

Rancang Bangun Sistem Sensor True Wind untuk Automatic Weather Station di Kapal

Design and Build True Wind Sensor Systems for Automatic Weather Stations on Ships

Anggie Patria Pramagusta^{1*}, Maulana Putra², Budi Santoso³, Muhammad Syafieq Ridho⁴

^{1,2,3}Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Jakarta, (021) 4246205

⁴Universitas Indonesia

Depok, (021) 7867222

anggie.pramagusta@bmet.go.id^{1*}, muhammad.syafieq@sci.ui.ac.id⁴

Abstrak – Pengukuran arah dan kecepatan angin pada kapal tidak sama seperti pengukuran arah dan kecepatan angin pada suatu daerah tertentu. Hal ini disebabkan oleh kondisi kapal selalu bergerak secara terus menerus dan berubah posisinya setiap waktu. Angin sebenarnya (True wind) pada kapal sangat dipengaruhi oleh arah dan kecepatan dari kapal itu sendiri. Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan rancang bangun sensor arah dan kecepatan angin melalui proses kalibrasi dan pengujian. Peralatan yang digunakan mencakup komponen sensor utama seperti sensor Angin Young 05103, kompas HMC5883L, dan GPS Neo Ublox6m serta dihubungkan dengan suatu datalogger CR1000 sebagai perangkat yang merekam dan mengakuisisi data. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem berdasarkan metode perhitungan matematis yang mengkalkulasi arah dan kecepatan angin sebenarnya pada kapal melalui variabel-variabel yang terukur oleh sensor sehingga data yang dihasilkan adalah murni berdasarkan pembacaan sensor saat itu serta dikalkulasikan secara otomatis. Hasil pengujian rancang bangun sistem True Wind Sensor pada kapal dapat disimpulkan bahwa metode kalkulasi yang digunakan maupun metode kalkulasi GPS untuk menentukan kecepatan kapal terbukti benar dan dapat diimplementasikan pada AWS kapal. Instrumen ini bermanfaat bagi pembangunan dan pengembangan Automatic Weather Station pada kapal secara mandiri.

Kata Kunci: Automatic Weather Station, Arah Angin, Kecepatan Angin, Angin sebenarnya, kapal

Abstract – Measurement of Wind direction and speed on a ship is not the same as Measurement of Wind direction and speed in a certain area. This is caused by the condition of the ship always moving continuously and changing its position every time. The True Wind on the ship are very complicated by the direction and speed of the ship itself. The method used in this study is a sensor design and direction of wind speed through the process of calibration and testing. The equipment used includes main sensor components such as the Young Wind sensor 05103, HMC5883L compass, and Neo Ublox6m GPS and facilitates with a CR1000 datalogger as a device that requires and acquires data. This research develops a system based on a mathematical calculation method that calculates the wind direction and speed on the ship through variables measured by the sensor so that the data generated purely based on the sensor readings are also calculated automatically. The results of the True Wind Sensor system on the ship can be concluded that the calculation method used and the GPS calculation method to determine the speed of the ship proved to be correct and can be implemented on the AWS of the ship. This station is useful for the development and development of Automatic Weather Stations on independent ships.

Keywords: Automatic Weather Station, Wind Direction, Wind Speed, True Wind, ships.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

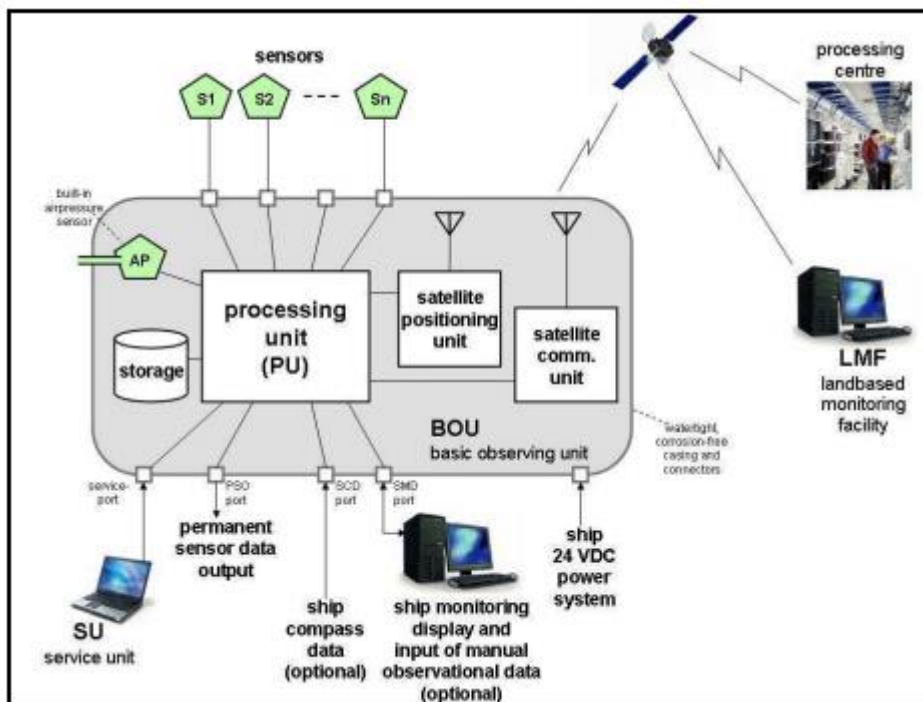
Indonesia adalah negara yang sangat luas. Menurut Badan Informasi Geospasial (BIG), Indonesia memiliki jumlah pula 13.466, luas daratan 1.922.570 km² dan luas perairan 3.257.483 km². Sehingga dapat dikatakan 63% wilayah Indonesia adalah perairan. Sehingga sektor maritim dapat meningkatkan kesejahteraan suatu negara jika dapat dikelola dengan baik.

Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah suatu Lembaga yang berfungsi untuk memahami dan mengamati fenomena meteorologi, klimatologi kualitas udara dan geofisika. Sehingga BMKG akan menyediakan data, informasi kepada para penggunanya untuk dapat dipergunakan dalam mengenali dan memahami karakteristik unsur-unsur meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika dengan akurasi tinggi dan tepat waktu.

Pengamatan cuaca tidak hanya dilakukan di permukaan darat saja, namun juga harus dilakukan dipermukaan laut. Pengamatan cuaca di laut saat ini dibagi menjadi dua jenis, pengamatan langsung dan pengamatan tidak langsung. Pengamatan langsung meliputi peralatan-peralatan pengamatan cuaca yang berada di laut maupun yang ditumpangkan di Kapal. Pengamatan tidak langsung meliputi peralatan dengan pemodelan tingkat tinggi seperti satelit. Ketersediaan peralatan pengamatan cuaca di laut tidak terlalu signifikan jumlahnya sehingga data yang digunakan untuk validasi dan juga membuat pemodelan belum dapat dilakukan. Saat ini, masih menggunakan informasi dari satelit untuk pemetaan cuaca dan iklim di laut.

Pengamatan cuaca di laut memiliki informasi yang dapat digunakan untuk aktivitas-aktivitas kelautan contohnya seperti pembuatan peta cuaca dan iklim di laut dan juga informasi untuk keselamatan transportasi dalam dunia pelayaran. Peralatan pengamatan di BMKG yang banyak digunakan di laut saat ini adalah *Automatic Weather Station* dan *Buoy*.

Automatic Weather Station didefinisikan sebagai "stasiun meteorologi di mana pengamatan dilakukan dan ditransmisikan secara otomatis". [1] *Automatic Weather Station* atau dapat disebut dengan AWS adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kondisi pada suatu lingkungan untuk memberikan informasi perkiraan cuaca dan mempelajari cuaca dan iklim di lingkungan tersebut. AWS tidak hanya dapat digunakan di darat, melainkan dapat juga digunakan di laut.



Gambar 1. Skema Sinoptik Stasiun EUCAWS [2]

Gambar 1 di atas merupakan skema Sinoptik pada stasiun EUCAWS. EUCAWS (*European Common Automatic Weather Station*) merupakan Stasiun pengamatan cuaca otomatis di Eropa

yang didesain secara spesifik untuk kapal. Skema pengamatan sinoptik pada Gambar 1 perlu untuk diterapkan agar data tersimpan dengan baik dan tercipta sistem pengamatan terpadu. Teknologi komunikasi saat ini pun dapat mendukung sistem ini akan bekerja di BMKG Indonesia.

Data cuaca di perairan diperoleh menggunakan 2 (dua) sistem, yaitu *buoy* dan *Voluntary Observing Ship*. *Buoy* adalah suatu sistem dimana data cuaca diambil dari AWS yang terletak pada pelampung-pelampung di perairan. Sedangkan VOS adalah kapal sukarela yang ditempatkan AWS didalamnya untuk memantau unsur-unsur meteorologi disepanjang jalur perjalanan kapal serta berfungsi untuk memantau kondisi cuaca maupun prediksi cuaca di laut. Namun, beberapa data yang ada pada peralatan pengamatan tersebut belum final sehingga masih perlu dikonversi seperti contohnya Angin. Angin yang dihasilkan dari pembacaan sensor merupakan nilai riil yang didapatkan saat pembacaan namun mengabaikan arah haluan kapal. Informasi arah dan kecepatan angin di laut sangat penting karena berhubungan dengan tinggi gelombang yang terjadi di laut. Pengetahuan tentang ketinggian dan periode gelombang pendek beresilasi sangat penting untuk hampir semua kegiatan teknik di laut. Gelombang ini dihasilkan oleh aksi angin melalui tekanan serta mekanisme geser. [3] Hal ini berarti, parameter angin sangat penting untuk diketahui demi keselamatan pelayaran kapal.

1.2 Tujuan

Data cuaca yang didapatkan dari VOS atau di BMKG disebut dengan AWS kapal dan *buoy* terdiri dari beberapa parameter cuaca seperti suhu dan kelembapan, tekanan udara, curah hujan, arah dan kecepatan angin, ketinggian gelombang, dan suhu muka laut. Parameter angin merupakan salah satu komponen penting dalam pengamatan cuaca di laut. Pengamatan angin pada AWS Kapal berbeda dengan pengamatan AWS di darat dikarenakan kondisi laut yang dinamis.

