

Akurasi Nilai Tinggi Matahari antara Perhitungan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) dan *Sight Reduction Table (SRT)*

Slamet Riyadi¹, Dwi Antoro², I Made Wahyu S.P^{3*}, Hilda Emerald A.A⁴
i_made_wahyu@pip-semarang.ac.id

Diterima 23 Juni 2021 , direvisi 06 September 2021, diterbitkan 06 Oktober 2021

Abstrak

Penentuan posisi dengan benda angkasa (*celestial navigation*) merupakan seni menentukan posisi di permukaan bumi berdasarkan pengukuran benda angkasa yang mana telah membimbing para pelaut selama ratusan tahun. Metode penentuan posisi secara astronomi atau navigasi benda angkasa semakin menjadi usang dan jarang digunakan. Faktanya pada zaman sekarang ini, seiring dengan kemajuan teknologi tersebut para pelaut lebih memilih menggunakan alat navigasi elektronik seperti *Global Positioning System (GPS)*. *The International Convention on Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) amandemen 2010*, mewajibkan semua perwira di kapal yang bertanggung jawab atas navigasi untuk bisa menentukan ketinggian benda langit, garis posisi atau *Line of Position (LOP)* dan posisi kapal. Pada umumnya penentuan posisi navigasi benda angkasa terdapat 2 Metode perhitungan yaitu dengan perhitungan tabel Daftar Ilmu Pelayaran dan *Sight Reduction Table*. Pada Penelitian ini membahas tentang akurasi penentuan tinggi hitung matahari dengan membandingkan tingkat akurasi 2 metode tersebut. Metode yang digunakan adalah deskriptif komparatif berbasis *field research* dengan pendekatan kuantitatif Teknik Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, dokumentasi dan studi pustaka. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menguji tingkat akurasi masing-masing metode perhitungan yaitu perhitungan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) dan *Sight Reduction Table (SRT)*. Hasil yang didapat dalam penelitian ini adalah akurasi perhitungan tinggi hitung metode perhitungan daftar ilmu pelayaran lebih akurat dengan dilakukan pengujian yang selanjutnya dibahas lebih lanjut di dalam penelitian ini

Kata kunci: Tinggi Hitung Matahari, Navigasi Benda Angkasa, Daftar Ilmu Pelayaran, *Sight Reduction Table*

Abstract

Positioning with celestial bodies (celestial navigation) is the art of determining on the surface of the earth based on measurements of celestial bodies which have guided sailors for hundreds of years. Astronomical positioning methods or celestial body navigation are becoming increasingly obsolete and rarely used. The fact is that today, along with technological advances, seafarers prefer to use electronic navigation tools such as the Global Positioning System (GPS). The the International Convention on Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) amended 2010, requires all officers on board responsible for navigation to be able to determine the height of celestial bodies, the Line of Position (LOP) and the position of the ship. In general, there are 2 methods of determining the navigation position of celestial bodies, namely by calculating the Sight Reduction Table and Daftar Ilmu Pelayaran.. This research discusses the accuracy of determining the height of the solar count by comparing the accuracy of the 2 methods. The method used is descriptive comparative based on field research with a quantitative approach. The technique of collecting data was done by means of observation, documentation and literature study. The purpose of this research is to test the accuracy of each calculation method, namely the calculation of the Sailing List (DIP) and the Sight Reduction Table (SRT). The results obtained in this study are the accuracy of altitude calculation method of calculating by Daftar Ilmu Pelayaran is more accurate with testing which is further discussed in this study.

Kata Kunci: Sun Altitude, Celestial Navigation, Daftar Ilmu Pelayaran, *Sight Reduction Table*

Pendahuluan

Pada zaman dahulu para pelaut menentukan posisi kapal dengan observasi benda angkasa maupun benda darat. Salah satu metode navigasi tersebut adalah navigasi angkasa (*celestial navigation*) yang melibatkan pengukuran angkasa ke garis posisi menggunakan tabel, trigonometri bola dan almanak sehingga dengan cara tersebut mereka berlayar dengan aman dan selamat sampai ke tujuan. Penentuan posisi dengan benda angkasa (*celestial navigation*) merupakan seni menentukan posisi di permukaan bumi berdasarkan pengukuran benda angkasa yang mana telah membimbing para pelaut selama ratusan tahun [1].

