

KARYA ILMIAH TERAPAN
ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE
BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM PENENTUAN
POSISI KAPAL DENGAN SISTEM NAVIGASI ELEKTRONIK
MODERN (GPS)



AKBAR WICAKSONO
09.21.004.1.01

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2025

KARYA ILMIAH TERAPAN
ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE
BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM PENENTUAN
POSISI KAPAL DENGAN SISTEM NAVIGASI ELEKTRONIK
MODERN (GPS)



AKBAR WICAKSONO
09.21.004.1.01

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Akbar Wicaksono

Nomor Induk Taruna : 09.21.004.1.01

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

“ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)”

Merupakan karya asli, seluruh ide yang ada dalam Karya Ilmiah Terapan tersebut kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 30 Juli 2025



AKBAR WICAKSONO
NIT. 0921004101

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE
BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM
PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM
NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)

Program Studi : TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL

Nama : AKBAR WICAKSONO

NIT : 09.21.004.1.01

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 2 Mei 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I


(Dr. Capt. Samsul Huda, M.M., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001

Dosen Pembimbing II


(Dyah Ratnaningsih, S.S., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198003022005022001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal


(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd., M.Mar.)
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 198404112009122002

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE
BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM
PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM
NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)**

Program Studi : TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL

Nama : AKBAR WICAKSONO

NIT : 09.21.004.1.01

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 8 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

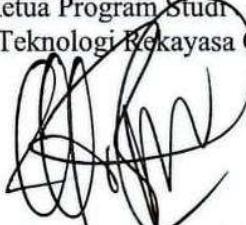


(Dr. Capt. Samsul Huda, M.M., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001



(Dyah Ratnaningsih, S.S., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198003022005022001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal



(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198404112009122002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE BARINGAN BENDA
ASTRONOMI DALAM PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM
NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)**

Disusun oleh:

**AKBAR WICAKSONO
NIT. 0921004101**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 27 Mei 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

(A. A. Ngurah Ade Dwi Putra Yuda, S.SiT., M.Pd)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198302262010121003

(Dr. Capt. Samsul Huda, M.M., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001

(Dyah Ratnaniingsih, S.S., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198003022005022001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198404112009122002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE BARINGAN BENDA
ASTRONOMI DALAM PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM
NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)**

Disusun oleh:

**AKBAR WICAKSONO
NIT. 0921004101**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

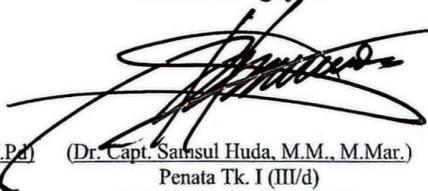
Surabaya, **30 Juli** 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I


(A. A. Ngurah Ade Dwi Putra Yuda, S.SiT., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198302262010121003

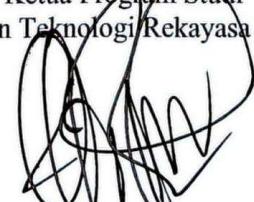
Dosen Penguji II


(Dr. Capt. Samsul Huda, M.M., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001

Dosen Penguji III


(Dyah Ratnawingsih, S.S., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198003022005022001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal


(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198404112009122002

ABSTRAK

AKBAR WICKAKSONO 2025, "ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM NAVIGASI ELEKTRONIK (GPS)". Karya ilmiah terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Program Diploma IV, Politeknik Pelayaran Surabaya. Dosen Pembimbing I : Samsul Huda, Dosen Pembimbing II : Dyah Ratnaningsih

Penentuan posisi kapal adalah suatu proses menentukan posisi atau kedudukan kapal untuk mengetahui koordinat titik (lintang dan bujur) pada suatu wilayah. Tujuannya adalah untuk navigasi yang aman dan efisien. Metode penentuan posisi bisa beragam, mulai dari cara tradisional seperti menggunakan *sextant* dan benda astronomi, hingga teknologi modern seperti GPS dll. Dalam kondisi darurat atau ketika sistem elektronik mengalami gangguan, kemampuan untuk menentukan posisi kapal menggunakan metode baringan benda astronomi menjadi alternatif terakhir sangat penting. Perbandingan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi akurasi kedua metode tersebut, seperti kondisi cuaca, kegagalan sistem pengoperasian dan kesalahan pengamatan serta meninjau kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi akurasi penentuan posisi kapal menggunakan metode baringan benda astronomi dan bagaimana hasil perbandingan akurasi posisi kapal metode baringan benda astronomi dengan sistem navigasi elektronik (GPS). Pada penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV.ABM JINJU saat peneliti melaksanakan praktik laut selama 12 bulan. Metode yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif komparatif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode baringan benda astronomi yaitu matahari dapat dijadikan alternatif dalam bennavigasi, dibuktikan dengan hasil perbandingan posisi kapal secara astronomi dengan sistem navigasi elektronik (GPS) menghasilkan selisih yang relatif kecil, baik selisih secara rentang jarak maupun titik koordinat yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi akurasi pada metode baringan benda astronomi antara lain: kondisi alat dan kemampuan dalam penggunaan Sextant, pemahaman terhadap prinsip dasar ilmu navigasi astronomi termasuk kemampuan dalam menggunakan almanak nautika serta ketelitian perhitungan, dan faktor alam berupa kondisi cuaca yang dapat mempengaruhi visibilitas langit saat pengamat melakukan baringan.

Kata kunci: Baringan Benda Astronomi, Akurasi, dan Penentuan Posisi Kapal

ABSTRACT

AKBAR WICAKSONO 2025, "COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACCURACY OF ASTRONOMICAL OBJECT BEARING METHODS IN DETERMINING SHIP POSITION WITH ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEM (GPS)". Applied scientific work of Ship Operation Engineering Technology Study Program, Diploma IV Program, Surabaya Maritime Polytechnic. Supervisor I: Samsul Huda, Supervisor II: Dyah Ratnaningsih

Ship positioning is a process of determining the position or position of a ship to find out the coordinates of a point (latitude and longitude) in an area. The goal is for safe and efficient navigation. Positioning methods can vary, from traditional methods such as using sextants and astronomical objects, to modern technologies such as GPS etc. In an emergency or when the electronic system is disrupted, the ability to determine the position of the ship using the astronomical object bearing method is a very important last alternative. This comparison allows researchers to identify factors that can affect the accuracy of the two methods, such as weather conditions, operating system failures and observation errors and review the advantages and disadvantages of each method. This study aims to determine what factors influence the accuracy of determining a ship's position using the astronomical object bearing method and what are the comparative results of the accuracy of the ship's position using the astronomical object bearing method with the electronic navigation system (GPS). This study was carried out on board the MV.ABM JINJU ship when researchers were carrying out sea practice for 12 months. The method used by researchers in this study is a comparative quantitative method.

The results of this study indicate that the use of the astronomical object bearing method, namely the sun, can be used as an alternative in navigation, as evidenced by the results of the comparison of the ship's position astronomically with the electronic navigation system (GPS) which produces a relatively small difference, both in terms of distance range and the resulting coordinate points. Factors that affect the accuracy of the astronomical object bearing method include: the condition of the equipment and the ability to use Sextant, understanding of the basic principles of astronomical navigation science including the ability to use nautical almanacs and calculation accuracy, and natural factors in the form of weather conditions that can affect the visibility of the sky when the observer is bearing.

Keywords: Astronomical Object Bearing, Accuracy, and Ship Position Determination

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Sang Pencipta dan sumber segala ilmu pengetahuan, peneliti panjatkan puji dan syukur yang tak terhingga atas limpahan rahmat, hidayah, serta kenikmatan berupa keluasan berpikir dan kedalaman pemahaman yang telah dianugerahkan kepada kita semua, sehingga kita dapat terus menggali dan mempelajari keluasan ilmu-Nya yang tak terbatas. Atas berkat rahmat dan karunia-Nya pula, peneliti akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan penelitian ini dengan judul:

“ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI METODE BARINGAN BENDA ASTRONOMI DALAM PENENTUAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM NAVIGASI ELEKTRONIK MODERN (GPS)”

Dalam proses penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini penulis banyak sekali mengalami kesulitan serta hambatan, akan tetapi berkat bantuan serta arahan dari para pembimbing, penulisan penelitian ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan fasilitas di dalam maupun di luar kampus Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Ibu Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd., M.Mar. selaku Ketua Prodi TROK yang membimbing dan memberi banyak wawasan kepada peneliti dalam menyelesaikan penyusunan karya ilmiah ini.
3. Bapak Dr. Capt Samsul Huda, M.M., M.Mar. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi motivasi dan pengetahuannya kepada peneliti sehingga karya ilmiah ini terselesaikan.
4. Ibu Dyah Ratnaningsih, SS, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan bantuan sehingga karya ilmiah ini terselesaikan.
5. Bapak/Ibu dosen dan serta Civitas Akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberi banyak bekal ilmu.
6. Kedua orang tua Bapak Baliman Santosa dan Ibu Henny Ratna Dewi yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
7. Kepada seluruh Awak Kapal MV. ABM JINJU yang telah memberikan banyak ilmu dan bimbingan selama peneliti melaksanakan praktik laut.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam meyelesaikan KIT ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu-satu.

Dalam proses penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini, penulis dengan penuh kesadaran mengakui bahwa keterbatasan waktu, sumber daya, serta kedalaman pemahaman terhadap kompleksitas permasalahan yang diteliti, berpotensi menimbulkan berbagai kekurangan dalam isi maupun metodologi penulisan. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati mengharapkan adanya kritik dan saran yang konstruktif dan membangun dari berbagai pihak, termasuk para ahli, kolega,

maupun pembaca yang budiman, demi penyempurnaan kualitas Karya Ilmiah Terapan ini di masa yang akan datang, sehingga dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang terkait.

