

Purwarupa Model Teknik Penerima Sistem Identifikasi Otomatis (AIS) Dua Kanal untuk Satelit Kubus

1st Faishal Daffa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

faishaldva@student.telkomuniversity.ac.id

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

heroe@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Kapal memiliki alat keselamatan wajib berupa Automatic Identification System (AIS). AIS akan mengirimkan data berupa identitas dan lokasi kapal ke daratan agar kapal dapat terdeteksi dan tidak saling bertabrakan. Dengan luas lautan Indonesia yang mencapai 64,97 %, banyak wilayah jalur kapal diluar garis pantai yang susah terpantau melalui daratan. Penelitian ini telah dirancang receiver AIS yang dapat dipasangkan ke CubeSat untuk memperluas jangkauan penerimaan AIS. Ukuran dan berat penerima AIS disesuaikan dengan batas ukuran CubeSat yang ukuran terkecilnya $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ dengan berat teringanya kurang dari 1,33 Kg. Hasil dari perancangan dan realisasi dari penerima AIS didapatkan receiver AIS yang bekerja pada frekuensi 161,975 MHz dan 162,025 MHz dengan kemampuan menerima sinyal AIS Class A dan Class B

Kata kunci— AIS, CubeSat, receiver, kapal, keselamatan

I. PENDAHULUAN

Automatic Identification System (AIS) merupakan sistem navigasi dan sistem keamanan pada kapal dengan cara mengirimkan informasi kapal ke kapal lain dan ke Vessel Traffic Service (VTS)[1]. Informasi yang dikirimkan oleh AIS berupa identifikasi kapal, posisi, kecepatan, haluan dan informasi lain yang dibutuhkan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan pelayaran. AIS bertukar informasi dengan menggunakan Very High Frequency pada 161.975 MHz dan 162.025 MHz yang diatur oleh ITU-R M.1371-5[2].

Pentingnya AIS untuk keamanan dan keselamatan kapal membuat kapal harus dapat terdeteksi oleh VTS ketika kapal berlayar. Permukaan Indonesia didominasi oleh lautan, proporsi permukaan lautnya mencapai 64,97% [3]. Dominasi permukaan laut tersebut membuat sulitnya mendeteksi dan melacak kapal yang berada di luar garis pantai. Dari permasalahan tersebut dibutuhkan penerima AIS yang dapat bergerak secara mudah dan menjangkau daerah lautan yang jauh dari garis pantai.

Teknologi satelit adalah salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan jangkauan dan pergerakan satelit yang flexible, satelit dapat menjangkau seluruh lautan di bumi ini. Data AIS pada berbagai kapal akan diterima oleh receiver AIS yang berada pada satelit lalu diteruskan ke ground station.

CubeSat merupakan jenis satelit yang sangat berkembang pada beberapa tahun terakhir. CubeSat sangat diminati karena biaya desain dan deployment-nya sangat rendah serta memiliki banyak pengaplikasian di berbagai bidang. CubeSat termasuk satelit Low Earth Orbit Satellite (LEO) yang mengorbit sekitar ketinggian 160-2000 Km[4]. Dari berbagai spesifikasi tersebut, CubeSat cocok untuk dipasangi receiver AIS.

Pada penelitian ini merancang penerima AIS dua kanal yang dapat di pasang pada CubeSat. Luaran Tugas Akhir ini adalah Penerima AIS memenuhi ketentuan AIS dan dapat menerima data AIS

II. KAJIAN TEORI

A. Automatic Identification System (AIS)

Automatic Identification System (AIS) merupakan perangkat keamanan dan keselamatan pada kapal dengan tujuan mengidentifikasi kapal, membantu dalam pelacakan kapal, membantu dalam pencarian dan penyelamatan operasi, dan menyederhanakan pertukaran informasi. AIS memungkinkan pertukaran informasi antara kapal dengan kapal atau dengan Vessel Traffic Service (VTS) . Informasi yang dikirimkan oleh AIS seperti bujur (longitude), lintang (latitude), Speed Over Ground (SOG), Course Over Ground (COG), Maritime Mobile Service Identity (MMSI), base data time, vessel type, vessel dimension, rate of turn, navigation status, heading, dan jenis muatan kapal[5]

