



Rancang Bangun *Rover Boat* untuk Pengamatan Meteorologi Maritim

Rafi Syah Akram^{1*}, Agustina Rachmawardani¹, Khindi Aufa Hibatullah¹

¹Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Mahasiswa
*r.syahakram@gmail.com

Abstrak

Indonesia terdiri dari 70% wilayah laut dengan luas yang mencakup 3.257.357 km². Pengamatan meteorologi maritim di Indonesia sangatlah penting untuk kerapatan berbagai macam data parameter meteorologi maritim dan eksplorasi potensi bahari. Perancangan *Rover Boat* ini dimaksudkan untuk mengamati parameter meteorologi maritime antara lain suhu, kelembaban, tekanan udara, suhu permukaan laut serta arah dan kecepatan angin. *Rover Boat* ini dikontrol menggunakan Pixhawk untuk kontrol otomatis serta FS-6B sebagai remote untuk kontrol manual dan FS-iA6B sebagai receiver, dengan ESC 60A untuk mengontrol motor 2150 KV serta menggunakan servo motor SG995 untuk mengontrol *rudder rover*. Sistem monitoring kapal menggunakan sensor BME280 untuk mengukur suhu, kelembaban, dan tekanan udara, DS18B20 untuk suhu permukaan laut, anemometer Casella untuk mengukur kecepatan angin, dan Wind Vane untuk arah angin. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengolah data-data pengamatan dari sensor-sensor yang terpasang, menyimpannya dalam penyimpanan lokal serta mengirimkan data ini ke darat via telemetri 433 MHz. Hasil pengamatan ditampilkan dalam SD Card lokal. Hasil pengujian di Ancol membuktikan bahwa kapal dapat bergerak sesuai dengan masukan kontrol serta hasil rata-rata pengamatan adalah 33,80°C untuk suhu udara, 68,31% untuk kelembaban udara, 1010,59 hPa untuk tekanan udara, 33,09°C untuk suhu permukaan laut, dan 1,45 m/s untuk kecepatan angin.

Kata kunci: kapal, maritim, meteorologi, rover, sensor

1. Pendahuluan

Pengamatan meteorologi maritim merupakan yang mencakup pengamatan meteorologi dan pengamatan lingkungan lainnya tentang antarmuka laut-udara, udara di atas permukaan laut, dan di bawah permukaan laut. Pengamatan ini dapat dilakukan melalui instrumen yang tetap ataupun bergerak, baik di laut secara langsung untuk mengamati keadaan laut yang merepresentasikan laut sekitarnya ataupun secara jarak jauh yang menggambarkan keadaan lingkungan yang lebih luas, baik menggunakan instrumen di bumi langsung ataupun satelit (WMO, 2018).

Voluntary Observing Ship Scheme, atau yang biasa disebut dengan VOS merupakan merupakan skema berskala internasional yang diusung pada tahun 1948 dalam acara *International Convention For The Safety Of Life At Sea (SOLAS)* (NOAA, 2010). Hasil dari pengamatan meteorologi maritim VOS dapat digunakan untuk prakiraan dan peringatan meteorologi maritim, prakiraan dan peringatan untuk industri di pesisir pantai, data komputer global sebagai data prakiraan cuaca kedepan, monitoring keadaan lautan, bank data monitoring, dan perekaman data maritim jangka panjang untuk monitoring iklim bumi (Acharya, 2021). Meskipun data pada VOS semakin membaik dalam waktu 30 tahun terakhir, data-data



meteorologi yang masuk semakin menurun seiring dengan jumlah laporan VOS yang menurun. Akibatnya, data-data meteorologi maritim yang akan dihasilkan juga berkurang. Untuk mendukung upaya tersebut, penting untuk meninjau kembali dan menentukan persyaratan pengguna untuk berbagai aplikasi dan membuat penilaian kecukupan menggunakan persyaratan tersebut (Kent dkk., 2006).