Data informasi cuaca seperti arah dan kecepatan angin, dapat digunakan dalam hal keamanan dan keselamatan didalam dunia transportasi serta validasi pemetaan angin pada cuaca dan iklim kelautan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem *true wind sensor* menggunakan metode yang mengukur dan menghitung arah dan kecepatan angin pada kapal dan memanfaatkan teknologi komunikasi AWS Kapal yang mampu mengirimkan data menggunakan satelit, serta agar sistem *true wind sensor* ini dapat digunakan untuk AWS kapal yang nantinya dapat bermanfaat dalam pengamatan cuaca di perairan secara *realtime* khususnya parameter *true wind*.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 True Wind

True Wind Calculation disajikan untuk menghitung dan mengontrol kualitas angin sebenarnya dari pengamatan otomatis pada kapal laut. [4] *True Wind* atau angin sebenarnya secara umum didefinisikan sebagai vektor angin dengan kecepatan yang mengacu pada keadaan bumi tetap dan arah angin yang mengacu ke utara (*true north*). Perhitungan *true wind*, membutuhkan variabel COG (*Course Over Ground*) dan SOG (*Speed Over Ground*). COG didefinisikan sebagai arah (relatif terhadap *true north*) dimana kapal benar-benar bergerak diatas bumi tetap. Sedangkan SOG adalah kecepatan kapal dimana kapal bergerak dengan arah COG. [4]

1.3.2 Arah dan Kecepatan Angin

Kecepatan angin didapatkan dari estimasi berdasarkan efek angin pada benda bergerak. Untuk membuat estimasi tersebut, pengamat dan objek yang rentan terhadap angin harus berdiri didaerah yang terbuka yang datar yang sejauh mungkin jauh dari penghalang. Penghalang kecil dapat menimbulkan perubahan serius dalam kecepatan angin. Menurut WMO (*World Meteorological Organization*), kecepatan angin harus dilaporkan dalam satuan meter/second atau knots dan harus merepresentasikan laporan sinoptik dengan rata-rata lebih dari 10 menit. [5]

Arah Angin didefinisikan sebagai arah dari mana angin bertiup, dan diukur searah jarum jam dari utara geografis, yaitu *True North* (utara sebenarnya). Arah angin harus dilaporkan dalam derajat dan harus memiliki rata-rata lebih dari 10 menit. [5]

1.3.3 Minimum System

Minimum system (Minsys) ini digunakan sebagai mikroprosesor yang berbasis ATmega328P. *Minsys* ini mempunyai 14 pin digital *input/output*, 6 analog *input*, 16 Mhz quartz crystal, koneksi USB, *power jack*, ICSP header dan tombol reset. *Minsys* menggunakan Bahasa pemrograman C yang berbasis *Wiring* dan *Arduino Software (IDE)* berdasarkan pemrosesannya. *Minsys* dalam penelitian ini digunakan sebagai pembaca sensor I²C dari sensor HMC5883L dan informasi data dari GPS neo ublox 6MV2 kemudian diteruskan menuju logger CR1000.

1.3.4 Sensor Angin

Wind Monitor adalah sensor untuk mengukur kecepatan dan arah angin. *Wind Monitor* ini terdiri dari 4 bilah baling-baling. Baling-baling ini menghasilkan sinyal AC dengan frekuensi yang nilainya sebanding dengan kecepatan angin yang diukur. Arah angin didapatkan dari vane. Sudut dari vane dideteksi dengan potensiometer yang ditempatkan pada ruang tertutup, dengan tegangan eksitasi yang diaplikasikan ke potensiometer, sehingga tegangan output akan dikonversikan menjadi arah angin. [6]



Gambar 1. Wind Monitor model 05103

Gambar 1 merupakan sensor yang penulis gunakan dalam penelitian. Sensor angin ini memiliki rentang kerja pengukuran parameter kecepatan angin dari 0 – 100 m/s dan parameter arah angin dari 0 – 360 derajat. Sensor ini juga memiliki nilai akurasi ± 0.3 m/s untuk kecepatan angin dan ± 3 derajat untuk arah angin. Keluaran sensor yang dihasilkan berupa sinyal frekuensi (kecepatan) dan tegangan (arah). *Wind Monitor model 05103* ini merupakan sensor angin yang direkomendasikan untuk pengukuran arah dan kecepatan angin pada AWS maritim karena memiliki fisik sensor yang tahan akan korosi dan peletakan baling-baling sensor secara vertikal serta kinerja sensor yang mampu membaca kecepatan angin hingga 100 m/s sehingga mampu bekerja pada kondisi angin kencang saat di pinggir laut ataupun ditengah laut. Kondisi permukaan

laut yang terbentang luas dan tidak memiliki penghalang ini rentan akan terjadinya angin kencang sehingga dibutuhkan sensor angin yang handal untuk mengatasi kondisi tersebut.

1.3.5 Global Positioning System

Global positioning system (GPS) adalah jaringan satelit dan perangkat penerima yang digunakan untuk menentukan lokasi sesuatu di Bumi. Beberapa penerima GPS sangat akurat sehingga mereka dapat menentukan lokasinya dalam 1 sentimeter.

Modul Neo Ublox 6MV2 ini berfungsi sebagai receiver GPS yang digunakan untuk mendeteksi lokasi dengan menangkap sinyal dari satelit navigasi. GPS processor dari Modul ini menggunakan u-blox NEO-6. Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu Cold TTFF (*Cold-Strat Time-to-First-Fix*) atau waktu yang diperlukan untuk menentukan letak posisi dari kondisi mati total kurang dari 27 detik. [7]

Data yang dihasilkan oleh modul Neo Ublox 6MV2 berupa titik koordinat. Data tersebut kemudian diolah kembali untuk memberikan informasi kecepatan pergerakan sensor selama di atas kapal. Variabel SOG yang dihasilkan dari GPS kemudian akan dibandingkan dengan kecepatan kapal yang terbaca melalui speedometer kapal. Variabel SOG yang dihasilkan oleh sensor dibutuhkan dalam perhitungan arah dan kecepatan angin sebenarnya.