1) Komunikasi AIS

Internet of Things merupakan konsep teknologi dimana kita dapat AIS bekerja menggunakan Very High Frequency (VHF) yaitu terletak pada 161,975 MHz dan 162.025 MHz sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh International Marine Organization (IMO). AIS akan mengirimkan pesan sesuai dengan interval yang telah tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Interval Pengiriman Data AIS

Kondisi Kapal	Interval Pelaporan
Kapal di jangkar	3 menit
Kapal bergerak 0-14 knots	12 detik
Kapal bergerak 0-14 knots dan merubah arah	4 detik

Kapal bergerak 14-23 knots	6 detik
Kapal bergerak 14-23 knots dan merubah arah	2 detik
Kapal bergerak >23 knots	3 detik
Kapal bergerak >23 knots dan merubah arah	2 detik

Sistem AIS dibagi menjadi dua Class, yaitu sistem Class A dan sistem Class B. AIS Class A menggunakan Self-organized Time Division Multiple Access (SO-TDMA) dengan transmit power 12,5 Watt pada kondisi normal dan 2 Watt pada kondisi low power[6]. AIS Class B menggunakan Carrier-Sense Time Division Multiple Access (CS-TDMA) dengan transmit power 2 Watt, baik di kondisi normal atau low power. Di Indonesia AIS Class A dipasang pada kapal dengan bendera Indonesia yang telah memenuhi persyaratan Safety of Life at Sea (SOLAS). AIS Class B dipasang pada kapal dengan bendera Indonesia meliputi kapal penumpang, kapal barang non konvensional, dan kapal yang berlayar lintas negara.

Sistem modulasi yang digunakan pada AIS adalah Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)[2]. GMSK merupakan jenis modulasi turunan dari MSK, namun pada GMSK sidelobe spektrum sinyal dihilangkan dengan cara melewati sinyal NRZ menuju pre-modulation filter sebelum dilakukan pengolahan sinyal dengan modulator MSK.

2) AIS Message

AIS receiver data diterima dalam bentuk American Standard Code for Information Interchange (ASCII) data packets dalam bentuk data biner, menggunakan format data National Marine Electronics Association (NMEA) 0183[7]. Data tersebut nantinya di decode menjadi informasi seperti MMSI, longitude, dan latitude. Kode biner yang berada pada pesan NMEA menggunakan 6 atau 8 bits. Berikut adalah contoh pesan NMEA pada AIS :

!AIVDM,1,1,A,14eG;o@034o8sd;L9i;a;WF;062D,0*7D

Urutan penjelasan keterangan pesan NMEA pada AIS dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Keterangan Kalimat NMEA

Pesan	Keterangan
!AIVDM	Jenis Pesan NMEA
1	Jumlah kalimat
1	Nomor kalimat
A	Jenis Class AIS
14eG;...	Encode AIS data
0*	Akhir data
7D	NMEA checksum

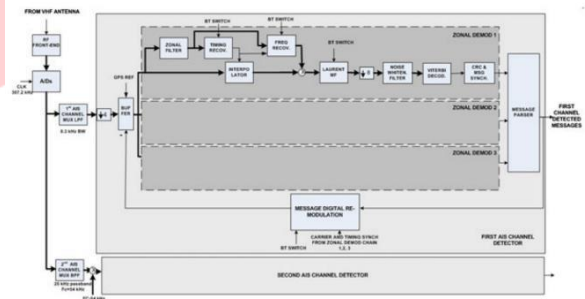
Dari keterangan pada Tabel 2.2 pesan NMEA akan di decode dan divisualisasikan dengan software navigasi laut seperti OpenCPN sehingga pengguna dapat memahami informasi dengan mudah.

3) AIS Receiver

AIS receiver merupakan perangkat yang dapat menerima data AIS yang dikirim oleh transmitter AIS. AIS receiver dapat diletakkan pada kapal itu sendiri untuk menangkap AIS kapal lain, pada VTS untuk menangkap data kapal di sekitar pantai, 8 maupun pada satelit untuk menangkap data AIS kapal yang lebih luas lagi.