Unmanned Surface Vessels (USV) yang mana adalah pengaplikasian dari sistem kapal autonomus pada zaman sekarang telah digunakan untuk penelitian pada laut, garda pertahanan pesisir, dan militer. Kapal otonom dapat menjadi solusi untuk mengurangi angka kecelakaan yang diakibatkan oleh ketidaksesuaian tugas manusia (*human-task mismatches*), namun peran manusia tetap dibutuhkan dalam pengujian dan pemrograman pada kapal itu sendiri. Selain pengoperasian secara otonom, kapal juga dapat dikendalikan jarak jauh oleh manusia, yang mana perannya hampir sama seperti para kru dan kapten pada kapal berawak (Ahvenjarvi, 2017).

USV mengaplikasikan sistem PID dengan input akselero, gyro, kompas, dan GPS untuk menghasilkan keluaran kendali pada sistem kontrol yang sudah dikonfigurasi. PID adalah algoritma yang menggunakan tiga pengatur utama yang terhubung dan dikombinasikan satu sama lain, yaitu *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*. PID merupakan metode dari umpan balik yang menggunakan PID Controller sebagai alat utamanya dan dalam praktiknya harus ditentukan terlebih dahulu elemen mana yang harus tetap bekerja dan menyesuaikan parameter tersebut sehingga permasalahan pada kontrolnya dapat diselesaikan secara tepat (Araki, 2003). Kapal otomatis dapat dirancang untuk dikendalikan oleh mikrokontroler dengan GPS dan sensor kompas sebagai input data posisi serta arah pergerakan kapal. Kontrol ditentukan dari penghitungan nilai K_p , K_i , dan K_d dan dimasukkan nilainya untuk mengontrol kecepatan dan arahnya. Kapal ini dapat bergerak dari *setpoint* yang sudah ditentukan lalu mengarahkan melalui titik-titik *waypoint* (Devionita dkk., 2020).

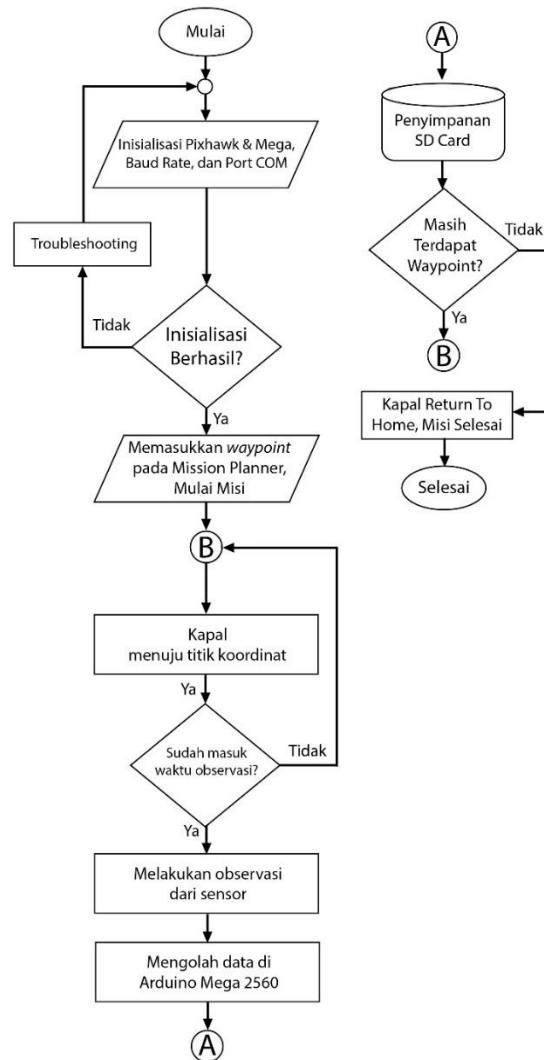
Penelitian ini bertujuan untuk membuat *rover* yang memiliki muatan untuk pengamatan meteorologi maritim dengan koreksi AWS, sistem kontrol yaitu kemudi dan pendorong. Perancangan kapal ini mengembangkan sistem yang telah dibuat oleh Dodi Boy Velanocha Situmeang, dengan penambahan otomatisasi dan sensor kecepatan angin [8]. Sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian dikalibrasi terlebih dahulu dengan alat standar yang dapat dilacak referensi alat yang ditetapkan dan diterima secara internasional, yang dalam banyak kasus adalah satuan internasional atau SI, untuk menjaga kualitas dari hasil pengukuran secara kuantitatif yang bergantung pada ketertelusuran pengukuran yang melibatkan rantai perbandingan yang tidak terputus dan terdokumentasi yang menghubungkan hasil pengukuran dengan standar pengukuran yang disepakati secara internasional (WMO, 2018).