SURABAYA, 30 JULI 2025

AKBAR WICAKSONO
NIT 09.21.004.1.01

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	7
B. Landasan Teori	9
C. Kerangka Berpikir Penelitian	36

BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Jenis Penelitian	37
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	38
C. Sumber Data Teknik Pengumpulan Data	39
D. Teknik Analisis Data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	43
B. Hasil Penelitian	45
C. Pembahasan	71
BAB V PENUTUP	74
A. Simpulan	74
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Review Penelitian Sebelumnya</i>	7
Tabel 2.2 Data Observasi	22
Tabel 2.3 <i>Form Mencari LHA dan P</i>	23
Tabel 2.4 <i>Form Mencari True Declination</i>	23
Tabel 2.5 <i>Form Mencari Tinggi Sejati dan Tinggi Hitung</i>	23
Tabel 2.6 <i>Form Mencari Azimuth</i>	24
Tabel 4.1 Data Penilikan 1 dan 2	52
Tabel 4.2 Data Penilikan 1	55
Tabel 4.3 Perhitungan Tinggi Hitung dan <i>Intercept</i> Penilikan 1	56
Tabel 4.4 Perhitungan Nilai A, B, dan C Penilikan 1	57
Tabel 4.5 Perhitungan Azimuth Matahari Penilikan 1	58
Tabel 4.6 Data Penilikan 2	62
Tabel 4.7 Perhitungan Tinggi Hitung dan <i>Intercept</i> Penilikan 2	63
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai A, B, dan C Penilikan 2	64
Tabel 4.9 Perhitungan Azimuth Matahari Penilikan 2	64
Tabel 4.10 Selisih Koordinat Astronomi dengan GPS	69
Tabel 4.11 Hasil Kuesioner	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Diagram alir mencari COP	12
Gambar 2.2 : Bagan alir untuk mencari LOP.....	12
Gambar 2.3 : Dip Sector	14
Gambar 2.4 : Refraksi	15
Gambar 2.5 : Semi-diameter	16
Gambar 2.6 : Tampilan Awal Perangkat Lunak <i>OpenCPN</i>	31
Gambar 2.7 : STCW <i>Code Table A-II/1</i>	35
Gambar 4.1 : Kapal MV. ABM JINJU	44
Gambar 4.2 : Nilai <i>Sextant</i> penilikan 1	53
Gambar 4.3 : Koordinat penilikan 1 pada GPS	54
Gambar 4.4 : Koordinat penilikan 1 pada <i>OpenCPN</i>	54
Gambar 4.5 : Azimuth Matahari penilikan 1	58
Gambar 4.6 : Visualisasi penilikan 1 pada <i>OpenCPN</i>	59
Gambar 4.7 : Nilai <i>Sextant</i> penilikan 2	60
Gambar 4.8 : Koordinat penilikan 2 pada GPS	61
Gambar 4.9 : Koordinat penilikan 2 pada <i>OpenCPN</i>	61
Gambar 4.10 : Azimuth Matahari penilikan 2	65
Gambar 4.11 : Visualisasi Penilikan 2 <i>OpenCPN</i>	66
Gambar 4.12 : Perpotongan AGT 1 dengan AGT 2	67
Gambar 4.13 : Selisih jarak antara titik astronomi dengan GPS	68
Gambar 4.14 : Perbedaan koordinat secara astronomi dengan GPS	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Ship's Particulars</i>	80
Lampiran 2 <i>Crew List</i>	81
Lampiran 3 <i>Passage Plan</i>	82
Lampiran 4 Nilai <i>Sextant Penilikan 1</i>	83
Lampiran 5 Nilai <i>Sextant Penilikan 2</i>	84
Lampiran 6 Halaman Almanak Nautika 8 Juni 2025	85
Lampiran 7 Halaman GHA <i>Increments</i> penilikan 1	86
Lampiran 8 Halaman GHA <i>Increments</i> penilikan 2	87
Lampiran 9 Halaman <i>Allitude Correction</i> dan <i>Apparent Altitude</i>	88
Lampiran 10 Data Responden	89
Lampiran 11 Hasil kuesioner pernyataan 1-3	90
Lampiran 12 Hasil kuesioner pernyataan 4-6	91
Lampiran 13 Hasil kuesioner pernyataan 7-9	92
Lampiran 14 Hasil kuesioner pernyataan 10 dan Saran Responden	93
Lampiran 15 Perhitungan penilikan 1	94
Lampiran 16 Perhitungan penilikan 2	95
Lampiran 17 Azimuth dan Arah Garis Tinggi penilikan 1 <i>Plotting Sheet</i>	96
Lampiran 18 Azimuth dan Arah Garis Tinggi penilikan 2 <i>Plotting Sheet</i>	97
Lampiran 19 Perpotongan AGT 1 dengan AGT 2 <i>Plotting Sheet</i>	98
Lampiran 20 <i>Logbook</i> 8 Juni 2025	99
Lampiran 21 Visualisasi Penilikan 1 pada Aplikasi <i>OpenCPN</i>	100
Lampiran 22 Visualisasi Penilikan 2 pada Aplikasi <i>OpenCPN</i>	101
Lampiran 23 Visualisasi Perpotongan AGT 1 dan AGT 2 <i>OpenCPN</i>	102
Lampiran 24 Visualisasi Selisih Jarak Aplikasi <i>OpenCPN</i>	103

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Navigasi telah menjadi aspek penting dalam perjalanan maritim sejak zaman dahulu. Para pelaut memanfaatkan berbagai metode, termasuk mengamati benda-benda langit atau astronomi untuk menentukan posisi kapal. Para pelaut telah berabad-abad lamanya mengandalkan benda-benda langit untuk menentukan posisi kapal mereka di tengah lautan lepas. Sejak zaman dahulu, manusia telah terpesona oleh luasnya lautan dan misteri yang tersimpan di dalamnya. Dorongan untuk menjelajahi samudra mendorong para pelaut untuk mencari cara yang akurat untuk menentukan posisi kapal mereka di tengah lautan lepas. Salah satu metode tertua dan paling mendasar dalam navigasi maritim adalah ilmu pelayaran astronomi.

Menurut Hartanto *et al.*, (2016) Ilmu Pelayaran Astronomi merupakan sistem atau metode untuk menentukan posisi kapal dengan mengamati objek-objek langit seperti matahari, bulan, bintang-bintang, dan planet-planet. Posisi kapal diperoleh melalui perhitungan yang tepat terhadap letak relatif benda-benda langit tersebut. Ilmu pelayaran astronomi telah menjadi landasan bagi penjelajahan maritim selama berabad-abad. Para pelaut pada masa lalu, seperti bangsa Fenisia, Viking, dan pelaut Portugis, telah mengandalkan benda-benda langit untuk menentukan arah dan posisi kapal mereka. Dengan mengamati posisi benda-benda langit tersebut relatif terhadap horizon, mereka dapat menghitung lintang dan bujur kapal, memungkinkan

mereka untuk berlayar melintasi samudra yang luas dengan lebih percaya diri. Penemuan kompas magnetik pada abad ke-12 merupakan sebuah revolusi dalam navigasi. Kompas memungkinkan pelaut untuk menentukan arah utara magnetik, namun tidak memberikan informasi tentang posisi geografis yang akurat. Untuk melengkapi kekurangan kompas, para pelaut terus mengembangkan ilmu pelayaran astronomi. Peralatan navigasi yang digunakan yaitu *sextant*, *chronometer*, dan kompas dengan perhitungan beberapa tabel serta menggunakan almanak nautika.

Pada abad ke-18, penemuan *chronometer* laut yang akurat oleh John Harrison menjadi tonggak penting dalam sejarah navigasi. *Chronometer* memungkinkan pelaut untuk menentukan waktu setempat dengan sangat presisi, yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung bujur kapal. Kombinasi antara pengamatan benda-benda langit dengan bantuan *sextant* dan penentuan waktu dengan *chronometer* memungkinkan para pelaut dalam menentukan posisi kapal mereka dengan tingkat akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Misalnya Christofer Columbus (1451-1500), Seorang pelaut dari Genoa, Italia, melakukan pelayaran atas perintah Ratu Isabela I dari Spanyol dengan tujuan menemukan benua baru dan membuktikan bahwa bumi berbentuk bulat. Meskipun pada akhirnya Columbus hanya menemukan Kepulauan San Salvador dan Haiti di wilayah Karibia, peristiwa ini tetap tercatat dalam sejarah sebagai momen penting yang menunjukkan peran besar ilmu navigasi astronomi pada masa itu. Pada tahun 1493, Christopher Columbus kembali berlayar menuju Spanyol dengan mengandalkan bintang Polaris sebagai acuan dalam menentukan garis lintang, serta menggunakan metode *Dead Reckoning* (DR),

yaitu teknik posisi duga yang didasarkan pada kecepatan kapal dan arah haluan untuk memperkirakan garis bujur. Hal itu membuktikan bahwa metode pengamatan benda astronomi populer digunakan pada jaman dahulu dalam bidang pelayaran. Metode baringan benda astronomi, yang melibatkan pengamatan posisi bintang atau benda langit lainnya, merupakan teknik klasik dalam navigasi dan metode ini cukup efektif pada masa lalu.

Perkembangan teknologi telah membawa revolusi dalam dunia maritim, di mana sistem navigasi astronomi yang berabad-abad lamanya digunakan telah digantikan oleh sistem navigasi elektronik berbasis *Global Positioning System* (GPS). Kapal-kapal modern kini mengandalkan GPS guna menentukan posisi dengan skala presisi yang tinggi, memungkinkan navigasi yang lebih aman dan efisien dibandingkan dengan metode pengamatan benda astronomi yang bergantung pada pengamatan benda-benda langit. Transisi dari navigasi astronomi ke GPS menandai sebuah era baru dalam pelayaran, di mana teknologi telah mengubah cara kita menjelajahi lautan. Hal ini berkaitan dengan konvensi internasional tentang keselamatan di laut *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) 1974 pada *Chapter V (Safety of Navigation)*, menjelaskan bahwa sesuai dengan peraturan yang berlaku, setiap kapal wajib dilengkapi dengan peralatan navigasi, terutama navigasi elektronik. Oleh karena itu, perwira juga di anjungan dituntut untuk memiliki kemampuan dalam mengoperasikan peralatan navigasi yang diwajibkan tersebut (Supriyono & Sulistyo, 2014).