Metode penentuan posisi dengan benda angkasa semakin menjadi jarang digunakan. Sejak tahun 1950-an sistem navigasi elektronik telah mengambil alih navigasi benda angkasa (*celestial navigation*) yang mampu memberikan pengukuran posisi yang akurat kepada pengguna [2]. Faktanya pada zaman sekarang ini, seiring dengan kemajuan teknologi tersebut para pelaut lebih memilih menggunakan alat navigasi elektronik seperti *Global Positioning System (GPS)*, sehingga mulai meninggalkan metode perhitungan posisi dengan navigasi benda angkasa. Alat-alat navigasi tersebut tidak sepenuhnya sempurna, sinyal yang diterima dari satelit GPS terkadang tidak muncul karena suar matahari (*solar flares*), badai magnet (*magnetic storm*) atau alasan lain [3].

Berdasarkan *The International Convention on Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW)* amandemen 2010, mewajibkan semua perwira di kapal yang bertanggung jawab atas navigasi untuk bisa menentukan ketinggian benda langit, garis posisi atau *Line of Position (LOP)* dan posisi kapal. Di sisi lain dari *STCW Amandemen 2010* tentang pendidikan dan Pelatihan terkait navigasi angkasa, mendorong penggunaan almanak elektronik dan perangkat lunak penghitungan lainnya [4].

Maka dengan perkembangan teknologi yang sangat signifikan tersebut para pelaut tetap harus menguasai cara perhitungan penentuan posisi navigasi benda angkasa karena merupakan salah satu alternatif metode penentuan posisi yang dapat digunakan ketika mengalami masalah pada sistem navigasi elektronik, kerusakan sistem kelistrikan kapal hingga *blackout* akan tetapi

pada dewasa ini sangat sulit untuk menemukan seorang perwira di atas kapal yang akrab dengan penggunaan praktis dari *sextant* dan almanak nautika [5].

Penelitian ini membahas tentang akurasi perhitungan penentuan posisi berdasarkan hasil perhitungan tinggi hitung matahari yang didapat antara metode perhitungan *Sight Reduction Table (SRT)* dengan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP).

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan terkait dengan perhitungan tinggi benda angkasa dalam penentuan posisi dilakukan oleh Ari Sriantini pada tahun 2011 dengan hasil yang didapat bahwa dalam perhitungan dan penentuan posisi astronomi, merupakan penentuan posisi sejati kapal dengan menggunakan benda-benda angkasa sebagai alat bantu untuk bernavigasi. Pengamatan terhadap benda angkasa tersebut bisa dilakukan pada 2 benda angkasa atau lebih dalam waktu yang bersamaan atau hampir bersamaan, dan bisa juga terhadap satu benda angkasa, namun waktu pengamatannya berbeda. Dan perhitungan dan penentuan koordinat posisi kapal dapat dilakukan dengan cara konstruksi maupun perhitungan [6].

Materi dan Metode

Dalam penelitian ini mencantumkan beberapa materi yang dianggap penting guna memudahkan pembaca dalam memahami penelitian ini. Adapun beberapa teori tersebut sebagai berikut:

1. *Sight Reduction Table (SRT)* merupakan suatu terbitan berisikan tabel-tabel yang diperuntukan untuk para marinir/pelaut sebagai alat bantu navigasi benda angkasa (*celestial navigation*). Tujuan utama tabel ini adalah untuk memfasilitasi praktik navigasi di laut. Tujuan sekunder adalah untuk memberikan, dalam batasan ketelitian dan interval tabel, tabel resolusi segitiga berbentuk bola yang diketahui dua sisi dan sudut yang disertakan perlu untuk menemukan nilai sisi ketiga dan sudut yang berdekatan. Tabel telah dirancang terutama untuk digunakan dengan metode *intercept* dari pengamatan (*Sight Reduction*), menggunakan posisi yang diasumsikan atau dipilih sehingga interpolasi pada lintang dan sudut jam lokal tidak diperlukan. Untuk memasukkan argumen derajat integral lintang, deklinasi, dan lokal sudut jam, ketinggian dan perbedaannya ditabulasikan

hingga sepersepuluh menit terdekat, sudut *azimuth* hingga sepersepuluh derajat terdekat.