1.3.6 Kompas

Sensor HMC5883L ini adalah sensor kompas yang berfungsi untuk menentukan arah. Sensor HMC5883L ini terdiri dari sensor resistif magnet yang beresolusi tinggi dengan demagnetisasi otomatis, dan ADC 12 bit yang digunakan untuk pengukuran medan magnet bumi. Sensor ini dapat digunakan pada lingkungan dengan medan magnet yang kuat dengan akurasi hingga 1 sampai 2 derajat. [8]



Gambar 2. Modul Kompas HMC5883L

Gambar 2 merupakan sensor yang penulis gunakan dalam penelitian. Sensor HMC5883L memiliki fungsi dalam mengukur arah yang dihasilkan oleh kapal. Data tersebut akan merepresentasikan variabel COG yang dibutuhkan dalam perhitungan arah dan kecepatan angin sebenarnya.

1.3.7 Data Logger

Logger merupakan suatu alat yang menggunakan microprocessor dan memori internal untuk menyimpan data yang diambil dari sensor. Data yang dikirimkan dari sensor akan disimpan

pada memori internal dan dapat diunduh, sehingga data pengamatan dari sensor dapat diakses kapanpun. Logger yang digunakan didalam penelitian adalah Scientific Campbell CR1000.



Gambar 3. CR1000 Campbell Scientific Datalogger

Gambar 3 di atas merupakan tampilan dari Data Logger CR1000. Data Logger ini dapat mengukur hampir semua sensor dengan respons listrik. CR1000 mengukur sinyal-sinyal listrik dan mengubah pengukuran menjadi unit-unit teknik, melakukan perhitungan dan mengurangi data menjadi nilai statistik. Sebagian besar aplikasi tidak mengharuskan setiap pengukuran disimpan. Sebagai gantinya, pengukuran individu dapat digabungkan ke dalam ringkasan statistik atau komputasi. CR1000 akan menyimpan data dalam memori untuk menunggu transfer ke PC dengan perangkat penyimpanan eksternal atau perangkat telekomunikasi. [9]

Logger CR1000 terdiri dari modul pengukuran dan kontrol dan panel kabel. Logger data ini menggunakan keyboard/layar eksternal dan catu daya. Konsumsi daya yang rendah memungkinkan CR1000 beroperasi untuk periode waktu yang lama pada baterai yang diisi ulang dengan panel surya - menghilangkan kebutuhan akan daya AC. CR1000 menunda eksekusi ketika daya primer turun di bawah 9,6 V, mengurangi kemungkinan pengukuran yang tidak akurat.

Logger CR1000 memiliki kemampuan ADC 13 bit dengan 16 kanal *Analog* input (16 *Single-ended* atau 8 *Differential*). Selain itu, logger CR1000 ini juga memiliki 2 kanal *pulse counter* dan 3 terminal *Voltage Excitation*. Penelitian ini hanya dibatasi dengan penggunaan sensor angin dimana sensor angin tersebut hanya menggunakan 1 kanal *Single-ended*, 1 kanal *pulse counter*, dan 1 terminal *Voltage Excitation*.

1.3.8 Kalibrasi

Kalibrasi adalah susunan kegiatan yang menetapkan hubungan antara nilai-nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur atau sistem pengukuran, atau nilai-nilai yang diwakili oleh ukuran material, dan nilai-nilai pengukuran dan pengukuran yang diketahui (kuantitas fisik yang diukur). [10]

Hasil kalibrasi memungkinkan estimasi kesalahan indikasi instrumen pengukuran, sistem pengukuran atau pengukuran material, atau penegasan tanda pada skala yang sewenang-wenang. Kalibrasi juga dapat menentukan sifat metrologi lainnya. Hasil kalibrasi dapat direkam dalam dokumen yang disebut sertifikat kalibrasi atau laporan kalibrasi. Hasil kalibrasi kadang-kadang dinyatakan sebagai faktor kalibrasi, atau sebagai serangkaian faktor kalibrasi dalam bentuk kurva kalibrasi. [10]

2. Metode Penelitian

2.1. Formulasi *True Wind*

Perhitungan angin sebenarnya secara meteorologi dari pergerakan kapal dibutuhkan pengamatan angin yang disesuaikan untuk gerakan horizontal kapal. Contohnya, seseorang yang sedang menghadap ke depan sesuai arah kapal pada kondisi angin tenang. Jika kapal bergerak maju, orang tersebut akan merasakan angin sejuk (angin semu) pada wajahnya. Angin yang

dipengaruhi oleh gerakan kapal atau *ship's motion* (M) harus ditiadakan dari angin semu atau *apparent wind* (A) untuk menghitung angin sebenarnya (T) secara meteorologi. [4]

$$T = A - M \tag{1}$$

Angin semu dihitung dengan penambahan arah kapal dan sudut *zero reference* pada arah angin relatif, dengan demikian orientasi pengukuran angin pada kapal ke utara sebenarnya. Angin yang dipengaruhi gerakan memiliki kesamaan magnitudo seperti *course vector* (C) dengan tanda sebaliknya,

$$M = -C \tag{2}$$

Catat bahwa C adalah gerakan vektor dari kapal diatas bumi yang tetap. Dari persamaan (1), hasil angin sebenarnya dengan menambahkan *course vector* pada vektor angin semu:

$$T = A - (-C) = A + C \tag{3}$$

Apparent Wind pada koordinat matematik dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$A'_{\theta} = 270^{\circ} - (h_{\theta} + R_{\theta} + P_{\theta}) \tag{4}$$

dimana *h* adalah arah kapal, *R* adalah *zero reference*, dan θ sudut. Penggunaan arah kapal sebagai pengganti dari COG pada persamaan (4) merupakan hal penting karena haluan kapal jarang berorientasi pada arah gerakan kapal di atas permukaan bumi yang tetap. Sebagai contoh, pertimbangkan haluan kapal berorientasi menghadap ke timur ($h_{\theta} = 90^{\circ}$). Jika terdapat arus atau angin kuat dari utara, maka kapal akan terdorong ke selatan, menghasilkan nilai COG yang lebih besar dari 90° .