Penelitian ini perlu dilakukan karena meskipun teknologi navigasi telah maju pesat, pemahaman mendalam tentang metode tradisional masih relevan. Dikutip dari artikel berita Liputan6.com (2017) Salah satu contoh peristiwa atau

insiden terkait kegagalan atau gangguan pada perangkat GPS di kapal adalah pada tanggal 19 November 2017, KM. KARYA INDAH asal Manado, Sulawesi Utara menabrak pulau di Halmahera. saat pukul 22.50 WIT, KM. KARYA INDAH yang membawa 111 penumpang menabrak pulau di Halmahera. Bagian depan kapal masuk hingga ke hutan bakau. Insiden ini disebabkan oleh gangguan pada sistem GPS kapal dan kurangnya pengalaman kapten dalam menguasai jalur serta rute perjalanan di perairan tersebut. Dalam keadaan darurat atau jika sistem elektronik terjadi gangguan, kemampuan untuk menentukan posisi kapal menggunakan metode baringan benda astronomi menjadi sangat penting, ataupun sebaliknya ketika pengamatan benda astronomi sukar dilakukan karena tingkat visibilitas atau penglihatan yang rendah. Perbandingan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi akurasi kedua metode tersebut, seperti kondisi cuaca, gangguan elektromagnetik, kegagalan sistem pengoperasian dan kesalahan pengamatan serta meninjau kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi metode yang sesuai untuk meningkatkan keselamatan pelayaran. Hal ini sangat penting mengingat tingginya risiko yang dihadapi oleh kapal-kapal yang beroperasi di laut lepas. Dari penjabaran di atas peneliti tertarik untuk mengambil judul Analisis Perbandingan Akurasi Metode Baringan Benda Astronomi Dalam Penentuan Posisi Kapal Dengan Sistem Navigasi Elektronik Modern (GPS).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan di atas, maka terdapat

rumusan masalah yang peneliti ambil adalah sebagai berikut :

1. Faktor apa saja yang mempengaruhi akurasi penentuan posisi kapal menggunakan metode baringan benda astronomi?
2. Bagaimana hasil perbandingan akurasi posisi kapal metode baringan benda astronomi dengan sistem navigasi elektronik (GPS)?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan memudahkan pembaca dalam memahami isi karya ilmiah terapan ini, peneliti menetapkan batasan atau ruang lingkup penelitian, yaitu dengan membatasi objek benda astronomi yang digunakan hanya pada matahari, serta objek dari sistem navigasi elektronik modern adalah *Global Positioning System* (GPS). Penelitian ini bersifat perbandingan atau komparatif dari nilai yang di dapat dari perhitungan benda astronomi terhadap perangkat GPS.

D. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis faktor yang berpengaruh terhadap akurasi penentuan posisi kapal dengan metode baringan benda astronomi.
2. Mengidentifikasi perbandingan akurasi posisi kapal metode baringan benda astronomi terhadap perangkat GPS.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin penulis capai dengan adanya penelitian serta penyusunan karya ilmiah terapan ini yaitu sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas terkait kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Kemudian penelitian ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat akurasi metode baringan benda astronomi yang telah digunakan sejak lama dalam navigasi, dibandingkan dengan teknologi navigasi modern seperti GPS.

2. Manfaat Praktis

Dengan mengetahui akurasi dari kedua metode, maka dapat dilakukan evaluasi terhadap sistem navigasi yang digunakan saat ini. Hal ini penting untuk meningkatkan keamanan pelayaran, Dalam situasi darurat saat perangkat elektronik GPS mengalami kerusakan atau ketika sinyal GPS terganggu, kemampuan untuk menentukan posisi kapal menggunakan metode baringan benda astronomi dapat menjadi alternatif yang sangat penting bagi para navigator di atas kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Review Penelitian Sebelumnya*

Tabel berikut menyajikan ringkasan tinjauan literatur yang relevan dengan penelitian ini. Tinjauan ini mencakup studi-studi terdahulu yang membahas topik serupa, judul penelitian, metode yang digunakan, hasil penelitian, serta relevansi penelitian tersebut dengan studi yang sedang dilakukan.

Tabel 2.1 *Review Penelitian Sebelumnya*

Sumber: Peneliti

No	Peneliti	Judul	Kesimpulan	Perbedaan
1	Ari Srianini (2011) <i>Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan</i> , Vol.1, No.2 Maret 2011	Perhitungan Posisi Sejati Kapal Dengan Pengamatan Terhadap Benda-Benda Angkasa	Penelitian ini membahas tentang penentuan posisi sejati dari sebuah kapal menggunakan observasi atau pengamatan dengan benda angkasa, lalu dapat disimpulkan yaitu, bahwa penggunaan dari metode pengamatan oleh benda angkasa dapat dilakukan pada dua benda angkasa atau lebih dalam waktu yang sama atau hampir sama, lalu bisa juga terhadap satu saja benda angkasa tetapi beda pada waktu pengamatannya.	Di penelitian sebelumnya membahas tentang suatu metode pengamatan yang menggunakan dua benda angkasa sebagai obyek perhitungan posisi sejati kapal dengan objek benda angkasa yaitu matahari serta bintang <i>Sirius</i> , akan tetapi penelitian yang dilakukan oleh penulis ini menggunakan dua buah metode, yaitu baringan dengan benda astronomi yaitu matahari dan sistem navigasi elektronik yaitu GPS untuk menentukan posisi kapal.
2	Slamet Riyadi, Dwi Antoro, I Made Wahyu S.P, Hilda Emeraldo A.A. (2021). <i>Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu</i>	Akurasi Nilai Tinggi Matahari antara Perhitungan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) dan Sight Reduction Table (SRT)	Di dalam penelitian ini membahas tentang uji akurasi nilai tinggi benda angkasa yaitu matahari menggunakan dua buah metode, yaitu dengan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) serta dengan <i>Sight Reduction Table</i> (SRT), dan hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa	Di penelitian sebelumnya hanya membahas tentang perhitungan dari tinggi sebuah matahari dengan dua metode, namun pada penelitian ini memakai dua unsur yaitu tinggi matahari serta azimuth matahari yang digunakan untuk menentukan posisi kapal secara astronomi,

	<i>Maritim</i> , Vol.5 No.3 September 2021		hasil perhitungan nilai tinggi matahari dengan metode Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) memiliki akurasi yang lebih baik dibanding dengan metode <i>Sight Reduction Table</i> , dapat dibuktikan dengan perhitungan selisih Δh DIP dengan Δt_s yang bernilai relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan selisih dari Δh metode SRT dengan Δt_s .	kemudian pada penelitian ini peneliti berfokus pada membandingkan nilai dari penentuan posisi kapal dengan baringan benda astronomi yaitu benda matahari dengan nilai koordinat pada perangkat GPS.
3	Samsir Adewal (2022)	Analisis Menentukan Posisi Kapal Dengan Penilitikan Benda-Benda Angkasa (Bintang) Di MT. ERICA 10	Penelitian ini membahas tentang Ilmu pelayaran astronomi yang perlahan ditinggalkan oleh perwira dek di atas kapal dan metode penentuan posisi ilmu pelayaran astronomi digantikan dengan ilmu pelayaran elektronika. dalam sisi lain memang penentuan posisi menjadi lebih praktis dan cepat, namun jika suatu ketika terjadi kerusakan atau adanya kesalahan yang tidak terdeteksi lebih awal, maka tentu saja akan mempengaruhi dan mengganggu rencana dari pelayaran yang sudah ditetapkan sebelumnya.	Penelitian sebelumnya membahas penggunaan navigasi astronomi di atas kapal kini sudah mulai ditinggalkan, digantikan dengan sistem navigasi berbasis elektronik. Dan penelitian yang dilakukan oleh penulis membahas tentang uji perbandingan akurasi yang didapat dari metode navigasi secara astronomi dengan sistem navigasi elektronik yaitu (GPS). Dimana penulis berfokus kepada uji nilai dan tingkat nilai akurasi dari navigasi astronomi dengan system navigasi elektronik modern atau GPS, selanjutnya penulis akan menjelaskan faktor yang mempengaruhi nilai akurasi serta kelebihan dan kekurangan dari masing masing metode.

Pada tabel 2.1 ini bertujuan untuk menyajikan secara komprehensif landasan teoritis yang kokoh, merangkum temuan-temuan empiris relevan dari penelitian

terdahulu, sehingga memberikan kerangka referensi yang kuat dan terstruktur bagi penulis dalam menyusun penelitian ini.

B. Landasan Teori

1. Analisis

Analisis merupakan tahapan dalam proses penelitian yang dilakukan setelah seluruh data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dikaji berhasil dikumpulkan (Muhsan, 2006). Ketajaman dan ketepatan dalam menggunakan alat analisis sangat berpengaruh terhadap keakuratan kesimpulan yang diambil. Oleh karena itu, proses analisis data memegang peranan penting dan tidak boleh diabaikan dalam suatu penelitian. Jika terjadi kesalahan dalam pemilihan alat analisis, hal ini dapat menyebabkan kesimpulan yang keliru, yang pada akhirnya akan berdampak negatif terhadap pemanfaatan dan penerapan hasil penelitian tersebut.

Secara umum, teknik analisis data dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu analisis kuantitatif dan kualitatif. Perbedaan utama antara kedua teknik ini terletak pada jenis data yang digunakan. Data yang bersifat kualitatif atau tidak dapat diangkakan maka analisis yang digunakan yaitu analisis kualitatif, sedangkan data yang dapat dikuantifikasikan dapat dianalisis secara kuantitatif, bahkan dapat juga dianalisis secara kualitatif.

2. Perbandingan Akurasi

Devy *et al.*, (2020) memberikan pengertian perbandingan merupakan proses membandingkan dua hal atau benda guna mengetahui persamaan dan perbedaan di antara keduanya melalui tahapan-tahapan tertentu, dengan

menggunakan alat ukur sebagai acuan. Tujuannya adalah untuk memperoleh manfaat atau kelebihan dari masing-masing objek yang dibandingkan. Akurasi adalah tingkat kesesuaian antara prakiraan dan pengamatan (Gustari, 2012).

Perbandingan akurasi merupakan suatu proses evaluasi terhadap kinerja berbagai model atau metode yang digunakan dalam suatu penelitian. Tujuan utama dari perbandingan akurasi adalah untuk menentukan model atau metode mana yang paling optimal dalam menyelesaikan masalah yang sedang diteliti. Dalam konteks perbandingan akurasi baringan benda astronomi dengan sistem navigasi elektronik (GPS) dalam penentuan posisi kapal, perbandingan akurasi digunakan untuk menganalisis nilai perhitungan yang dihasilkan oleh kedua metode.

3. Baringan Benda Astronomi

a. Definisi

Sianipar *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa Baringan merupakan sudut mendatar yang diukur dari arah acuan tertentu ke kanan hingga mencapai arah pandangan terhadap objek yang dibaring. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), baringan adalah objek-objek yang terlihat dari kapal, baik di darat, laut, maupun langit, yang posisinya dapat diukur dan digunakan untuk menentukan posisi kapal melalui proses yang disebut membaring.