Perbedaan kondisi lingkungan dalam penempatan AIS baik di kapal, VTS, maupun satelit membuat tantangan dan permasalahan yang dihadapi setiap penerima AIS akan berbeda beda. Pada penerima AIS yang dipasangkan ke satelit memiliki beberapa tantangan seperti efek dopler, karakteristik ship AIS transmitter, rotasi faraday, dan path delay [8].

Dari tantangan tersebut, AIS yang dipasangkan dengan satelit memiliki arsitektur dan blok diagram tersendiri yang berbeda dengan AIS pada kapal maupun pada VTS. AIS yang dipasangkan dengan satelit dapat dilihat pada Gambar 2.2 [9].



Gambar 2.2. Architectural block diagram penerima AIS pada satelit

Dalam arsitektur yang terdapat pada Gambar 2.2, mendukung beberapa fitur untuk menunjang fungsi dan solusi yang dihadapi penerima AIS pada satelit seperti :

1. Peningkatan sensitifitas sehubungan dengan whitenoise
2. Exploitasi pada carrier frequency diversity yang terbentuk oleh doppler spread didalam field of view satelit
3. Penerima AIS tidak sensitif terhadap nilai BT dari GMSK signal transmitter
4. Digital signal remodulation and interference cancelation meningkatkan resolusi performa dalam menghadapi pesan yang tabrakan pada receiver

B. CubeSat

CubeSat merupakan satelit kecil dengan bentuk kubus dengan ukuran standar 1U yaitu 10 Cm x 10 Cm x 10 Cm[10]. Dimensi pada CubeSat dapat berkembang menjadi 1U,2U,3U,6U, dan 12U. CubeSat merupakan salah satu satelit dengan orbit yang dekat dengan bumi atau Low Earth Orbit (LEO) dengan ketinggian orbit sekitar 160-2000 Km[4].

Dengan ukuran yang kecil serta garis orbit yang rendah, CubeSat dapat dimanfaatkan dan di aplikasikan ke berbagai hal. Ukuran CubeSat yang kecil juga mem batasi sistem komunikasi CubeSat dengan maksimum daya 1 Watt (30 dBm) untuk 10 berkomunikasi dari CubeSat dengan ground station[11]. Untuk ground station dapat

menggunakan daya transmisi yang lebih besar yaitu 100 Watt (50 dBm)

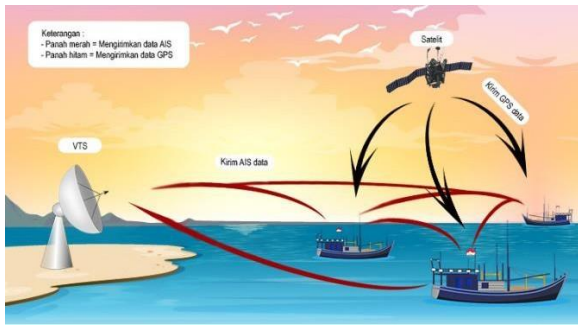
C. SI4463

Silicon Labs memproduksi chip transceiver dengan seri SI4463. Chip transceiver ini bekerja pada frekuensi 142 MHz hingga 1050 MHz[12]. chip ini menyediakan beberapa jenis modulasi yang dapat kita pilih sesuai kebutuhan seperti Gaussian Frequency Shift Keying modulation (GFSK), 4GFSK, On Off Keying (OOK), Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). Untuk receive sensitivity pada SI4463 mencapai -129 dBm dan kemampuan maximum output power hingga +20 dBm. Transceiver SI4463 ini dapat di pasok tegangan 1.8 V hingga 3.8 V.

III. METODE

A. Desain Sistem

Dalam tugas akhir ini dirancang dual channel automatic identification system receiver yang dapat dipasang pada CubeSat. Desain sistem merupakan tahap pertama dalam perancangan sebelum alat dapat di realisasikan. Ilustrasi mengenai cara kerja penerima AIS dengan CubeSat dapat dilihat pada Gambar 3.1.