Nilai COG dari kapal pada koordinat matematik dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$C'_{\theta} = 90^{\circ} - C_{\theta} \tag{5}$$

Angin sebenarnya kemudian dihitung dengan menjumlahkan komponen vektor dari angin semu dan gerakan kapal:

$$T_u = T'_u = |A| \cos(A'_{\theta}) + |C| \cos(C'_{\theta}) \tag{6}$$

$$T_v = T'_v = |A| \sin(A'_{\theta}) + |C| \sin(C'_{\theta}) \tag{7}$$

dimana T_u dan T_v positif merupakan komponen arah timur dan arah utara dari angin sebenarnya pada bumi. Kecepatan (|T|) dan arah (T_{θ}) angin sebenarnya dapat kemudian dihitung sebagai berikut:

$$|T| = (T_u^2 + T_v^2)^{1/2} \tag{8}$$

dan arah dari angina sebenarnya sebagai berikut:

$$T_{\theta} = 270^{\circ} - \text{atan}\left(\frac{T_v}{T_u}\right) \tag{9}$$

Nilai sudut 270° pada persamaan (9) konversi nilai dari $\text{atan}(T_v T_u^{-1})$ ke suatu arah dari tiupan angin (konvensi meteorologi) pada sistem koordinat bumi.

Variabel kecepatan kapal akan dibandingkan dengan data dari GPS berupa perpindahan koordinat lokasi setiap waktu. Perpindahan titik koordinat ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung kecepatan perpindahan dari satu titik ke titik lainnya. Hal tersebut dapat dihitung dengan metode kalkulasi yang mengacu pada *Procedia Technology*. Metode tersebut berguna untuk menghitung waktu tempuh, jarak, kecepatan kapal menggunakan data GPS, yaitu: [11]

$$A = 69.1 * (Lat2 - Lat1) \tag{10}$$

$$B = 69.1 * (Lon2 - Lon1) * \cos\left(\frac{Lat1}{57.3}\right) \tag{11}$$

Dengan menggunakan nilai dari kateus A dan B maka didapatkan jarak dari 2 titik GPS yaitu:

$$d = \sqrt[2]{A^2 + B^2} * 1609.344 \quad (12)$$

Untuk menghitung waktu tempuh dari 2 titik GPS yaitu:

$$t = (ct2 - ct1) * 86400 \quad (13)$$

Maka didapatkan kecepatan yang ditempuh dari 2 titik koordinat yaitu :

$$v = \frac{d}{t} * 3.6 \quad (14)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil rancangan sistem *true wind sensor* diimplementasikan dengan melakukan pengujian alat pada kapal yang berlayar dari Muara Angke sampai pulau kelapa kurang lebih 2,5 jam. Pengujian ini berfokus pada pembacaan arah dan kecepatan angin. Kemudian, pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil dari rancangan sistem *True Wind* mampu diterapkan pada AWS kapal.

3.1. Kalibrasi Sensor Angin (Wind Monitor)

Kalibrasi dilakukan untuk menetapkan standarisasi pada sensor dengan menguji sensor angin (*wind monitor 05103*) pada *wind tunnel* di laboratorium kalibrasi BMKG. Wind Monitor 05103 di kalibrasi dengan alat standar yang dimiliki laboratorium kalibrasi BMKG.

Tabel 1. Hasil kalibrasi sensor Wind Monitor 05103

	<i>Wind Tunnel</i>		<i>Wind Monitor</i>	
	mps	koreksi	mps	koreksi
2 mps	2.148	-0.010	1.862	0.276
	2.246	-0.010	1.862	0.374
	2.148	-0.010	1.8816	0.2564
	2.246	-0.010	1.8816	0.3544
7 mps	7.275	0.021	6.672	0.624
	7.176	0.021	6.7816	0.4154
	7.176	0.021	6.6762	0.5208
	7.275	0.021	6.7424	0.5536
10 mps	10.233	0.079	9.741	0.571
	10.233	0.079	9.708	0.604
	10.134	0.079	9.8	0.413
	10.331	0.079	9.7216	0.6884
15 mps	15.360	0.054	14.7196	0.6944
	15.557	0.054	14.7392	0.8718
	15.459	0.054	14.6608	0.8522
20 mps	15.655	0.054	14.7196	0.9894
	20.290	-0.003	19.3648	0.9222
	20.290	-0.003	19.3256	0.9614
	20.487	-0.003	19.4236	1.0604
	20.290	-0.003	19.3323	0.9547