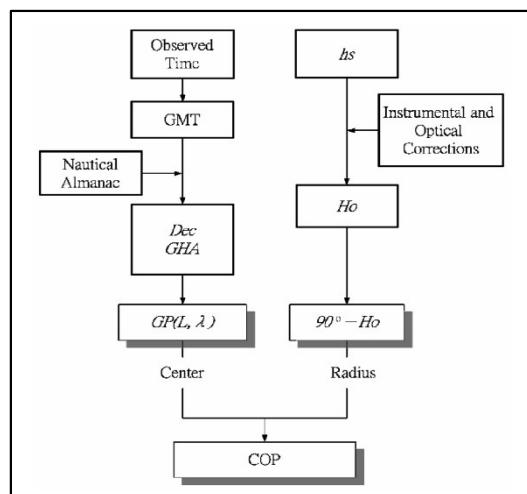
Iskandar (2020) memberikan pengertian dalam buku Ajar Ilmu Pelayaran Datar, membaring merupakan suatu aktivitas yang dilakukan di atas kapal guna menentukan kedudukan atau posisi kapal dengan cara

menentukan arah atau sudut (mulai 000° sampai dengan 359°) sesuatu objek yang dibaring terhadap kapal. Objek-objek yang dapat dipakai sebagai objek baringan adalah semua benda, baik yang terdapat di darat maupun yang berada di laut bahkan yang berada di angkasa. Baringan benda astronomi adalah sudut horizontal yang diukur antara arah utara sejati (atau arah utara magnetik) dengan arah ke suatu benda langit (bintang, matahari, bulan, atau planet). Sudut ini diukur dari titik pengamatan, dalam hal ini adalah kapal, dan digunakan untuk menentukan posisi kapal di atas permukaan bumi.

b. Reduksi Penglihatan Baringan Benda Astronomi

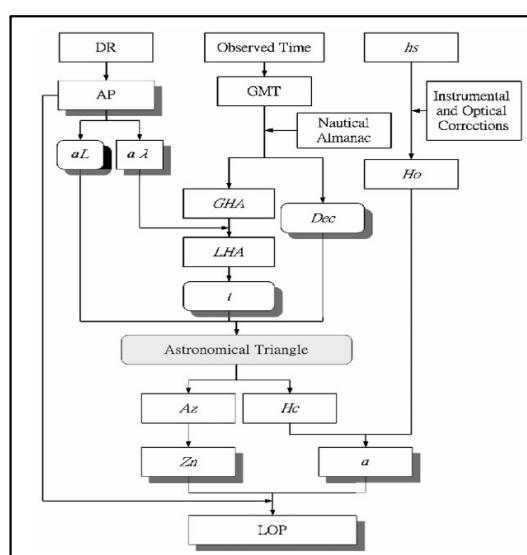
Chen *et al.*, (2003) dalam penelitian yang berjudul *A novel approach to determine the astronomical vessel position* menjelaskan bahwa konsep dasar metode reduksi penglihatan dalam pengamatan atau baringan benda astronomi, yang didefinisikan sebagai proses memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk menetapkan *Line Of Position* (LOP), dikaitkan dengan lingkaran dengan ketinggian yang sama. Pengamatan itu sendiri terdiri dari pengukuran ketinggian benda astronomi dan pencatatan waktu. Secara umum, terdapat dua pendekatan untuk reduksi penglihatan, yaitu pengamatan ketinggian tinggi dan metode intersep. Untuk proses penyelesaiannya, yang pertama merupakan jenis metode grafis langsung, sedangkan yang kedua merupakan jenis metode perhitungan dengan prosedur grafis.

Pengamatan ketinggian tinggi adalah untuk memetakan *Circle Of Position* (COP) langit, dan elemen-elemen yang memetakan adalah GP benda langit dan *co-altitude* nya. Diagram alir untuk menyelesaikan COP dengan menggunakan pengamatan ketinggian tinggi ditunjukkan pada Gambar 2.1 Sebaliknya, metode intersep adalah untuk memetakan LOP langit dan elemen-elemen yang memetakan adalah AP, azimuth benda langit yang dihitung, Zn, dan *intercept*.



Gambar 2.1 Diagram alir mencari COP

Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*



Gambar 2.2 Bagan alir untuk mencari LOP

Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*

Diagram alir untuk menyelesaikan LOP dengan menggunakan metode *intercept* ditunjukkan pada Gambar 2.2. Perlu dicatat bahwa, pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 tinggi ukur yang diamati dapat ditentukan dengan mengoreksi kesalahan instrumen misalnya, kesalahan tetap dan kesalahan yang dapat disesuaikan dan kesalahan deviasi optik misalnya, kesalahan kemiringan, refraksi dan paralaks, dll. Dari ketinggian *sextant* dengan menggunakan almanak bahari atau perangkat lunak terkait, variabel posisi dalam sistem koordinat ekuator langit, seperti deklinasi, sudut jam *Greenwich*, GHA, dapat diperoleh pada waktu yang diamati.

c. Perbaikan Tinggi

Seperti yang diungkapkan oleh Wahyu *et al.*, (2021), dalam pengamatan benda angkasa atau astronomi menggunakan alat *sextant*, nilai yang dihasilkan pada *sextant* bukanlah nilai tinggi sejati melainkan adalah nilai tinggi ukur (TU). Untuk memperoleh nilai tinggi ukur sejati (TS) sebagai *True Altitude* perlu dilakukan beberapa koreksi dengan bantuan data pada buku Almanak Nautika. Adapun koreksi nilai tinggi ukur tersebut dapat dilakukan dengan memakai rumus pada persamaan 2.1 berikut:

$$TS = TU - KI - PTLM - LSA + Par \pm \frac{1}{2} GT \dots \quad 2.1$$

Keterangan:

TS = Tinggi Sejati Matahari

TU = Tinggi Ukur Matahari

KI = Koreksi Indeks *Sextant* (*Index Error*)

PTLM = Penundukan Tepi Langit Maya (Dip)

LSA = Lengkung Sinar Astronomi (Refraksi/Pembiasan)

Par = Paralaks

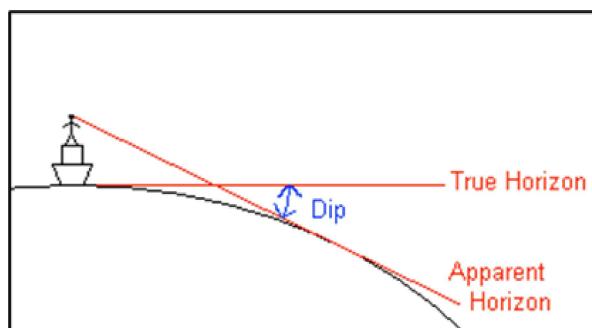
$\frac{1}{2} GT$ = Setengah Garis Tengah / Semi diameter

Berikut beberapa koreksi yang perlu diperhatikan pada saat perbaikan tinggi pengamatan benda astronomi yang telah di dapat menggunakan alat *sextant*

1) Index Error

Koreksi Indeks berkaitan dengan *alhidade* yang ada pada *sextant*, koreksi ini disebabkan oleh pemuaian komponen *sextant*. Diketahui dengan mengamati garis cakrawala masih tampak sejajar atau tidak. Jika tidak sejajar, penyelarasan dilakukan menggunakan skala nonius hingga cakrawala tampak benar-benar sejajar. Setelah itu, nilai pada nonius dibaca untuk menentukan apakah bernilai positif atau negatif.

2) Dip / Penundukan Tepi Langit Maya (PLTM)



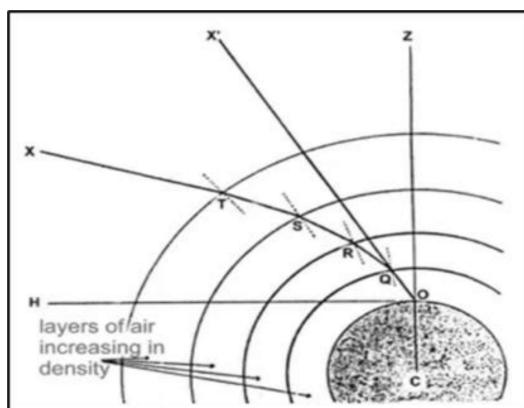
Gambar 2.3 Dip Sector

Sumber: <https://navsoft.com/assets/images/Dip.png>

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa horizon Sejati berada pada sudut 90° terhadap medan gravitasi Bumi. Horizon ini bertepatan dengan horizon tampak di permukaan laut. Namun, Horizon Tampak mulai turun di bawah bidang horizontal seiring dengan bertambahnya

ketinggian mata pengamat. Kemiringan mencakup kelonggaran untuk Pembiasan di bawah bidang horizontal. Nilai PTLM dapat diperoleh dari Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) pada Tabel XVIII, tepatnya di kolom tepi langit bebas, dengan menggunakan tinggi mata penilik sebagai argumen. Nilai ini juga dapat ditemukan dalam buku Almanak Nautika (Tabel Koreksi DIP A2). Koreksi PTLM memiliki nilai negatif (-).

3) Refraksi / Lengkungan Sinar Astronomis (LSA)



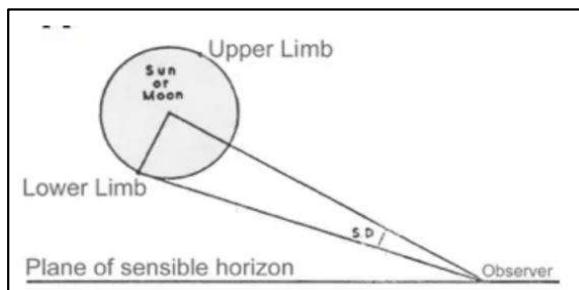
Gambar 2.4 Refraksi

Sumber: <https://sidaerum.com>

Pada gambar 2.4 dijelaskan bahwa refraksi adalah pembelokan cahaya dari lintasannya, dan hal itu terjadi ketika seberkas cahaya berpindah dari satu medium ke medium lain yang kepadatannya berbeda. Karena kepadatan udara di sekitar Bumi berkurang seiring bertambahnya jarak dari permukaan Bumi, seberkas cahaya dari benda langit berpindah secara terus-menerus dari satu medium ke medium lain yang kepadatannya lebih besar, sejak saat memasuki lapisan udara di sekitarnya hingga mencapai pengamat. Oleh karena itu lintasannya melengkung, seperti yang ditunjukkan oleh garis XTSRQO pada gambar 2.4. Karena alasan ini, seorang pengamat melihat benda langit

X seolah-olah berada di X', dengan ketinggian tampak HOX' yang lebih besar daripada ketinggian sebenarnya di atas bidang horizontal melalui O. Perbedaan antara kedua ketinggian ini adalah sudut refraksi, dan itu harus dikurangi dari ketinggian tampak. Nilai refraksi bergantung pada ketinggian benda langit. Nilai refraksi terbesar adalah saat ketinggiannya nol, yaitu saat benda langit berada di cakrawala, dengan nilai maksimum sekitar 33° . Saat ketinggian benda langit adalah 90° , refraksinya nol, karena sinar cahaya yang masuk ke mata pengamat dari benda langit melewati atmosfer tanpa membelok. (ZO pada gambar 2.4). LSA atau refraksi astronomi dapat ditemukan dalam Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) pada Tabel XX, dengan asumsi suhu udara lebih dari 10°C . Koreksi yang diberikan untuk LSA ini bernilai negatif.