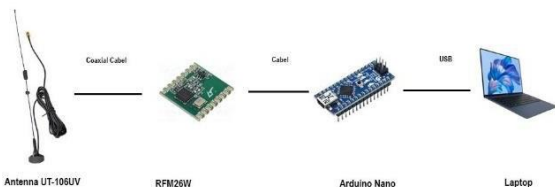
Gambar 3.1 Ilustrasi Penerima AIS Menggunakan CubeSat

1) Diagram Blok Penerima AIS

Komponen utama penyusun pada receiver AIS terdiri tiga komponen yaitu antena, RFM26W, arduino nano. Untuk komponen pendukung penerima AIS terdapat komputer dan software OpenCPN. Hubungan antar komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Penerima AIS

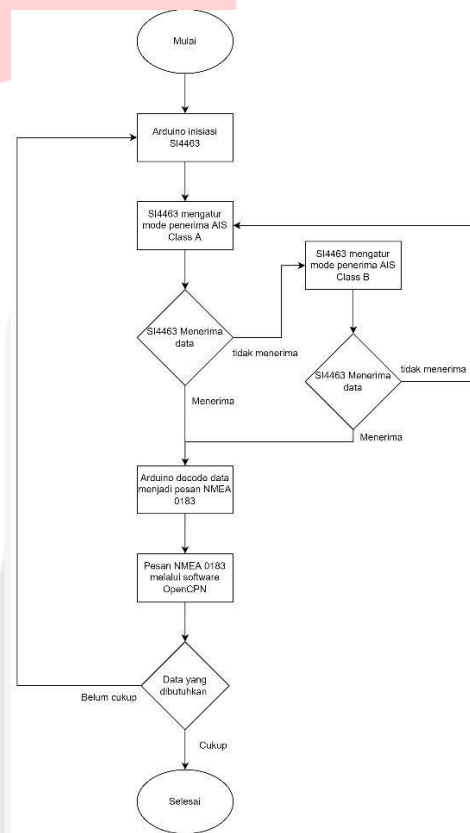


Gambar 3.3. Diagram Sistem Penerima AIS

Komponen yang terdapat pada Gambar 3.3 memiliki tugas masing-masing agar penerima AIS dapat berjalan. Berikut penjelasannya :

1. Antena sebagai penerima sinyal VHF yang dikirimkan dari transmitter AIS yang berada pada kapal. Antena disambungkan dengan modul RFM26W menggunakan coaxial cable
2. RFM26W adalah modul transceiver yang mengolah sinyal yang dapat di antena untuk di teruskan ke arduino.
3. Arduino nano digunakan untuk mengolah data yang diterima menjadi bentuk pesan NMEA 0183. Data akan kirim menuju komputer melalui kabel USB.
4. Komputer sebagai sumber daya dan bagian yang menjalankan perangkat lunak OpenCPN.
5. OpenCPN merupakan software yang menampilkan pesan NMEA 0183 menjadi sebuah Graphical User Interface (GUI) agar mudah dipahami oleh pengguna

2) Diagram Alir Penerima AIS



Gambar 3.4. Diagram Alir Penerima AIS

Untuk memudahkan dalam mengetahui bagaimana alur dari penerima AIS bekerja, dibuat diagram alir seperti pada Gambar 3.4. Alur penerimaan data AIS dimulai dari arduino menginisiasi SI4463 lalu SI4463 memasuki mode penerimaan AIS Class A. Apabila SI4463 tidak menerima data AIS, SI4463 akan mengubah mode menjadi penerimaan AIS Class B. Jika masih belum menerima data AIS, SI4463 akan kembali memasuki mode penerimaan AIS Class A. Proses ini akan terus berulang hingga SI4463 menerima data AIS. Setelah data AIS diterima SI4463 akan mengirimkan data ke arduino nano kemudian data akan di decode menjadi bentuk pesan NMEA 0183. Pesan NMEA

0183 dikirimkan menuju komputer lalu di tampilkan dalam bentuk Graphical User Interface (GUI) oleh software OpenCPN. Proses ini akan terus berulang hingga data yang diterima dirasa cukup.