2. Menurut Sugeng (2010) kepala Pusat Hidrografi dan Oseanografi Angkatan Laut (PUSHIDROSAL), buku Daftar Ilmu Pelayaran bermanfaat untuk melakukan perhitungan ketinggian, haluan dan jarak, pengamatan benda-benda angkasa serta perhitungan lainnya. Daftar Ilmu Pelayaran memuat keperluan perhitungan ramalan pasang surut dan arus pasang surut dengan metode analisa harmonis. Perhitungan dekat derajat (*circum meridian*) dapat dilakukan dalam batas lintang yang sesuai dengan melakukan pengamatan pada waktu senja pada arah U, T, S dan B untuk penentuan posisi astronomi. Buku Daftar Ilmu Pelayaran mengakomodasi perhitungan menurut Marcoq St. Hilaire, dimana logaritma perbandingan garis sudut-sudut antara 0 dan 90 dihitung setiap setengah menit busur (daftar - VIII) [5].
3. Menurut Arso Martopo (1992) *Azimuth* benda angkasa adalah sebagian busur cakrawala, dihitung dari titik utara atau selatan sesuai dengan lintang penilik, ke arah barat atau timur sampai ke lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, diukur dari 0^0 sampai 180^0 . Sebuah segitiga bola diangkasa dengan Zenith, Kutub angkasa dan benda angkasa sebagai titik sudutnya serta sisi-sisinya $90^0 - lt$, $90^0 - z$ dan $90^0 - ti$. Sedangkan sudut pada segitiga paralak tersebut adalah *azimuth*, sudut jam dan sudut paralak [6].
4. Menurut Mardiansaf (2017) *sextant* merupakan sebuah alat navigasi yang digunakan untuk menentukan posisi kapal, dengan cara mengukur ketinggian benda langit di atas cakrawala. Fungsi utama dari *sextant* adalah untuk menentukan sudut antara benda astronomi dan cakrawala, yang disebut juga penampakan (atau menembak) objek benda angkasa. Penggunaan umum dari *sextant* adalah untuk mengukur tinggi matahari pada saat cuaca cerah di siang hari, dan bintang Polaris pada saat malam hari yang cerah (di belahan Bumi utara) untuk mendapatkan lintang posisi kapal. *Sextant* dapat juga digunakan untuk mengukur jarak antara Bulan dan objek benda angkasa lainnya (seperti bintang atau planet) guna

menentukan *Greenwich Mean Time* (GMT) dan bujur. [7].

Desain penelitian ini menggunakan metode deskriptif komparatif berbasis studi lapangan (*field research*) dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah aktivitas peneliti untuk memperoleh fakta dengan menggunakan data numerik sebagai dasar pertama untuk menganalisis apa yang diketahui dan dipahami.

Tempat penelitian dilaksanakan di tiga lokasi yang berbeda yaitu: Lokasi I berada di Pesisir Pantai Marina Semarang, Jawa Tengah, Lokasi II berada di Pelabuhan Kendal Jawa Tengah, dan Lokasi III berada di Pesisir Pantai Jepara Jawa Tengah. Pada tiga lokasi yang berbeda tersebut sasaran objek penelitian ini adalah mengukur tinggi matahari yang kemudian disebut tinggi ukur matahari ($Tu \odot$). Pengukuran dilakukan menggunakan alat *sextant* dengan memproyeksikan matahari ke cakrawala (*horizon*).

Objek penelitian pada penelitian ini adalah tinggi matahari yang kemudian disebut tinggi ukur matahari ($Tu \odot$). Observasi benda angkasa dilakukan dengan memakai *sextant* serta mencatat pada penunjuk pengukur waktu (*chronometer*).

Penelitian ini menggunakan data yang bersifat kuantitatif yang berkaitan dengan objek yang diteliti. Berdasarkan sumbernya, data yang diperoleh dapat dibedakan menjadi 2 yaitu; 1). Data primer dalam penelitian ini menggunakan data yang didapat secara langsung dari sumbernya dengan cara pengamatan yang berhubungan dengan materi dibahas. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan dan 2). Data sekunder dalam penelitian ini literatur, artikel, jurnal, serta situs internet yang telah teruji validitasnya. data sekunder diperoleh dari pengumpulan data dengan cara mempelajari dan menelaah dokumen yang berkaitan dengan akurasi perhitungan nilai Tinggi Matahari antara perhitungan Daftar Ilmu Pelayan dan *Sight Reduction Table*.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: 1). Teknik Observasi, 2). Teknik Dokumentasi dan 3). Teknik Studi Pustaka.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis Komparatif. Pada

model analisis ini ada 5 komponen analisis yang perlu diperhatikan, yaitu Penentuan masalah penelitian, Penentuan kelompok yang memiliki karakteristik yang ingin diteliti, Pemilihan kelompok pembanding, Pengumpulan data, dan Analisis data