4) Semi diameter (SD) / Setengah Garis Tengah



Gambar 2.5 Semi-diameter
Sumber: <https://sidaerum.com>

Dalam gambar 2.5 diproyeksikan bahwa posisi Matahari dan Bulan yang tercantum dalam Almanak Nautika adalah posisi pusatnya. Karena ukuran dan kedekatannya dengan Bumi, seorang pengamat melihat Matahari dan Bulan bukan sebagai titik cahaya, melainkan sebagai benda yang memiliki diameter yang cukup besar, dan ketika menemukan ketinggiannya, ia mengukur sudut antara cakrawala dan

bagian bawah atau atas, lalu menerapkan koreksi yang dikenal sebagai Semi diameter untuk menentukan ketinggian pusatnya. Semi diameter adalah sudut di Bumi yang dibentuk oleh jari-jari benda yang diamati, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Ketika tungkai bawah diamati, koreksi Semi diameter ditambahkan ke ketinggian tungkai, dan ketika tungkai atas diamati, koreksi tersebut dikurangi dari ketinggian tungkai. Koreksi semi diameter Matahari dapat ditemukan di bagian paling bawah data GHA Matahari dalam Almanak Nautika, ditandai dengan simbol SD (Semi Diameter), dan perlu disesuaikan dengan bulan serta tanggal pengamatannya.

5) *Parallax* (Paralaks)

Paralaks adalah perbedaan arah pandang terhadap suatu objek yang terjadi ketika objek tersebut dilihat dari dua posisi berbeda, yaitu dari pusat Bumi dan dari mata pengamat (Wahyu *et al.*, 2021). Hal ini dapat diketahui dengan rumus Paralaks = $HP \cos t$. (t : tinggi benda langit yang bersangkutan). Untuk Koreksi Paralaks matahari adalah 00, 0024, maka sesuai dengan petunjuk buku almanak nautika koreksi ini dapat diabaikan. Efek paralaks berkurang seiring dengan ketinggian. Efek ini paling besar saat benda berada di cakrawala (Paralaks Horizontal) dan menurun hingga nol saat benda berada di atas kepala. Efeknya juga proporsional dengan jarak benda. Jadi, Paralaks Horizontal untuk Bulan sekitar 1° tetapi hanya $0'.15$ untuk Matahari. Koreksi ini harus disertakan untuk Bulan tetapi biasanya diabaikan untuk Matahari.

- d. Faktor yang mempengaruhi akurasi baringan

1) Kondisi Atmosfer dan Cuaca

a) Awan

Awan bertindak sebagai penghalang cahaya yang datang dari benda langit. Semakin tebal dan luas awan, semakin sedikit cahaya yang dapat mencapai permukaan bumi. Mempengaruhi kecerahan. awan dapat mengurangi kecerahan objek langit, sehingga objek yang redup menjadi sulit atau bahkan tidak mungkin diamati. Menyebabkan cahaya tersebar, tetesan air di dalam awan dapat menyebarkan cahaya ke segala arah, sehingga gambar objek langit menjadi kabur dan sulit dibedakan.

b) Hujan

Hujan deras dapat sepenuhnya menghalangi pandangan ke langit, sehingga pengamatan tidak dapat dilakukan. Meningkatkan turbulensi, hujan dapat meningkatkan turbulensi atmosfer, yang dapat menyebabkan gambar benda langit berkedip-kedip dan tidak stabil. Mempengaruhi kualitas optik teleskop, tetesan hujan yang menempel pada lensa teleskop dapat mengurangi kualitas gambar dan menyebabkan distorsi.

c) Kabut

Kabut terdiri dari tetesan air yang sangat kecil yang tersebar di udara. Tetesan air ini menyebarkan cahaya dan mengurangi jarak pandang, sehingga objek langit yang jauh menjadi sulit dilihat. Meningkatkan efek refraksi, kabut dapat meningkatkan efek refraksi atmosfer, yaitu pembelokan cahaya saat melewati lapisan udara

dengan kepadatan yang berbeda. Hal ini dapat menyebabkan distorsi pada gambar benda langit.

2) Instrumen / alat pengukuran (*Sextant*)

a) Keakuratan Skala

Skala pada sekstan harus terkalibrasi dengan baik untuk memastikan pengukuran sudut yang tepat. Pengukuran sudut yang tidak akurat akan mengandung kesalahan sistematis, sehingga posisi benda langit yang dihitung akan meleset.

b) Kualitas Cermin

Cermin harus bersih dan bebas dari goresan untuk menghindari kesalahan paralaks.

c) Kestabilan Mekanik

Sekstan harus kokoh dan stabil untuk menghindari kesalahan akibat gerakan yang tidak diinginkan.

3) Keterampilan Pengamat

a) Pengetahuan teori astronomi

Pemahaman yang mendalam tentang gerakan benda langit, sistem koordinat langit, dan konsep-konsep dasar astronomi lainnya sangat penting untuk merencanakan dan melaksanakan pengamatan.

b) Pengenalan benda langit

Pengamat harus mampu mengidentifikasi berbagai jenis benda langit, seperti bintang, planet, nebula, dan galaksi.

c) Penggunaan instrumen

Keterampilan dalam menggunakan instrumen pengamatan

dengan sekstan sangat penting untuk mendapatkan data yang akurat.

d) Teknik pengamatan

Pengamat harus menguasai berbagai teknik pengamatan, seperti teknik fokus, teknik pelacakan, dan teknik pengukuran sudut.

e) Pengolahan data

Kemampuan dalam mengolah data pengamatan secara benar sangat penting untuk mendapatkan hasil yang valid.

4. Penentuan Posisi Kapal Secara Astronomi

Menurut Sriantini (2011), penentuan posisi astronomi merupakan metode untuk menentukan letak kapal dengan cara mengamati objek-objek langit seperti matahari, bulan, bintang, dan planet. Alat yang digunakan antara lain adalah *sextant*, *chronometer*, dan kompas dengan perhitungan tabel-tabel serta Almanak Nautika.

Dalam penggunaan *sextant* didapatkan tinggi ukur pengamatan atau *observed altitude*, namun nilai tinggi tersebut masih harus mendapat beberapa koreksi. Perhitungan titik tinggi digunakan untuk memperoleh nilai tinggi hitung (Th), dengan memanfaatkan referensi dari Daftar Ilmu Pelayaran dan Almanak Nautika.

a. Titik Tinggi

Perhitungan titik tinggi diperoleh dari nilai tinggi hitung dengan bantuan Daftar Ilmu Pelayaran serta Almanak Nautika, tinggi hitung (Th) dapat dihitung sebagaimana persamaan 2.2 berikut:

Keterangan:

Th = Tinggi Hitung

Lt = Lintang duga

Z = Zawal/Deklinasi benda

$$\text{Sin Vers P} = 1 - \text{Cos P}$$

P = sudut jam benda angkasa

Aturan Penambahan (+) dan Pengurangan (-)

1) Penambahan (Lt + Z)

Digunakan ketika lintang (Lt) dan deklinasi (Z) memiliki nama yang berbeda (misalnya, lintang utara dan deklinasi selatan, atau apaliknya).

2) Pengurangan (Lt - Z)

Digunakan ketika lintang (Lt) dan deklinasi (Z) memiliki nama yang sama (misalnya, lintang utara dan deklinasi utara, atau lintang selatan dan deklinasi selatan).

b. Azimuth

Azimuth merupakan arah sejati atau baringan dari benda angkasa, dalam perhitungannya bisa dilakukan dengan beberapa cara yang berhubungan dengan unsur-unsur segitiga paralaks, untuk memperoleh nilai azimuth dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3 berikut:

Keterangan:

Az = Azimut Matahari

Lt = Lintang

d = Deklinasi Matahari

P = Sudut Matahari

Catatan:

- 1) Ketika hasil arah Matahari positif dan pengamatan dilakukan sebelum waktu meridian pass maka $Az = Az$.
- 2) Ketika hasil arah Matahari positif dan pengamatan dilakukan setelah waktu meridian pass maka $Az = 360^\circ - Az$.
- 3) Ketika hasil arah Matahari negatif dan pengamatan dilakukan sebelum waktu meridian pass maka $Az = 180^\circ + Az$.
- 4) Ketika hasil arah Matahari negatif dan pengamatan dilakukan setelah waktu meridian pass maka $Az = 180^\circ - Az$.

Beberapa tabel yang berisi rumus atau formula yang digunakan dalam perhitungan posisi kapal menggunakan benda astronomi matahari adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Data Observasi
Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Time	Date	:	
	Time Obs	:	
	Time Error	:	
	Local Time	:	
	GMT	:	
	Latitude	:	
	Longitude	:	
	Tinggi Ukur Θ	:	

Dalam Tabel 2.2 dapat diketahui untuk langkah awal perhitungan diperlukan sebuah data observasi yang berisi tentang beberapa komponen utama yang didapatkan ketika melakukan observasi atau pengamatan.

Tabel 2.3 *Form* Mencari LHA dan P
Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

LHA & P	GHA	:	(Nautical Almanac)
	Incr GHA	:	(Nautical Almanac)
	GHA	:	
	Longitude	:	\pm ($E = +$, $W = -$)
	LHA	:	
	P	:	LHA 000-180, $P = \text{LHA (W)}$ & LHA 180-360, $P = 360-\text{LHA (E)}$

Setelah mendapatkan data observasi seperti yang ada pada tabel 2.2, kemudian sebagai Langkah awal perhitungan peneliti menentukan nilai *Local Hour Angle* (LHA) dan nilai P seperti yang tertera pada tabel 2.3, dan untuk nilai koreksinya dapat dilihat pada buku Almanak Nautika.

Tabel 2.4 *Form* Mencari *True Declination*
Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Dec/Z	Dec	:	(Nautical Almanac)
	Dec Corr ()	:	(Nautical Almanac)
	True Dec	:	

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *True Declination* seperti pada tabel 2.4, yang didapat dari nilai deklinasi pada halaman harian buku Almanak Nautika sesuai tanggal observasi dan kemudian dilakukan koreksi perhitungan.