B. Spesifikasi Sistem Penerima AIS

Melalui penjelasan dasar teori mengenai AIS pada BAB 2, perlu ditentukan spesifikasi sistem yang cocok untuk penerima AIS. Spesifikasi sistem penerima AIS pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Spesifikasi Sistem

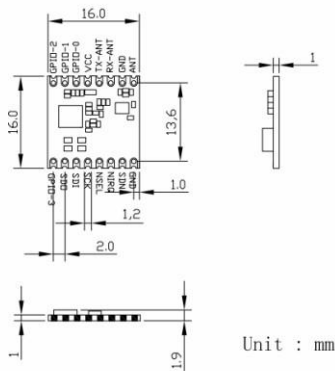
Parameter	Keterangan
Frekuensi kerja	161,975 MHz dan 162,025 MHz
Modulasi	GMSK
Voltase	1.8 - 5 V
Channel Hopping	Support
USB	Support

C. Komponen Utama

Sesuai dengan diagram blok pada Gambar 3.2, komponen utama penyusun penerima AIS adalah RFM26W, arduino nano.

1) RFM26W

Salah satu chip transceiver yang dapat menerima sinyal VHF adalah SI4463. Untuk dapat bekerja menerima sinyal, SI4463 memiliki minimum system require irement dan RFM26W merupakan module dengan chip SI4463 yang telah disu sun untuk memenuhi minimum system agar dapat bekerja. Ukuran modul RFM26W tergolong kecil sehingga cocok untuk di pasangkan pada CubeSat. Ukuran dan pin out dari modul RFM26W dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Dimensi dan Pin Out RFM26W

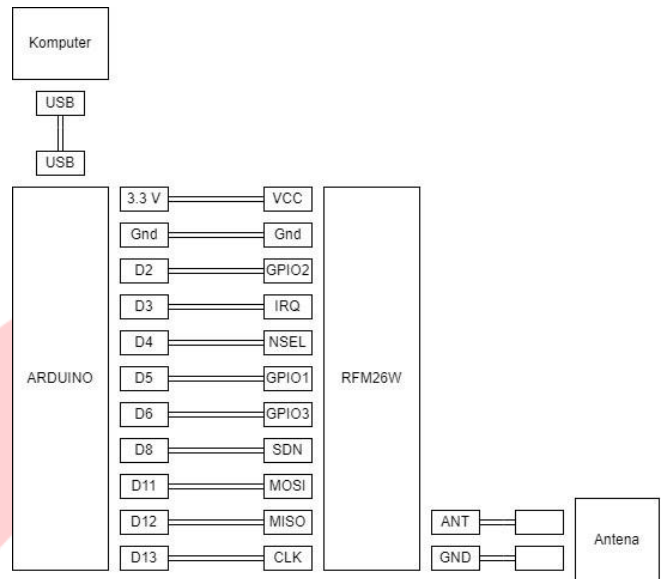
2) Arduino Nano

Mikrokontroler yang digunakan pada tugas akhir ini adalah arduino nano. Ardu ino dipilih karena ukurannya kecil, mudah untuk pemula, dan komunitas developer nya sangat banyak. Arduino nano menggunakan chip mikrokontroler ATmega328P.

Arduino nano memiliki beberapa pin out guna mendukung untuk dihubungkan dengan external device.

Salah satu dari pin out tersebut terdapat 8 analog in pins serta 22 digital i/o pins. Pin output 3 Volt juga disediakan pada arduino nano, hal ini sangat cocok dengan RFM26W mengingat tegangan input dari RFM26W 1.8 hingga 3.6 Volt.

D. Blok Hubungan Pin Out



Gambar 3.6 Blok Hubungan Pin Out Komponen

Penerima AIS dapat bekerja jika antar komponen dihubungkan sesuai dengan konfigurasi pin yang cocok. Pin tersebut dapat dihubungkan menggunakan kabel atau tembaga pada PCB. Hubungan antar pin tersebut dipetakan pada Gambar 3.6