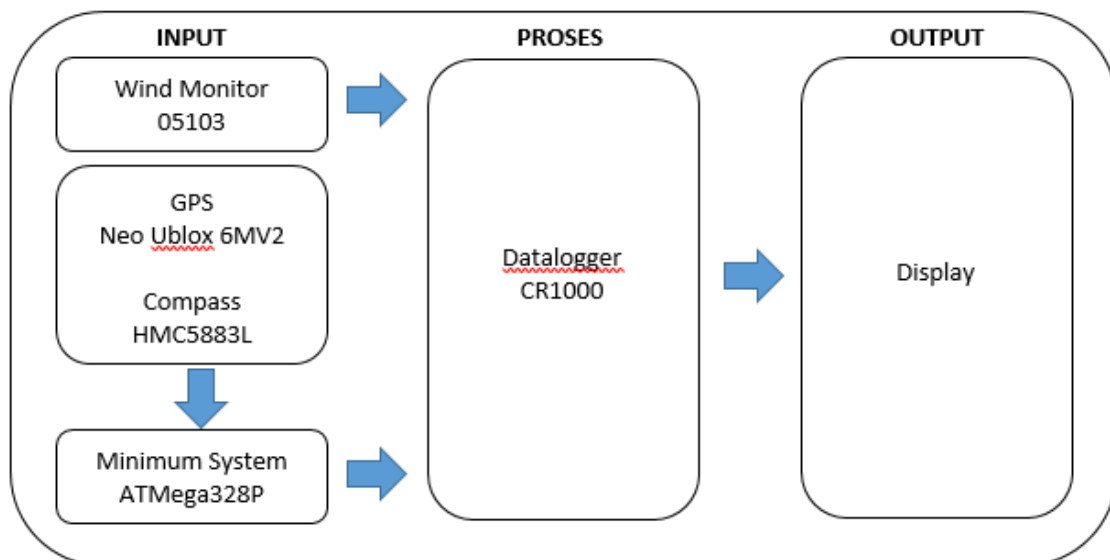
Dari data tabel 1 di atas, didapatkan nilai *multiplier* sebesar 0.741356653 dan nilai *offset* sebesar 1.021770079. Nilai *Multiplier* dan *Offset* ini dihasilkan dari persamaan regresi linier berdasarkan nilai sensor standar dan nilai sensor uji. Nilai-nilai ini kemudian dimasukkan ke dalam skrip program untuk menyesuaikan keluaran sensor angin yang penulis gunakan dengan sensor angin standar.

3.2. Rancang Bangun Sistem



Gambar 4. Instalasi True Wind Sensor di kapal Garuda

Dalam pengujian alat pada gambar 4, alat ditempatkan dibagian belakang kapal, dengan menempatkan sensor angin (*Wind Monitor 05103*) dan kompas mengarah ke utara bumi. Perangkat GPS dan kompas akan dihubungkan ke *Minsys ATmega328P* kemudian dengan menggunakan komunikasi serial. Data-data tersebut yang tersimpan di *Minsys ATmega328P* akan diteruskan ke *Datalogger CR1000*. Sedangkan Sensor angin (*Wind Monitor*) akan langsung terhubung dengan *Datalogger CR1000*. Semua data dalam sistem *True Wind Sensor* akan tersimpan dalam *Datalogger CR1000*.



Gambar 5. Blok Diagram True Wind Sensor

Gambar 5 merupakan blok diagram dari sistem *true wind sensor*. Sistem *True Wind Sensor* ini di suplai dengan menggunakan solar panel dan aki (baterai). Hal ini dianggap perlu karena sistem tidak bisa hanya bergantung pada listrik yang tersedia di kapal. Sistem suplai daya mandiri pada sistem ini tidak banyak mengkonsumsi daya dikarenakan *True wind sensor* hanya menggunakan sensor-sensor dengan konsumsi daya rendah. *True Wind sensor* ini nantinya akan diimplementasikan ke dalam AWS Kapal. Oleh karena itu, dirancanglah sistem *true wind sensor* yang tidak membebani suplai daya pada AWS. Perlu diketahui bahwa AWS Kapal memiliki beberapa komponen yang menguras banyak daya yakni dari modul-modul komunikasi seluler maupun satelit yang digunakan.