Tabel 2.5 *Form* Mencari Tinggi Sejati dan Tinggi Hitung
Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Ts & Th	$\sin Th = \cos(Lt \pm Z) - \cos Lt \times \cos Z \times \sin Vers P$		
	Log Cos Lat	:	(+) 10 =
	Log Cos Dec/Z	:	(+) 10 =
	Log SinVers P	:	(+) 10 = Log (1 - Cos P)
	Log x	:	(-) 30 = Shift Log (- Log x)
	x	:	
	Latitude	:	
	Dec/Z	:	
	y	:	

Cos y (Lat ± Z)	:	
x	:	
Sin Th	:	Shift Sin Sin Th
Th	:	
<hr/>		
Tinggi Ukur	:	
K.I	:	
Dip	:	
App. Altitude	:	
Altitude Corr.	:	(Nautical Almanac)
Ts	:	
Th	:	
p / Intercept	:	(p = Ts – Th)

Dalam tabel 2.5 merupakan cara menentukan nilai tinggi hitung yang kemudian digunakan untuk mencari nilai *intercept*, nilai *intercept* diperlukan untuk menentukan titik tinggi, apabila nilai *intercept* bernilai positif maka titik tinggi berada sejajar menuju azimuth dari titik duga sebelumnya atau posisi DR, sebaliknya jika bernilai negatif maka titik tinggi berada pada sebelum posisi DR.

Tabel 2.6 *Form* Mencari Azimuth

Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Cotg Az = Cos Lt x Tag d : Sin P – Sin Lt : Tag P		
Azimuth	A	: DIP Daftar XI A/Nories <i>Table A</i> /Tan Lat:Tan LHA
	B	: DIP Daftar XI/Nories <i>Table B</i> /Tan Dec:Sin LHA
	C	: DIP Daftar XII / Nories <i>Table C</i> / NP 229
	Z (Azimuth Angle)	: NP 229
	Zn (True Azimuth)	: N Lat = LHA >180° Zn=Z, LHA <180°Zn=360°–Z S Lat = LHA >180° Zn=180°–Z, LHA <180° Zn=180°+Z

Pada tabel 2.6 dilakukan perhitungan untuk mencari nilai Azimuth, nilai Azimuth yang telah didapat akan digunakan untuk menarik arah garis tinggi (AGT) yang di tarik dari titik tinggi yang sebelumnya sudah

dihitung pada tabel 2.5 sesuai dengan nilai derajat Azimuth yang dihasilkan. Maka perpaduan dari Titik Tinggi dengan Azimuth inilah dihasilkan sebuah *Line Of Position* (LOP), untuk mendapatkan posisi kapal secara astronomi dibutuhkan minimal dua LOP.

5. *Global Positioning System (GPS)*

a. Pengertian

Global Positioning System (GPS) adalah sistem satelit navigasi penentuan posisi yang dimiliki serta dioperasikan oleh Amerika Serikat. Sistem ini dirancang untuk menyediakan informasi posisi dan kecepatan dalam tiga dimensi, serta data waktu secara terus-menerus di seluruh dunia, tanpa terpengaruh oleh waktu maupun kondisi cuaca (Perkasa, 2019). Saat ini, GPS telah digunakan secara luas oleh masyarakat di seluruh dunia dalam berbagai bidang yang membutuhkan informasi posisi, kecepatan, atau waktu dengan tingkat presisi tinggi. GPS memiliki kemampuan untuk menyediakan data mengenai lokasi, kecepatan, dan waktu secara cepat, akurat, terjangkau, dan dapat diakses di mana saja.

GPS juga memiliki nama lain NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*), terdiri dari tiga segmen utama: satelit, stasiun pengendali, dan penerima atau pengguna (*receiver*). Satelit GPS mengorbit Bumi pada jalur dan posisi yang tetap atau dengan koordinat yang sudah ditentukan. Secara keseluruhan terdapat 24 satelit, di mana 21 satelit aktif beroperasi, sementara 3 lainnya berfungsi sebagai cadangan, Sampai tanggal 3 Juli 2023, data terbaru menurut *Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and*

related topics terdapat total 31 satelit operasional di konstelasi GPS, tidak termasuk satelit cadangan yang dinonaktifkan dan berada di orbit.

b. Fungsi Utama

Studi yang dilakukan oleh Sisfotek (2017) menunjukan fungsi utama dari GPS antara lain untuk menentukan :

- 1) Kecepatan kapal terhadap titik tetap di daratan dikenal sebagai *Speed Over Ground (SOG)*.
- 2) Arah pergerakan kapal terhadap titik tertentu di daratan disebut *Course Over Ground (COG)*.
- 3) Jarak yang ditempuh kapal, baik dengan kecepatan tetap maupun bervariasi, dalam kurun waktu tertentu..
- 4) Perkiraan waktu kedatangan kapal di pelabuhan tujuan disebut *Estimated Time of Arrival (ETA)*.
- 5) Estimasi waktu perjalanan yang masih diperlukan hingga mencapai tujuan disebut *Estimated Time Of Enroute (ETE)*.
- 6) *Cross Track Error*, jarak dari suatu titik tertentu dari arah garis pelayaran yang sudah ditentukan hingga posisi yang sebenarnya akibat terjadinya penyimpangan arah garis pelayaran setelah berlayar selama waktu tertentu.
- 7) *Waypoint*, menyimpan posisi tertentu yang sangat penting dalam memori, yang dapat digunakan sebagai titik referensi untuk perubahan arah pelayaran, sebagai peringatan posisi dari bahaya navigasi, lokasi untuk labuh jangkar dan keperluan lainnya.
- 8) Membuat bagan panduan bennavigasi menuju *waypoint* tertentu untuk

dilakukan *homing*. Terdapat dua jenis bagan untuk *homing*, yang disebut *highway page* dan *compass page*. Disamping kedua bagan tersebut pada layar terdapat data sebagai berikut, baringan kearah waypoint yang dituju, jarak yang harus ditempuh, kecepatan kapal (SOG), dan waktu yang masih harus ditempuh.

- 9) Menyajikan jejak pelayaran dalam tampilanpeta (*map-page*) dengan skala yang dapat dipilih menurut skala yang tersedia di dalam program. Pada peta tersebut memuat data atau gambar yaitu posisi-posisi dan arah garis pelayaran (COG) yang sudah dilalui, posisi akhir menuju *waypoint* berikutnya, arah garis pelayaran menuju *waypoint* berikutnya, kecepatan menuju *waypoint* tersebut, dan data lainnya.

c. Prinsip Kerja GPS

1) Memancarkan Sinyal

Terdapat 24 satelit GPS yang mengorbit Bumi, setiap satelit memancarkan sinyal radio yang memuat data mengenai posisi dan waktu. Sinyal dikirim dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan dapat diterima oleh perangkat GPS yang berada di permukaan Bumi.

2) Menerima Sinyal

GPS tracker, baik dalam bentuk perangkat portabel maupun sistem navigasi pada kendaraan, berfungsi menerima sinyal dari sejumlah satelit GPS. Alat ini dilengkapi dengan antena yang digunakan untuk menangkap sinyal-sinyal tersebut.

3) Menentukan Jarak

GPS tracker menghitung waktu yang dibutuhkan oleh sinyal untuk

sampai ke penerima. Dengan menggunakan kecepatan cahaya yang telah diketahui, perangkat ini menentukan jarak antara penerima dan masing-masing satelit menggunakan rumus: jarak = kecepatan \times waktu.

4) Triangulasi

GPS *tracker* membutuhkan sinyal dari minimal tiga satelit untuk menentukan posisi horizontalnya, yaitu lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Jika sinyal dari empat satelit atau lebih tersedia, perangkat juga dapat menghitung posisi vertikal atau ketinggiannya.

5) Menghitung Posisi

GPS *tracker* memanfaatkan data jarak dari masing-masing satelit serta informasi waktu untuk menentukan lokasinya melalui metode triangulasi. Posisi akhir dihitung dengan membandingkan jarak ke tiap satelit dan memastikan bahwa waktu tempuh sinyal sesuai dengan waktu aktual.

Dengan prinsip kerja GPS yang melakukan triangulasi ini, GPS mampu memberikan informasi posisi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Untuk mencapai hasil yang tepat dalam berbagai situasi, beberapa faktor tambahan seperti *Dilution of Precision* (DOP), gangguan *multi-path*, juga perlu diperhitungkan. Dengan perkembangan yang terus meningkat, GPS telah menjadi perangkat yang andal dan banyak dipakai dalam bidang navigasi.

6) Regulasi Alat Navigasi Menurut SOLAS 1974/1978 *Consolidated* 2020

SOLAS 1974/1978 *Consolidated edition* 2020 menjelaskan tentang penggunaan GPS di atas kapal yang diatur dalam SOLAS

Chapter V tentang *Safety of Navigation* regulasi 19 nomor 2.1 yaitu semua kapal yang terlepas dari ukurannya harus memiliki perlengkapan navigasi, dan dilanjutkan pada nomor 6 yaitu: “*a receiver for a global navigation satellite system or a terrestrial radionavigation system, or other means, suitable for use at all times throughout the intended voyage to establish and update the ship’s position by automatic means*” artinya *receiver* untuk sistem navigasi satelit global atau terestrial sistem navigasi radio, atau metode lain, yang dapat digunakan setiap saat selama pelayaran yang dimaksudkan untuk membangun dan memperbarui posisi kapal secara otomatis. GPS wajib ada di atas kapal berdasarkan SOLAS 1974/1978 chapter V Regulasi 19 nomor 2.1 dan 2.6, kecuali pada kapal yang dijelaskan pada regulasi 1 nomor 4 bahwa regulasi 19 tidak berlaku untuk kategori kapal berikut:

- a) Kapal di bawah 150 tonase kotor yang melakukan pelayaran apapun
 - b) Kapal di bawah 500 tonase kotor yang tidak melakukan pelayaran internasional
 - c) Kapal penangkap ikan
- d. Gangguan Pada GPS

Gangguan pada GPS dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

1) Faktor Internal

Salah satu contoh faktor internal dijelaskan pada penelitian yang dilakukan oleh Fajril (2023) ditemukan gangguan yang menyebabkan GPS mengalami *delay* atau keterlambatan karena *error* nya

uninterruptible power supply, dan konektor, serta tegangan listrik yang tidak stabil. *delay* dalam hal ini artinya GPS tidak dapat memberikan informasi mengenai posisi kapal ketika GPS dinyalakan setelah mati akibat dari kapal mengalami *black out*.