E. Realisasi Penerima AIS

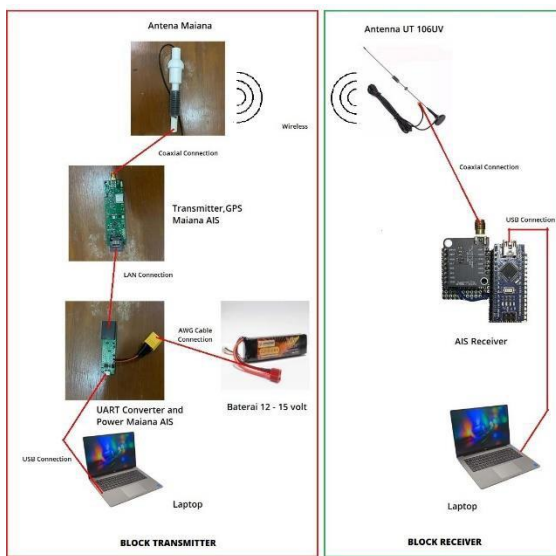
Setelah melewati beberapa proses awal mulai dari desain hingga ke pemilihan komponen, Penerima AIS dapat di realisasikan. Realisasi Menggunakan Printed Circuit Board (PCB) yang disolder dan dihubungkan antar komponennya menggunakan timah. Hasil dari realisasi penerima AIS dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7. Realisasi Penerima AIS

F. Block Diagram Alat Pengujian dan Simulasi

Pada pengujian fungsi dan simulasi dalam penerimaan data AIS, penerima AIS akan di susun dan dirangkai dengan beberapa alat pendukung. Susunan rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8. Block Diagram Alat Pengujian dan Simulasi

Pada Gambar 3.8 dibagi menjadi 2 blok yang berbeda. Blok transmitter merupakan komponen alat yang digunakan untuk mengirimkan data AIS. Untuk blok receiver merupakan komponen yang dipakai untuk menerima sinyal yang dipancarkan transmitter AIS secara wireless.

Pada blok transmitter ini terdiri dari 5 komponen utama yang saling terhubung. Antena Maiana sebagai pengirim data AIS dihubungkan dengan transmitter and GPS module MAIANA AIS dengan menggunakan kabel coaxial. Module transmitter ini akan dihubungkan juga dengan UART converter melalui LAN agar dapat dihubungkan dengan baterai 12 - 15 volt sebagai sumber daya dan laptop sebagai 29 media untuk memprogram dan mengatur transmitter tersebut.

Blok receiver terdiri dari 3 komponen utama. Antena UT-106UV bekerja sebagai penerima data AIS yang telah dikirimkan oleh transmitter menggunakan sinyal VHF. Antena UT-106UV dihubungkan dengan kabel coaxial menuju modul penerima AIS yang dibuat. Modul ini dihubungkan dengan USB ke laptop agar dapat dipantau data AIS yang telah diterima melalui software OpenCPN

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Fungsi

Dalam pengujian fungsi penerima AIS dilakukan dengan beberapa metode untuk mengetahui AIS yang telah direalisasikan dapat berfungsi dengan baik. Dalam pengujian fungsi ini digunakan transmitter MAIANA AIS yang dapat mengirimkan AIS Class A dan AIS Class B.

Hasil dari pengujian penerimaan AIS Class A pada dapat kita simpulkan apakah pengujian berhasil atau tidak yang dimuat pada Tabel 4.1. Dalam pesan NMEA 0183 ada tanda apakah penerima AIS menerima sinyal Class A atau B seperti

yang terdapat pada Tabel 2.2. Dalam 3 kali percobaan penerima AIS berhasil menerima seluruh data AIS Class A

Tabel 4.1. Pengujian AIS Class A

No	Keterangan	Data yang diperoleh
1	Berhasil	!AIVDM,1,1,,A,B71dJ7h07Is:pwOOC9IMwOwT43P06,0*4C
2	Berhasil	!AIVDM,1,1,,A,H71dJ7ht@0000000000000000,2*22
3	Berhasil	!AIVDM, 1, 1,,A,H71dJ7ht'@0000000000000000,2*24

Hasil dari pengujian AIS Class B dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengujian AIS Class B

No	Keterangan	Data yang diperoleh
1	Berhasil	!AIVDM,1,1,B,B71dJ7h05as:nwOOC:IPWwf43P06,0*55
2	Berhasil	!AIVDM, 1, 1,,B,H71dJ7ht'@0000000000000000,2*21
3	Berhasil	!AIVDM, 1, 1,,B,H71dJ71U0000000@450001@0:04,0*16

B. Pengujian Jarak

Pengujian ini dilakukan dengan cara MAIANA AIS Transponder dibawa ber jalan menjauhi penerima AIS secara berkala apabila penerima AIS menerima data. MAIANA AIS akan mengirim baik AIS Class A maupun B.