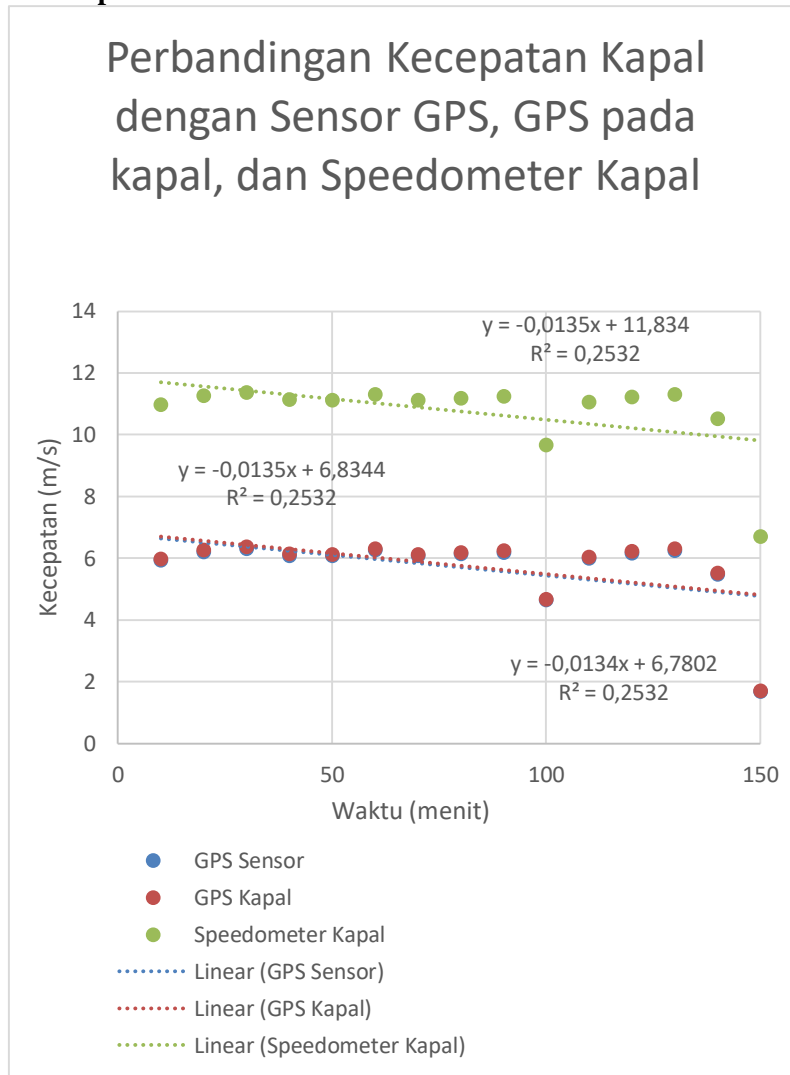
3.3. Hasil Representasi GPS Kapal



Gambar 6. Rute Perjalanan representasi data hasil GPS

Gambar 6 di atas menunjukkan rute perjalanan selama penelitian berlangsung. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan data berupa garis bujur (*longitude*) dan garis lintang (*latitude*) dari GPS. Koordinat bujur dan lintang dapat merpresentasikan suatu lokasi tempat dipermukaan bumi. Dengan menggunakan data tersebut maka dihasilkan sebuah representasi rute perjalanan yang di plot menggunakan *excel*. Jika dilihat dari hasil plot, maka menunjukkan kesesuaian antara data Bujur dan Lintang yang didapatkan dari GPS dengan rute perjalanan sesungguhnya. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan GPS yang digunakan sudah cukup baik.

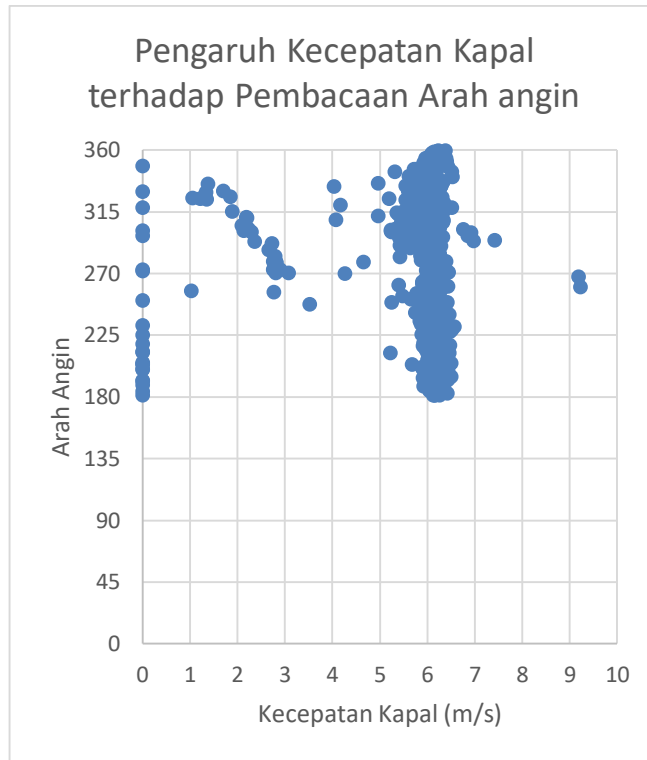
3.4. Hasil Pengujian antara kecepatan kapal menggunakan Sensor GPS, GPS Kapal, dan Speedometer kapal



Gambar 6. Grafik perbandingan kecepatan kapal dengan perangkat GPS pada alat GPS pada Kapal dan Speedometer Kapal

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian data yang direpresentasikan menjadi sebuah grafik. Grafik tersebut menunjukkan perbandingan antara data hasil kalkulasi kecepatan kapal menggunakan perangkat GPS yang dipasang pada AWS kapal, kecepatan kapal yang didapat dari GPS kapal itu sendiri serta kecepatan kapal dari speedometer. Grafik di atas menunjukkan hasil kalkulasi kecepatan dari perangkat GPS mendekati kecepatan yang didapatkan dari GPS kapal, tetapi masih terlihat selisih nilai jika dibandingkan dengan speedometer kapal. Akan tetapi jika dilihat berdasarkan hasil regresi linear dari ketiga data tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketiganya menunjukkan keterkaitan satu sama lain, sehingga dapat dikatakan bahwa kecepatan kapal yang didapatkan dari perangkat GPS sudah sangat akurat, dan sudah sesuai dengan speedometer kapal namun dengan faktor koreksi yang perlu ditambahkan. Tingkat akurasi kecepatan kapal dengan menggunakan perangkat GPS mungkin akan menurun seiring meningkatnya kecepatan kapal karena dipengaruhi oleh waktu pengiriman dan pembacaan data dari satelit. Tetapi dalam pengujian ini didapatkan hasil yang cukup sesuai dengan kecepatan kapal sesungguhnya (speedometer kapal).