2) Faktor Eksternal

a) Interferensi Sinyal

Sinyal GPS yang sangat lemah di permukaan bumi rentan terhadap interferensi gelombang elektromagnetik dari sumber lain (misalnya, pemancar radio, Wi-Fi, *jammer*, atau sinyal palsu/*spoofing*), yang dapat menenggelamkan atau memanipulasi sinyal asli, sehingga penerima sulit melacak satelit atau menghitung posisi dengan benar.

b) Efek *Multipath*

Sinyal GPS memantul dari objek besar seperti gedung atau gunung sebelum mencapai penerima, menciptakan jalur sinyal yang lebih panjang dan tertunda, yang membingungkan penerima dalam menentukan jarak sejati ke satelit dan menyebabkan kesalahan posisi.

c) Cuaca disekitar penerima

Perubahan pada ionosfer bumi (lapisan atmosfer yang terionisasi) akibat aktivitas matahari (misalnya, badai matahari) dapat menyebabkan sinyal GPS melambat atau berfluktuasi, yang mengakibatkan kesalahan dalam pengukuran waktu tempuh sinyal dan akurasi posisi.

d) Ketersediaan Satelit

Akurasi GPS sangat bergantung pada jumlah satelit yang memadai dan distribusi geometrisnya di langit, jika terlalu sedikit satelit yang terlihat atau posisinya tidak ideal, akurasi perhitungan posisi akan sangat terganggu disebut peningkatan *Dilution of Precision* (DOP).

6. Perangkat Lunak *Open Chart Plotter Navigator (OpenCPN)*

Open Chart Plotter Navigator (OpenCPN) merupakan perangkat lunak navigasi laut *open-source* yang telah diadopsi secara luas oleh komunitas maritim di seluruh dunia. Dalam konteks landasan teori, *OpenCPN* dapat dikaji dari beberapa perspektif.



Gambar 2.6 Tampilan Awal Perangkat Lunak *OpenCPN*

Sumber Dokumen Penelitian

Pada gambar 2.6 merupakan tampilan awal pada saat aplikasi *OpenCPN* dibuka, sekilas terlihat seperti gambar peta, memang pada dasarnya ini merupakan peta dalam bentuk elektronik dan terdapat berbagai fitur yang

digunakan untuk bennavigasi, wilayah yang ditampilkan bisa mencakup seluruh dunia tergantung kita memiliki *file* peta wilayah mana saja, yang nantinya akan kita input ke dalam aplikasi tersebut. *OpenCPN* dirancang untuk memberikan informasi navigasi yang komprehensif dan mudah diakses di satu layar utama, dengan fokus pada tampilan peta dan data kapal secara *real-time*.

a. Sebagai Sistem Informasi Geografiis (SIG) Maritim

OpenCPN berfungsi sebagai sistem informasi geografiis yang dirancang khusus untuk lingkungan maritim. Ia mengintegrasikan berbagai lapisan data geografiis, utamanya *Electronic Navigational Chart* (ENC) dalam format S-57 dan juga mendukung grafik raster (RNC) seperti BSB v3. Sebagai SIG, *OpenCPN* memungkinkan visualisasi data spasial (peta laut), manajemen data atribut (informasi kedalaman, rambu, bahaya navigasi), serta analisis spasial dasar (perencanaan rute, pengukuran jarak). Prinsip dasar SIG, yaitu kemampuan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data geografiis, sepenuhnya diterapkan dalam *OpenCPN* untuk mendukung kebutuhan navigasi.

b. Integrasi Data Sensor

Kemampuan *OpenCPN* untuk berintegrasi dengan berbagai sensor navigasi. Utamanya adalah Global Positioning System (GPS), yang menjadi sumber utama data posisi kapal. *OpenCPN* mampu menerima data GPS melalui antarmuka standar NMEA 0183, baik secara langsung (melalui port serial atau USB) maupun melalui jaringan (TCP/UDP).

Selain GPS, *OpenCPN* juga mendukung integrasi dengan sistem *Automatic Identification System* (AIS) untuk pelacakan target kapal lain dan peringatan tabrakan. Konsep integrasi data multi-sensor ini memungkinkan *OpenCPN* menyajikan situasi navigasi yang *real-time*.

c. Antarmuka Pengguna Grafis untuk navigasi

Dari sisi interaksi pengguna, *OpenCPN* menerapkan prinsip-prinsip desain antarmuka pengguna grafis yang intuitif dan fungsional untuk kebutuhan navigasi. Tampilan peta yang dinamis dengan mode *North-up*, *Course-up*, dan *Chart-up*, serta fitur *moving map* memungkinkan pelaut memvisualisasikan posisi dan pergerakan kapal secara efektif. Fitur-fitur seperti perencanaan rute, *waypoint navigation*, dan prediksi pasang surut/arus, semuanya disajikan melalui antarmuka yang mudah dioperasikan, memudahkan pengguna dalam merencanakan dan melaksanakan pelayaran. Desain antarmuka yang baik menjadi krusial untuk memastikan informasi penting dapat diakses dengan cepat dan jelas di lingkungan laut yang seringkali dinamis.

d. Perangkat Lunak Sumber Terbuka (*Open Source Software*)

Sebagai perangkat lunak *open-source*, *OpenCPN* berlandaskan pada filosofi kolaborasi dan transparansi. Kode sumbernya tersedia untuk umum, memungkinkan komunitas pengembang dan pengguna untuk berkontribusi dalam pengembangannya, melaporkan *bug*, dan bahkan membuat *plugin* tambahan. Model *open-source* ini tidak hanya mendorong inovasi yang cepat dan adaptasi terhadap kebutuhan pengguna, tetapi juga memastikan keberlanjutan proyek dan independensi dari vendor komersial

tertentu. Hal ini sejalan dengan prinsip aksesibilitas teknologi untuk keselamatan maritim.

7. Standard of Training Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) 1978 as Amandement

Dalam Bahasa Indonesia artinya Konvensi Internasional tentang Standar Pelatihan, Sertifikasi, dan Dinas Jaga untuk Pelaut. Konvensi ini merupakan suatu perjanjian internasional yang mengatur standar minimum untuk pelatihan, sertifikasi, dan tugas jaga bagi semua pelaut yang bekerja di kapal niaga di seluruh dunia. Diadopsi oleh Konferensi Internasional tentang Pelatihan dan Sertifikasi Pelaut pada 7 Juli 1978. Konvensi ini mulai berlaku pada tanggal 28 April 1984. Konvensi STCW 1978 *as Amandement* terus dikembangkan dan diperbarui untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi dan tantangan baru di dunia pelayaran.

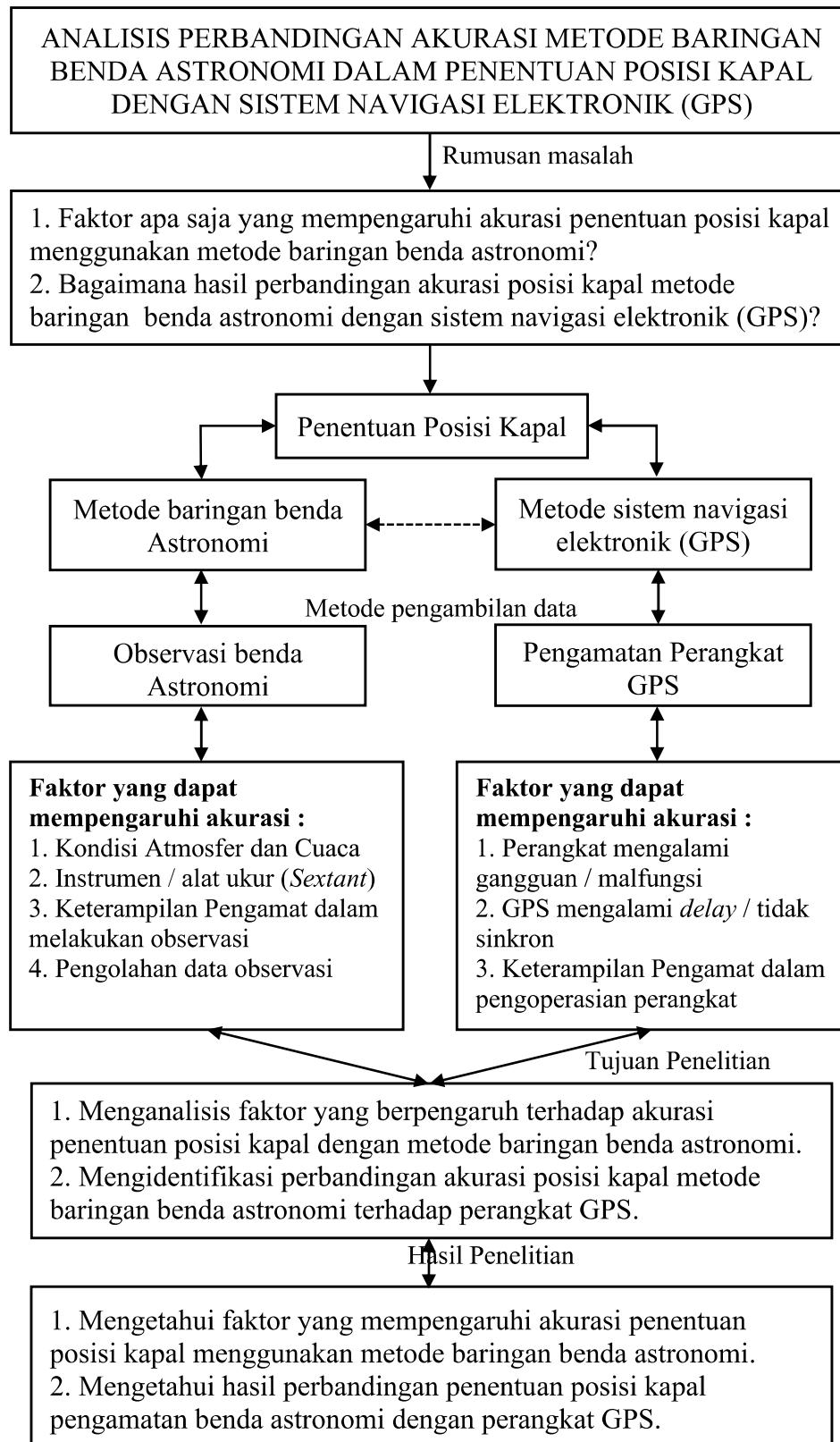
Berdasarkan STCW *code table section A-II/1* terkait minimum standar spesifikasi kemampuan seorang perwira navigasi berdasarkan sertifikat yang dimiliki untuk kapal lebih dari 500 GT atau lebih menyatakan bahwa seorang perwira navigasi yang memiliki sertifikat kompetensi *Certificate Of Competence* (COC) sesuai dengan *Function 1 Navigation at the operational level* yaitu mampu untuk menentukan posisi kapal dengan metode bernavigasi benda angkasa “*ability to use celestial bodies to determine the ship's position*”.