Hasil dari pengujian jarak penerima AIS dapat dilihat pada Tabel 4.3. Dari pengujian tersebut dilakukan sebanyak 7 kali. Jarak terjauh yang dapat penerima AIS terima sejauh 12 meter.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Jarak Penerima AIS

Jarak Pengujian	Keterangan
1 m	Berhasil
2 m	Berhasil
5 m	Berhasil
10 m	Berhasil
15 m	Tidak Berhasil
12 m	Berhasil
13 m	Tidak Berhasil

C. Simulasi Kapal

1) Kapal Diam

Simulasi dilakukan dengan posisi transmitter MAIANA AIS dan receiver AIS diletakkan sejauh 2 meter. Transmitter MAIANA AIS tidak di gerakkan sebagai simulasi kapal sedang dalam keadaan diam atau di jangkar. Data yang dihitung adalah lama waktu pesan yang diterima baik data AIS Class A maupun AIS Class B. Waktu terima dapat dilihat pada NMEA Debug Windows tab. Hasil pengujian simulasi kapal diam terdapat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Waktu Pengujian Kapal Diam

Percobaan	Jam data di peroleh	Rata rata waktu data diperoleh
1	23:58:55	7 menit 23,5 detik
	00:02:44	
	00:09:53	
2	09:56:00	10 menit 36 detik
	09:59:02	
	10:05:12	

2) Kapal Bergerak

Simulasi kapal bergerak 0 - 14 Knots dilakukan dengan cara membawa trans mitter MAIANA AIS berjalan. Satu orang akan berjalan dengan membawa MAIA NA AIS Transponder dan satu orang lagi berjalan mengikuti orang pertama dengan jarak 5 - 10 meter dengan membawa penerima AIS dan laptop. Orang kedua akan menghitung berapa waktu terima data AIS.

Data waktu terima pesan dilihat melalui NMEA Debug Windows yang terdapat pada software OpenCPN. Data dicatat kemudian dihitung rata rata waktu yang diperoleh saat kapal bergerak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kapal Bergerak

Jam data di peroleh	Rata rata waktu data diperoleh
12:17:10	1 Menit 8,75 detik
12:19:12	
12:19:26	
12:20:13	
12:21:55	

C. Perhitungan Error

Pengujian dilakukan selama 40 menit, dengan jumlah error yang didapatkan 28 dan data yang tidak error sebanyak 15. Presentase error yang didapatkan sebesar 65,11 %. Dari hasil pengujian dapat dituangkan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Error

Lama Pengujian	Jumlah Error	Data yang tidak error	Presentase error
40 Menit	28	15	65,11 %

D. Pengukuran Dimensi Massa dan Daya

Pengukuran dimensi, massa, dan daya digunakan alat penggaris, timbangan dan multimeter. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Pengukuran Dimensi, Massa, dan Daya

Panjang	Lebar	Tebal	Luas	Massa	Daya
5 cm	5 cm	1 cm	25 cm	29 g	192,57 mW

E. Analisis Hasil Pengujian

Analisis terkait hasil pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Penerima AIS yang dibuat sudah dapat menerima data AIS Class A maupun B dengan baik, Tetapi jarak yang dapat dijangkau oleh penerima AIS sangat pendek yaitu 12 meter. Ini dapat terjadi karena faktor antena yang digunakan 39 tidak spesifik untuk menjangkau 161,972 dan 162,025. Selain itu kualitas antena yang digunakan tidak terlalu baik, karena antena ini termasuk antena entry level. Selain itu tidak adanya pre-amplifier juga mempengaruhi dalam jangkauan penerimaan AIS.

2. Dalam simulasi kapal diam dan bergerak didapatkan waktu peroleh rata rata paling cepat 7 menit 23,35 detik dan 1 menit 8,75 detik. Waktu ini jauh lebih lama dibandingkan aturan interval pengiriman AIS oleh IMO pada Tabel 2.1. Perbedaan waktu untuk kapal di jangkar lebih lama 4 menit 23,35 detik dan untuk kapal bergerak 56,75 detik. Ini dapat terjadi karena terdapat error seperti noise dan data yang tidak sempurna. Selain itu sistem penerimaan AIS pada alat yang dibuat menggunakan channel hopping menjadi pengaruh lamanya penerimaan data. Channel hopping tidak dapat menerima data AIS dalam 2 frekuensi sekaligus. Alat yang dibuat akan berpindah untuk menerima data dari frekuensi 161,975 atau 162,025 dengan interval tertentu jadi akan ada data yang tidak diterima dalam beberapa waktu.