Hasil dan Pembahasan

Penentuan tinggi benda-benda angkasa merupakan salah satu langkah awal dalam perhitungan penentuan posisi kapal secara astronomi. Pengambilan tinggi benda-benda angkasa tersebut merupakan alat bantu dalam bernavigasi [8]. Benda-benda angkasa yang dimaksud antara lain adalah matahari, bulan, bintang dan planet-planet lainnya. Hal ini juga sejalan dengan pendapat yang menyatakan bahwa dasar dari semua metode yang direkomendasikan untuk memperoleh posisi dengan menggunakan benda langit adalah ketinggian yang diketahui dari benda angkasa yang sedang diamati [9]. Untuk itu perlu adanya *sextant* atau perangkat lain yang dapat mengukur ketinggian benda tersebut.

Tinggi ukur hasil pengamatan benda-benda angkasa yang dalam hal ini peneliti mengamati tinggi Matahari adalah dengan menggunakan *sextant*. Untuk memperjelas, peneliti menjabarkan tata cara penggunaan *sextant* untuk mengukur tinggi ukur matahari yang dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Bidik Benda Angkasa (matahari) secara vertikal;
2. Tarik lengan indeks hingga memproyeksikan matahari ke garis cakrawala (bayangan matahari persis berada diatas garis cakrawala);
3. Sekali-kali goyangkan *sextant* ke kanan dan ke kiri untuk menguji apakah proyeksi bayangan matahari tepat berada di garis cakrawala;
4. Setelah itu perhalus dengan menyesuaikan/memutar indeks drum atau nonius *sextant* untuk memperoleh nilai menit dan detik;
5. Jika matahari terlalu terang dapat menggunakan kaca berwarna untuk mengurangi jumlah pantulan cahaya;
6. Selanjutnya amati lengan indeks dan indeks drum untuk mendapatkan nilai tinggi matahari (Tu ☉) atau disebut dengan altitude matahari.

Dalam hal pengamatan dan praktek pengukuran yang dilakukan di lapangan tidak luput akan kesalahan (*human error*) karena instrument yang digunakan merupakan instrumen optik dimana dalam penggunaannya dibutuhkan kecermatan atau ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang akurat. Selain adanya *human error* perlu diperhatikan faktor-faktor lainnya yang dapat mempengaruhi hasil pengamatan tinggi matahari. Adapun faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Standar waktu
2. Keadaan cuaca
3. Tempat observasi dan jangkauan terhadap cahaya
4. Posisi badan dan keseimbangan lengan saat memegang *sextant*

Pada pengamatan/observasi tahap pertama dilaksanakan di pesisir pantai Marina pada tanggal 20 September 2020 dengan titik koordinat koordinat 6°56'46" LS dan 110°23'33" BT. Berikut hasil observasi yang didapat sebagaimana tabel 1 di bawah ini:

Tabel. 1 Hasil Observasi Tinggi Ukur Matahari di Pantai Marina Semarang

Observasi	Observasi I	Observasi II	Observasi III
	Waktu	09: 20:21	09:50:38
Hasil	56° 17' 36"	64° 31' 42"	71° 33' 12"
TMP	Tinggi Mata Penilik = 2.2 meter di atas permukaan air		

observasi tahap kedua dilaksanakan di pelabuhan Kendal pada tanggal 30 September 2020 dengan titik koordinat 6° 56' 06" LS dan 110° 17' 16" BT. Sama seperti sebelumnya peneliti menggunakan 2 buah *sextant* untuk menguji validitas dan sebagai pembanding keakuratan hasil observasi pengamat. Berikut hasil observasi yang didapat sebagaimana tabel 2 di bawah ini

Tabel. 2 Hasil Observasi Tinggi Ukur Matahari di Pelabuhan Kendal

Observasi	Observasi I	Observasi II	Observasi III
	Waktu	09: 15:03	09:45:16
Hasil	56° 30' 12"	63° 57' 42"	71° 39' 42"
TMP	Tinggi Mata Penilik = 3.5 meter di atas permukaan air		