STCW Code Table A-II/1			
Specification of minimum standard of competence for officers in charge of a navigational watch on ships of 500 gross tonnage or more			
Ref: https://www.edumaritime.net/stcw-code			
Source: http://www.imo.org			
Function: Navigation at the operational level			
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4
Competence	Knowledge, understanding and proficiency	Methods for demonstrating competence	Criteria for evaluating competence
Plan and conduct a passage and determine position	<p><i>Celestial navigation</i></p> <p>Ability to use celestial bodies to determine the ship's position</p> <p><i>Terrestrial and coastal navigation</i></p> <p>Ability to determine the ship's position by use of:</p> <ul style="list-style-type: none"> .1 landmarks .2 aids to navigation, including lighthouses, beacons and buoys .3 dead reckoning, taking into account winds, tides, currents and estimated speed 	<p>Examination and assessment of evidence obtained from one or more of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> .1 approved in-service experience .2 approved training ship experience .3 approved simulator training, where appropriate .4 approved laboratory equipment training using chart catalogues, 	<p>The information obtained from nautical charts and publications is relevant, interpreted correctly and properly applied. All potential navigational hazards are accurately identified</p> <p>The primary method of fixing the ship's position is the most appropriate to the prevailing circumstances and conditions</p> <p>The position is determined within the limits of acceptable instrument/system errors</p> <p>The reliability of the information obtained from</p>

Gambar 2.7 STCW Code Table A-II/1

Sumber: International Maritime Organization (IMO)

C. Kerangka Berpikir Penelitian



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode komparatif untuk menganalisis dan membandingkan akurasi nilai perhitungan dari lmu pelayaran astronomi dengan sistem navigasi elektronik GPS dalam penentuan posisi kapal. Metode penelitian kuantitatif merupakan jenis penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivism, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik (Adil, 2023). Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran dan analisis data secara objektif dan terstruktur, yang sesuai dengan tujuan penelitian untuk mengidentifikasi perbedaan dalam akurasi dan efisiensi kedua metode tersebut. Metode komparatif digunakan untuk secara sistematis membandingkan data yang dikumpulkan dari kedua variabel, memungkinkan identifikasi kekuatan dan kelemahan masing-masing dalam konteks penentuan posisi kapal.

Populasi dalam penelitian ini adalah data posisi kapal yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk data historis dari catatan pelayaran dan data yang dikumpulkan secara langsung selama penelitian. Sampel penelitian dipilih secara acak untuk memastikan representasi yang adil dari berbagai kondisi dan situasi pelayaran. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi alat-alat navigasi astronomi seperti *sextant* dan almanak nautika, perangkat GPS, dan

perangkat lunak analisis data statistik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga tentang efektivitas mengenai uji komparatif ilmu pelayaran astronomi dan sistem navigasi elektronik GPS dalam penentuan posisi kapal, serta implikasinya terhadap keselamatan dan efisiensi pelayaran. Tujuan dari metodologi penelitian ini adalah untuk mengungkap fakta, variabel, fenomena, dan kondisi yang muncul selama proses penelitian, serta untuk memberikan data yang ada.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Peneliti melaksanakan praktik berlayar di Perusahaan PT. SINARMAS LDA MARITIME dan penelitian dilaksanakan di atas kapal MV. ABM JINJU. Seluruh informasi dikumpulkan melalui pencarian internet, beberapa sumber dari awak kapal di atas kapal, dan berbagai skripsi atau jurnal penelitian sebagai sumber referensi.

2. Waktu Penelitian

Peneliti melaksanakan program praktik berlayar di Perusahaan PT. SINARMAS LDA MARITIME dan melakukan praktik di kapal MV. ABM JINJU. Peneliti melaksanakan program praktik berlayar (Prala) ini di atas kapal terhitung selama 12 bulan 13 hari, dari tanggal *Sign On* pada 27 Juli 2023 sampai dengan selesai melaksanakan praktik berlayar atau *Sign Off* pada tanggal 9 Agustus 2024. Penelitian ini didasarkan pada pengalaman praktik berlayar peneliti yang berlangsung selama kurang lebih 12 bulan. Penelitian ini membutuhkan persiapan yang matang, termasuk penyusunan instrumen

penelitian, pelatihan peneliti, dan koordinasi dengan pihak-pihak terkait. Meskipun data awal menunjukkan periode praktik dari Juli 2023 hingga Agustus 2024, analisis lebih lanjut dan pengumpulan data tambahan yang diperlukan direncanakan untuk diambil dan diselesaikan pada tahun 2025.

C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data

Peneliti mendapatkan informasi dari berbagai sumber, termasuk pengamatan langsung, referensi dari beberapa buku, dan pencarian melalui internet. Dengan menggunakan dua kategori sumber data, yaitu:

a. Data Primer

Merupakan jenis data yang dalam pencarinya dengan cara peneliti mengumpulkan data dari observasi langsung terhadap fenomena yang diteliti di atas kapal. Data primer dalam suatu penelitian diperoleh secara langsung dari sumber aslinya melalui kegiatan seperti pengukuran, perhitungan mandiri, penyebaran angket, observasi, wawancara, dan metode sejenis lainnya (Hardani *et al.*, 2020)

b. Data Sekunder

Data yang digunakan dalam sumber data ini tidak diambil langsung dari sumbernya. Dalam hal ini, sumber tertulis, seperti referensi dan dokumentasi dari internet atau data yang diperoleh dari pihak lain diluar peneliti, data tersebut digunakan sebagai sumber data yang bersifat sekunder.

2. Teknik Pengumpulan Data

Bernard (2017) menjelaskan bahwa teknik pengumpulan data merupakan prosedur yang digunakan untuk mengumpulkan data melalui observasi, wawancara, atau penggunaan sumber data lainnya untuk menjawab pertanyaan penelitian. Responden dalam penelitian ini antara lain adalah perwira *deck* seperti Nakhoda, Mualim I, Mualim II, Mualim III, karena sangat berhubungan erat dengan kompetensi dalam bidang navigasi di atas kapal. Supaya peneliti mendapatkan informasi yang sesuai dengan judul penelitian maka peneliti menggunakan beberapa teknik pengumpulan data adalah sebagai berikut :

a. Observasi

Observasi merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui sesuatu pengamatan, dengan disertai pencatatan-pencatatan terhadap keadaan atau prilaku objek sasaran. Observasi merupakan metode penelitian yang melibatkan pengamatan langsung terhadap suatu fenomena atau perilaku (Hasibuan *et al.*, 2023). Peneliti akan secara sistematis mengamati, mencatat, dan menganalisis apa yang terjadi di lapangan.

b. Kuesioner

Kuesioner adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan data yang berupa seperangkat pertanyaan yang disusun secara sistematis, baik itu tertulis maupun *online*, yang diberikan kepada responden untuk dijawab. Dalam metode ini, pertanyaan-pertanyaan permasalahan dituliskan ke dalam kuesioner dan kemudian dibagikan kepada responden,

yang memberikan tanggapan dan kemudian mengirimkannya kembali kepada peneliti. Kuesioner memberikan keuntungan dalam menyebarkan instrumen penelitian ke berbagai lokasi atau kelompok dengan waktu yang relatif cepat dan mudah (Triana & Oktavianto, 2013). Berdasarkan pernyataan yang telah diverifikasi tersebut, peneliti mengirimkan kuesioner untuk mengetahui penilaian terhadap berbagai faktor yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi perhitungan.

Responden juga diminta melengkapi saran dan tindakan pencegahan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kesalahan perhitungan posisi kapal yang berdampak pada akurasi nilai. Jumlah total responden yang mengisi angket adalah 10 orang responden, terdiri dari Perwira *deck* di atas kapal terutama yang pernah menjabat sebagai perwira *deck* di MV. ABM JINJU. Peneliti dapat mengumpulkan informasi dari jawaban responden, seperti pendapat dan sikap responden terhadap masalah yang diteliti. Dalam penelitian ini hasil kuesioner yang didapat berupa data terkait pendapat 10 orang responden terkait penilaian terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi nilai akurasi pada penentuan posisi kapal.

c. Dokumentasi

Hardani (2020) berpendapat bahwa dokumentasi berasal dari kata dokumen, yang berarti segala bentuk tulisan atau catatan. Metode dokumentasi merupakan cara pengumpulan data dengan mencatat informasi yang telah tersedia sebelumnya. Teknik ini dilakukan dengan mengambil data dari berbagai dokumen yang ada. Teknik pengumpulan data dengan dokumentasi ialah pengambilan data yang diperoleh melalui

dokumen-dokumen, dapat dalam bentuk catatan harian, laporan tertulis, atau foto.

D. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data menggunakan kuantitatif komparatif untuk membandingkan perbedaan akurasi antara ilmu pelayaran astronomi dan sistem navigasi elektronik GPS dalam penentuan posisi kapal. Metode penelitian kuantitatif seperti komparatif berfungsi membandingkan dua perlakuan atau lebih dari suatu variabel, atau beberapa variabel sekaligus (Adil, 2023). Tujuan metode penelitian kuantitatif seperti komparatif ini untuk melihat perbedaan dua atau lebih situasi, peristiwa, kegiatan, atau program, data yang diperoleh dari kedua metode tersebut dikumpulkan secara simultan pada berbagai kondisi pelayaran. Kemudian, data tersebut dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan dalam akurasi, kecepatan, dan keandalan penentuan posisi.

Perhitungan yang digunakan metode penelitian kuantitatif seperti komparatif adalah berupa persamaan dan perbedaan dalam perencanaan, pelaksanaan, serta faktor pendukung hasil. Analisis komparatif ini juga mencakup evaluasi terhadap faktor-faktor seperti kondisi cuaca, ketersediaan sinyal satelit, dan tingkat pengalaman serta kompetensi navigator dalam menggunakan kedua metode tersebut. Hasil analisis akan memberikan gambaran mengenai keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode, serta implikasinya terhadap keselamatan dan efisiensi navigasi kapal.