3. Presentase error yang didapatkan mencapai 65,11 %. Presentase error yang cukup tinggi tadi merupakan akibat dari faktor pada analisis pertama dan ke dua. Presentase error dapat berkurang apabila pada analisis pertama dan kedua dapat teratasi

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan simulasi yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat penerima AIS dua kanal untuk satelit kubus yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan tujuannya, yaitu dapat menerima sinyal AIS baik AIS Class A maupun AIS Class B.
2. Rata rata waktu yang diperoleh penerima AIS untuk menerima data AIS saat kondisi kapal diam 7 menit 23,5 detik. Ini berbeda 4 menit 23,35 detik dari aturan interval IMO dalam pengiriman data AIS.
3. Saat kondisi kapal bergerak dengan kecepatan sekitar 0-14 Knots penerima AIS dapat menerima data AIS dengan rata rata 1 menit 8,75 detik. Hasil tersebut berbeda 56,75 detik dari Aturan interval pengiriman data AIS yang diterapkan oleh IMO.
4. Alat penerima AIS dapat bekerja pada frekuensi 161,975 MHz dan 162,025 MHz.
5. Jarak maksimal jangkauan penerima AIS sejauh 12 meter.
6. Presentase error pada penerimaan AIS 65,11 %.
7. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut guna membuat penerima AIS yang lebih optimal.
8. Target spesifikasi modul sudah tercapai.

VI.REFERENSI

- [1] B. J. Tetreault, "Use of the automatic identification system (ais) for maritime domain awareness (mda)," in *Proceedings of Oceans 2005 Mts/Ieee. Ieee*, 2005, pp. 1590–1594..
- [2] R. ITU, "M. 1371-5-technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the vhf maritime mobile band," International Telecommunications Union, 2014.
- [3] Ramdhan and T. Arifin, "Aplikasi sistem informasi geografis dalam peni laian proporsi luas laut indonesia," *Jurnal Ilmiah Geomatika*, vol. 19, no. 2, pp. 141–146, 2013.
- [4] M. C. Mahdi, *Attitude stabilization for CubeSat: concepts and technology*. Cambridge Scholars Publishing, 2018..
- [5] I. Resolution, "74 (69) adoption of new and amended performance standards," *Learning Center & FAQs*, 1998.
- [6] M. O. (IMO), "Revised guidelines for the onboard operational use of shi pborne automatic identification systems (ais)," 2015.
- [7] M. Masmilah, H. Setiawan, W. Hermawansyah, and R. Haryadi, "Rancang bangun sistem monitoring kapal menggunakan data automatic identification system (ais) dengan geographic information system (gis)," in *Prosiding TAU SNAR-TEK Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, 2019, pp. 24–29.
- [8] M. A. Cervera, A. Ginesi, and K. Eckstein, "Satellite-based vessel automatic identification system: A feasibility and performance analysis," *International Journal of Satellite Communications and Networking*, vol. 29, no. 2, pp. 117– 142, 2011.
- [9] P. Burzigotti, A. Ginesi, and G. Colavolpe, "Advanced receiver design for satellite-based automatic identification system signal detection," *Internatio nal Journal of Satellite Communications and Networking*, vol. 30, no. 2, pp. 52–63, 2012.
- [10] F. M. Akmal, P. Pangaribuan, and E. Edwar, "Desain dan implementasi sistem pengontrol sikap satelit menggunakan sensor mems," *eProceedings of Engi neering*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [11] A. N. Mohi, J. S. Aziz, and L. A. Salman, "Cubesat communication system, a new design approach," *International Journal of Science, Engineering and Computer Technology*, vol. 5, no. 12, p. 417, 2015.
- [12] R. Cano Mar´ı, "Telecommunications system of a cubesat satellite," B.S. thesis, Universitat Politcnica de Catalunya, 2016.