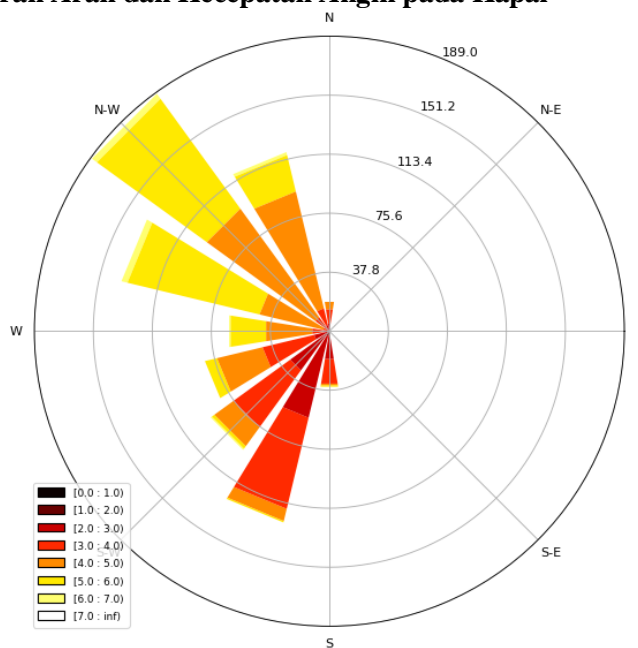
3.5. Hasil Pengolahan Data



Gambar 7. Grafik pengaruh kecepatan kapal terhadap pembacaan arah angin

Gambar 7 di atas ditujukan untuk mengetahui kapan sensor angin yang digunakan sudah kurang bekerja secara maksimal dalam pembacaan arah angin karena dipengaruhi oleh kecepatan kapal itu sendiri. Dari data diatas dapat disimpulkan ketika kecepatan melebihi 6,5 m/s akurasi pembacaan arah angin dari sensor sudah mulai berkurang karena kecepatan dari kapal. Sehingga pembacaan dari sensor hanya menunjukkan kearah tertentu saja, yaitu arah kemana kapal bergerak. Hal ini tentunya menjadi kekurangan yang dimiliki sensor.

3.6. Hasil Pengukuran Arah dan Kecepatan Angin pada Kapal



Gambar 8. Windrose dari pengujian AWS Kapal

Gambar 8 di atas merupakan hasil plot windrose dari data pengujian AWS Kapal dengan rute perjalanan yang dimulai dari Muara Angke ke Pulau Kelapa selama kurang lebih 2,5 jam waktu perjalanan. Windrose diatas menggambarkan kecepatan dan arah angin pada rute perjalanan yang ditempuh kapal. Hasil ini didapatkan dari pembacaan sensor angin (*Wind Monitor*) dan Kompas. Dapat dilihat dari *windrose* tersebut, arah angin dominan ke Barat laut (*North West*) dengan kecepatan angin sekitar 5-6 m/s yang digambarkan dengan warna kuning.

4. Kesimpulan

Dari data hasil pengujian rancang bangun sistem *True Wind Sensor* pada kapal, dapat disimpulkan bahwa metode kalkulasi yang digunakan untuk menentukan kecepatan dan arah angin sebenarnya pada kapal, maupun metode kalkulasi GPS untuk menentukan kecepatan kapal terbukti benar dan dapat diimplementasikan pada AWS kapal. Data yang dihasilkan dari *True wind sensor* merupakan data *realtime*. Hal ini dapat dilihat dari hasil kesesuaian data dengan keadaan sesungguhnya.

Saran

Hasil yang lebih maksimal pada tingkat keakurasian pengukuran kecepatan kapal disarankan untuk menggunakan perangkat GPS yang tingkat keakurasiannya lebih baik lagi, karena perangkat GPS yang digunakan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan sinyal dari satelit, hal ini dapat berpengaruh kepada hasil kalkulasi kecepatan kapal jika kapal bergerak dengan kecepatan tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Sub Bidang Instrumentasi Peralatan Meteorologi yang telah membantu dalam penelitian *True Wind sensor* ini.

Referensi

- [1] World Meteorological Organization, *International Meteorological Vocabulary*, Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1992.
- [2] J. B. Cohuet, H. Kleta, J. Rozema, P. Blouch, E. Peterman and P. Poli, "The Shipborne European Common Automatic Weather Station (EUCAWS)," *TECO*, 2016.
- [3] M. C. Deo, A. Jha, A. Chaphekar and K. Ravilant, "Neural networks for wave forecasting," *Ocean Engineering*, vol. 28, no. 7, pp. 889-898, 2001.
- [4] R. S. Shawn, A. B. Mark. and R. J. Sharp., "Establishing More Truth in True Winds," *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 16, no. 7, pp. 939-952, 1999.
- [5] A. C. M. Beljaars, "The Measurement of Gustiness at Routine Wind Stations," *Instrumens and Observing Method*, Netherlands, 1987.
- [6] H. Freitag, M. O'Haleck, G. C. Thomas and M. J. McPhaden, "Calibration Procedures and Instrumental Accuracies For ATLAS Wind Measurements," in *NOAA Technical Memorandum OAR PMEL-119*, Miami, 2001.
- [7] Ublox, "NEO-6 datasheet," 2011.
- [8] Adafruit Industries, "3-Axis Digital Compass HMC5883L," 2013.
- [9] Campbell Scientific Inc., "CR1000 Datalogger," 2018.
- [10] World Meteorological Organization, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Geneva: Chairperson, Publication Board World Meteorological Organization, 2008.

- [11] A. Jimenez-Meza, J. Aramburo-Lizarraga and E. de la Fuente, "Framework for Estimating Travel Time, Distance, Speed, and Street Segment Level of Service (LOS), based on GPS Data," *Procedia Technology*, vol. 7, no. 12, pp. 61-70, 2019.