,52	-20

Antena pengukuran menghasilkan pola radiasi *omnidirectional* yang diukur terhadap sudut *azimuth* dan elevasinya tiap 10° hingga sudut 350°.



GAMBAR 8
POLA RADIASI PADA PHI = 0° DAN PHI = 90°

Polarisasi melingkar didapat dengan menghitung *axial ratio* menggunakan perbandingan level terima saat maksimum dan minimum sehingga didapat nilai *axial ratio* sebesar 2,818 dB dimana terdapat perbedaan jauh terhadap simulasi dengan nilai 40 dB.



GAMBAR 9
POLARISASI ANTENA

Tabel 6 Perbandingan *axial ratio* simulasi dan pengukuran

<i>Axial ratio</i>	Antena (dB) (f=159,4 MHz)
Simulasi	40
Pengukuran	2,818

C. Analisa Keseluruhan Antena

Kinerja antena yang didapat mendapat hasil yang sesuai walaupun beberapa perbedaan terjadi dari simulasi terhadap pengukuran parameternya, secara keseluruhan parameter antena dapat dilihat pada tabel 7.

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Rentang frekuensi (VSWR = 2)	152,57 MHz – 166,23 MHz	151,36 MHz – 168,81 MHz	139,49 MHz – 166,23 MHz
Bandwidth (VSWR = 2)	13,66 MHz	17,45 MHz	47,74 MHz
VSWR (f = 159,4 MHz)	≤ 2	1,51	1,14
Return Loss	≤ -10 dB	-13,84 dB	-29,48 dB
Pola Radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
Polarisasi	Circular	Linear	Circular

Gain	>1 dBi	1,94 dBi	3,52 dBi
------	--------	----------	----------

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengukuran antena *turnstile* penerima sinyal AIS pada satelit nano, dapat disimpulkan:

1. Antena sesuai dengan parameter spesifikasi dan bekerja pada frekuensi yang ditentukan di 159,4 MHz.
2. Pola radiasi yang dihasilkan adalah *omnidirectional* dan polarisasi dengan nilai 2,818 dB sebagai polarisasi melingkar.
3. Hasil optimasi antena berhasil mendapatkan VSWR sebesar 1,14 dan sesuai dengan spesifikasi.
4. Antena dapat berintegrasi dengan struktur *CubeSat* 1U.
5. Mekanisme *deploy* yang terealisasi pada 1U bekerja dengan baik pada bagian sistem elektrik dan mekanisnya.
6. Mekanisme *deploy* berhasil membenteng antena selama 6,4 detik sebelum *remove before flight* dengan memastikan *nichrome wire* yang memutuskan kabel retensi penahan antena.

REFERENSI

[1] I. T. Union, “Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band,” *Lighthouse*, no. 4, p. 144, 2001.

[2] A. Harati-Mokhtari, A. Wall, P. Brooks dan J. Wang, “Automatic Identification System (AIS): Data Reliability and Human Error Implications,” *The Journal of Navigation*, vol. 60, no. 3, pp. 373-375, 2007.

[3] S. G. M. Darwish, K. F. A. Hussein dan H. A. Mansour, “Circularly Polarized Crossed-Dipole Turnstile Antenna for Satellites,” dalam *Proceedings of the Twenty-First National Radio Science Conference, 2004. NRSC 2004.*, Cairo, Egypt, 2004.

[4] M. C. Mahdi, *Attitude Stabilization for CubeSat: Concepts and Technology*, United Kingdom: Cambridge Scholars Publishing, 2018.

[5] T. A. Milligan, *Modern Antenna Design*, 2nd Edition, Hoboken, New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2005.

[6] A. Thum, S. Huynh, S. Koss, P. Oppenheimer, S. Butcher, J. Schlater dan P. Hagan, “Nichrome Burn Wire Release Mechanism for CubeSats,” dalam *Proceedings of the 41st Aerospace Mechanisms Symposium, Jet Propulsion Laboratory*, 2012.