Selanjutnya observasi tahap ketiga dilakukan di pesisir pantai Jepara pada tanggal 1 Oktober 2020 dengan titik koordinat 6°56'06" LS dan 110°17'16" BT. Kegiatan observasi ini dilakukan pada sore hari dimana matahari telah melewati merpass. Berikut hasil observasi yang didapat sebagaimana tabel 3 di bawah ini:

Tabel. 3 Hasil Observasi Tinggi Ukur Matahari di Jepara

Observasi	Observasi I	Observasi II	Observasi III
Waktu	14: 30:09	15:00:03	15:30:18
Hasil	44° 19' 48"	36° 54' 24"	29° 22' 48"
TMP	Tinggi Mata Penilik = 1.8 meter di atas permukaan air		

Dalam observasi benda angkasa menggunakan *sextant*, nilai yang ditunjukkan bukan merupakan nilai tinggi sejati melainkan adalah nilai tinggi ukur maya (TUm). Untuk mendapatkan nilai tinggi ukur sejati (TUs) perlu dilakukannya koreksi-koreksi dengan bantuan data Almanak Nautika. Adapun koreksi nilai tinggi ukur tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

- TS : Tinggi Sejati Matahari
- TU : Tinggi Ukur Matahari Maya
- KI : Koreksi Indeks *Sextant*
- PTLM : Penundukan Tepi Langit Maya (Kerendahan Cakrawala)
- LSA : Lengkung Sinar Astronomi (Refraksi/Pembiasan)
- ½ GT : Setengah Garis Tengah (Jari-jari)

Dalam melakukan koreksi *sextant* dapat dilakukan dengan memperhatikan cara sebagai berikut:

1. Nilai PTLM dapat dicari pada Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) Daftar Tabel XVIII pada kolom tepi langit bebas dengan argumentasi tinggi mata penilik atau dicari pada buku Almanak Nautika (DIP *Correction table A2*). Koreksi PTLM bernilai negatif (-)
2. Koreksi Indeks berhubungan alhidade yang ada di *sextant*, dimana koreksi ini

disebabkan oleh pemuain bahan *sextant*. Nilai kesalahan indeks dapat ditentukan dengan cara melihat cakrawala/ *horizon* apakah masih satu garis atau tidak, bila tidak segaris maka dapat diatur dengan nonius sampai benar-benar segaris setelahnya dibaca nilai noniusnya apakah positif atau negatif.

3. LSA atau refraksi astronomi dapat dicari dengan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) Daftar XX dengan asumsi temperatur udara >10°C dan nilai koreksinya negatif.
4. Paralaks merupakan perbedaan arah dimana benda yang sama dilihat dari dua titik berbeda yaitu titik pusat Bumi dan titik pusat mata pengamat. Hal ini dapat diketahui dengan rumus $P = HP \cos t$. Untuk Koreksi Parallax matahari adalah 00, 0024, maka sesuai dengan petunjuk buku almanak nautika koreksi ini dapat diabaikan.
5. Koreksi ½ GT Matahari dapat dilihat di Almanak Nautika di urutan paling bawah GHA matahari dengan symbol SD (Semi Diameter) dan disesuaikan dengan bulan dan tanggal pengambilan.

Berdasarkan cara-cara diatas maka untuk koreksi *sextant* didapat hasil perhitungan koreksi dan tinggi sejati matahari sebagai berikut:

Tabel 4. Data Tinggi Sejati Matahari

Lokasi	Observasi I (Pukul)	Observasi II (Pukul)	Observasi III (Pukul)
Pantai Marina 20 Sept 2020	56° 19' 23" (09: 20:21)	63° 33' 29" (09:50:38)	70° 34' 58" (10:20:21)
Pelabuhan Kendal 30 Sept 2020	56° 31' 02" (09: 15:03)	63° 58' 32" (09:45:16)	71° 40' 32" (10:15:04)
Pantai Jepara 1 Oktober 2020	44° 21' 07" (14: 30:09)	36° 55' 43" (15:00:03)	29° 24' 07" (15:30:18)

Tinggi Hitung Matahari dapat dilakukan dengan 2 metode perhitungan, yaitu dengan perhitungan menggunakan tabel Daftar Ilmu Pelayaran dan *Sight Reduction Table (SRT)*. Tujuan dilakukan perhitungan ini adalah untuk menentukan selisih tinggi benda angkasa (*delta altitude*) yang didapat dari selisih antara Tinggi Ukur Sejati (TUs) dengan Tinggi Hitung (TH). Dalam pelayaran selisih ini juga dikenal dengan intercept (p) untuk menentukan posisi arah garis tinggi (agt) apakah positif atau negatif dari posisi

duga kapal. Selanjutnya dengan diketahui *intercept* dan *azimuth* pelaut mengerjakannya dalam plotting *sheet* atau bestek untuk menentukan posisi kapal dengan perpotongan 3 buah arah garis tinggi (agt).

Pada penelitian ini peneliti mencoba untuk mengukur tingkat akurasi dari masing-masing metode perhitungan baik dengan Daftar Ilmu Pelayaran dan *Sight Reduction Table (SRT)* dengan membandingkan perhitungan tersebut terhadap tinggi sejati matahari (Ts). Tinggi sejati (Ts) matahari ini diambil dengan posisi tetap tidak bergerak dan lintang bujur dicatat dengan GPS. Sehingga peneliti mengasumsikan tinggi sejati tersebut sebagai Posisi Sejati.

1. Perhitungan Tinggi Hitung (Th) Metode Daftar Ilmu Pelayaran (DIP). Perhitungan tinggi hitung ini didapat dengan menggunakan rumus: $\sin Th = \cos(Lt \pm Z) - \cos Lt \cdot \cos Z \cdot \sin P$. Dengan rumus ini peneliti melakukan perhitungan dan cara penyelesaian sebagai berikut:

Sampel Perhitungan Tinggi Hitung Pada Tanggal 20 September di Pantai Marina dengan data asumsi perhitungan sebagai berikut:

Latitude : 06° 56' 48"
Local Time : 09:20:21
Longitude : 110° 23' 36"
Tu : 56° 17' 36"

GMT	=	02: 20: 21	
GHA	=	211° 38' 48"	Tabel Almanac Nautika
Incr. GHA	=	05° 05' 18" +	Tabel Incr Almanac Nautika
GHA \ominus	=	216° 44' 06"	
Longitude	=	110° 23' 36" +	
LHA \ominus	=	327° 0' 48"	
P/HA	=	32° 52' 12"	360- LHA
Declination	=	00° 57' 54" N	Tabel Almanac Nautika
Dec. Corr	=	00° 00' 49" +	Tabel Incr Almanac Nautika
Dec. \ominus	=	00° 58' 36" N	

A	=	0.19 S	DIP Tabel X
B	=	0.03 N	DIP Tabel XI
C	=	0.16	DIP Tabel XII
Tb	=	99°	
Azimuth	=	S 81° T	
Cos (Lt \pm Z)	=	0.990456415	Disebut Term I
Cos Lt	=	0.99266165	Disebut Term II
Cos. Z	=	0.999854741	
Cos P	=	0.839934980	$\sin P = 1 - \cos P$
SinvP	=	0.16006502	
Sin Th	=	0.831589089	Term I – Term II
Th	=	56.27	
Th \ominus	=	56° 15' 36"	

Perhitungan di atas menggunakan tabel almanac nautika tahun 2020 dan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) serta dihitung dengan bantuan kalkulator untuk mempermudah.

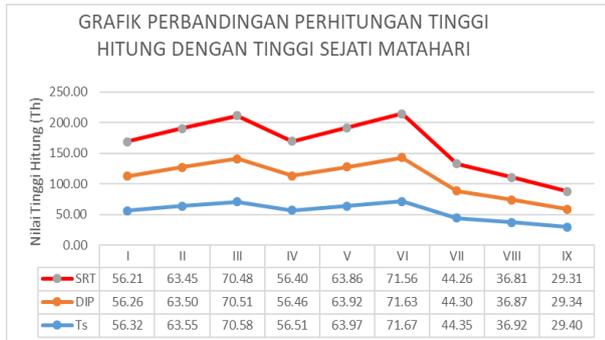
2. Perhitungan Tinggi Hitung (Th) Metode *Sight Reduction Table (SRT)* ini didapat dengan menggunakan asumsi-asumsi sesuai dengan petunjuk pengerjaan yang dijelaskan pada buku *Sight Reduction Table (SRT)*. Hasil tinggi hitung matahari yang diperoleh berbeda. Dimana selisih yang ada tidak terlalu signifikan yaitu di bawah 10 (sepuluh) menit. Selain itu kedua metode perhitungan di atas sekaligus dapat menentukan *azimuth*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut peneliti memberikan data hasil perhitungan kedua metode sebagaimana tabel di bawah ini:

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Tinggi Sejati Matahari dengan DIP dan SRT

No	Lokasi	Obsrv	Th \ominus DIP	Th \ominus SRT	Ts \ominus
1	Pantai Marina	I	56° 15' 36"	56° 13' 00"	56° 19' 23"
		II	63° 30' 00"	63° 27' 00"	63° 33' 29"
		III	70° 30' 36"	70° 29' 00"	70° 34' 58"
2	Pelabuhan Kendal	I	56° 27' 36"	56° 24' 00"	56° 31' 02"
		II	63° 55' 12"	63° 52' 00"	63° 58' 32"
		III	71° 37' 48"	71° 34' 00"	71° 40' 32"
3	Pantai Jepara	I	44° 18' 00"	44° 16' 00"	44° 21' 07"
		II	36° 52' 12"	36° 49' 00"	36° 55' 43"
		III	29° 21' 36"	29° 19' 00"	29° 24' 07"

Peneliti menggambarkan ilustrasi dengan menampilkan grafik untuk membuktikan tingkat akurasi hasil perhitungan antara DIP dan SRT sebagaimana tercantum pada grafik yang disajikan di bawah ini:

Gambar 1. Perbandingan Perhitungan Th \odot dengan Ts \odot



Keterangan:

1. I-III adalah hasil perhitungan dan observasi matahari di Pantai Marina;
2. IV-VI adalah hasil perhitungan dan observasi matahari di Pelabuhan Kendal;
3. VII-IX adalah hasil perhitungan dan observasi matahari di Pantai Jepara.

Jika diasumsikan Ts adalah posisi sejati (garis berwarna biru), maka dari grafik di atas didapat bahwa hasil perhitungan metode Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) yang ditunjukkan oleh garis berwarna oranye lebih mendekati Ts (garis biru) dibandingkan dengan hasil perhitungan SRT yang ditunjukkan garis merah yang mana lebih jauh dari Ts (garis biru). Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa perhitungan DIP lebih akurat dibandingkan SRT.

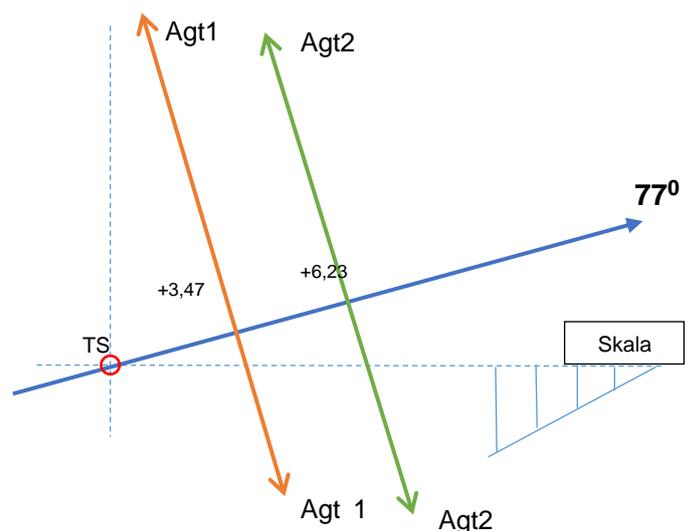
Untuk menentukan posisi kapal dalam pelayaran, para mualim atau Nakhoda biasanya melakukan penggambaran di peta atau menggunakan *plotting sheet* (bestek), sehingga untuk penentuan posisi kapal dengan bantuan observasi benda angkasa, perlu ditentukan selisih tinggi hitung dengan tinggi sejati matahari yang biasa disebut intercept (p) atau delta altitude dengan rumus $(p = Ts \odot - Th \odot)$ dimana tinggi hitung (th) matahari didapat berdasarkan perhitungan metode DIP maupun SRT. Intercept ini akan digunakan untuk menentukan jarak arah garis tinggi (agt) dari posisi duga kapal. Arah garis tinggi tersebut ditarik dengan sudut 900 (sudut siku-siku) dengan jarak sesuai dengan skala intercept dari posisi duga kapal. Metode ini dikenal dengan penentuan posisi secara perpotongan dua atau lebih arah garis tinggi (agt)

yang kemudian didapat posisi kapal. Perhitungan intercept sebagaimana pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Data perhitungan intercept (p)

No	Observasi	Ts \odot (A)	P ₁ (A-B)	P ₂ (A-C)
1	Pantai Marina	56 ⁰ 19' 23"	+ (3'47")	+ (6'23")
		63 ⁰ 33' 29"	+ (3'29")	+ (6'29")
		70 ⁰ 34' 58"	+ (4'22")	+ (5'58")
2	Pelabuhan Kendal	56 ⁰ 31' 02"	+ (3'26")	+ (7'02")
		63 ⁰ 58' 32"	+ (3'20")	+ (6'32")
		71 ⁰ 40' 32"	+ (2'44")	+ (6'32")
3	Pantai Jepara	44 ⁰ 21' 07"	+ (3'07")	+ (5'07")
		36 ⁰ 55' 43"	+ (3'31")	+ (6'43")
		29 ⁰ 24' 07"	+ (2'31")	+ (5'07")

Untuk membuktikan tingkat akurasi perhitungan tinggi hitung menggunakan intercept. Aplikasi tinggi hitung matahari terhadap posisi kapal dapat digambarkan melalui bestek atau gambar. Data di atas jika digambarkan ke dalam bestek penentuan posisi kapal, maka akan dapat diketahui bahwa arah garis tinggi 1 (agt 1) lebih dekat perpotongannya dengan TS yang dalam hal ini diasumsikan sebagai posisi sejati (*fix*) sedangkan arah garis tinggi 2 (agt 2) perpotongannya lebih jauh dari posisi sejati. Sehingga dalam pembuktian bestek ini dapat diketahui bahwa akurasi perhitungan metode DIP lebih akurat dibandingkan dengan metode perhitungan SRT.



Gambar 2. Bestek penentuan posisi dengan intercept (p)

Keterangan:

TS : Posisi Sejati

Agt 1 : arah garis tinggi berdasarkan intercept

perhitungan DIP
Agt 2 : Arah garis tinggi berdasarkan intercept
perhitungan SRT

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan dalam penelitian ini, maka pada bagian akhir penelitian ini peneliti menyimpulkan bahwa metode perhitungan tinggi hitung matahari menggunakan metode perhitungan Daftar Ilmu Pelayaran (DIP) lebih akurat dibandingkan dengan metode perhitungan *Sight Reduction Table (SRT)* dengan selisih perhitungan Th DIP dengan Ts sebesar $\pm 3'$ sedangkan selisih perhitungan Th SRT dengan Ts sebesar $\pm 6,5'$

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan segala pihak yang terkait dalam penelitian ini khususnya Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Daftar Pustaka

- [1] Swaszek, P. F., Hartnett, R. J., & Seals, K. C. (2020). Celestial Navigation—Correcting the Folklore. 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), 949–959. <https://doi.org/10.1109/PLANS46316.2020.9109928>
- [2] Nguyen, V. S. (2020). A Theoretical Approach of Astronomical Ship Positioning Using a Single Celestial Body and Secant Technique. *International Journal Of Fuzzy Logic And Intelligent Systems*, 20(1), 1–7. <https://doi.org/10.5391/IJFIS.2020.20.1.1>
- [3] Nguyen, V. S. (2019). A Novel Approach To Determine The Ship Position With An *Azimuth* Of Celestial Body And Factors Of Ship. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) Scopus Indexed* .
- [4] Lušić, Z. (2018). Astronomical position without observed altitude of the celestial body. *Journal of Navigation*, 71(2), 454–466. <https://doi.org/10.1017/S037346331700073X>
- [5] Dinas Hidro Oceanografi TNI Angkatan Laut. (2016). *Daftar Ilmu Pelayaran*. DISHIDROS. Jakarta
- [6] Arso Martopo (1992). *Ilmu Pelayaran Astronomi*. Balai Pendidikan dan Latihan Pelayaran : Semarang, Indonesia
- [7] Murdiansaf. (2017). *Rain. Ilmu Pelayaran*, Jakarta: EDC
- [8] Srientini, A. (2011). *Perhitungan Posisi Sejati Kapal Dengan Pengamatan Terhadap Benda-Benda Angkasa*. 7.
- [9] Lušić, Z. (2018). Astronomical position without observed altitude of the celestial body. *Journal of Navigation*, 71(2), 454–466. <https://doi.org/10.1017/S037346331700073X>