2. Metode

Rover ini dirancang untuk melakukan pengamatan meteorologi dengan *waypoint* yang sudah ditentukan. Sebelum melakukan pengamatan, titik-titik *waypoint* ditentukan melalui aplikasi Mission Planner yang ada pada GCS, dan mengirimkan data tersebut ke Pixhawk. Ketika tahap persiapan sudah selesai, *rover* akan bergerak sesuai dengan misi dan melakukan pengamatan parameter meteorologi maritim melalui sensor-sensor yang



terpasang. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 mengolah data-data dari sensor tersebut, lalu mengirimkan data hasil pengamatan ke GCS via telemetri 3DR 433 MHz yang akan ditampilkan pada web monitoring. Selain dikirimkan, data-data ini juga disimpan secara lokal pada SD Card agar dapat diambil serta diolah.



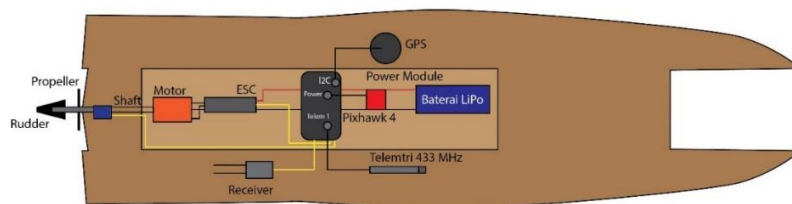
Gambar 1. Diagram alir kerja rover

Proses pembuatan lambung dan badan Rover pertama adalah dengan memasang *plywood* 5mm yang dipotong melalui proses *laser cutting* sebagai kerangka awal. *Polyfoam* 5mm digunakan untuk membentuk lambung rover, dengan ditambahkan kertas fiber dan *casting resin* untuk membuat lambung menjadi lebih keras, serta proses terakhir dari pembuatan lambung dan badan dengan menambahkan *polyester putty* dan cat.



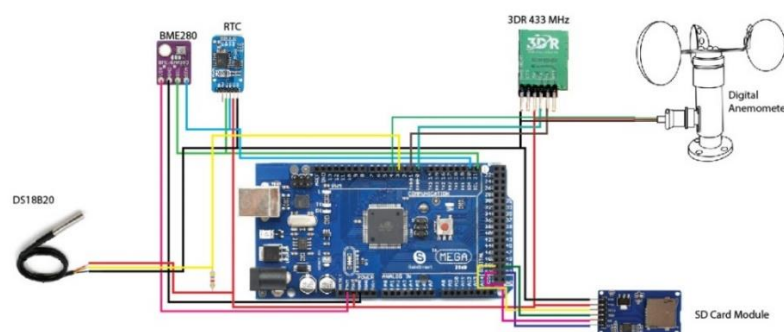
Gambar 2. Implementasi manufaktur kapal

Sistem kontrol kendali *rover* terdiri dari pendorong dan kemudi. Pendorong *rover* menggunakan motor 2150 KV yang dikontrol menggunakan *Electronic Speed Controller* atau ESC, dengan propeller terhubung di sisi bawah kapal melalui *shaft*. Sistem kemudi kapal menggunakan servo SG995 yang terhubung dengan *rudder*. Servo dan ESC dikontrol menggunakan Pixhawk 4 yang terhubung dengan modul GPS + Compass Ublox Neo 7M untuk menentukan titik lintang dan bujur, elevasi, serta arah kapal, Telemetri 433 MHz untuk mengirimkan data-data tersebut dan menerima perintah dari aplikasi Mission Planner, dan *receiver* FS-iA6B untuk menangkap kontrol dari remote Flysky I6. Pixhawk dan ESC mengambil daya dari baterai LiPo 4S dengan kapasitas 5Ah.



Gambar 3. Perancangan sistem kendali

Sistem pengamatan meteorologi maritim yang terpasang pada *rover* terdiri dari sensor suhu, kelembapan, dan tekanan udara BME280, sensor suhu air laut DS18B20, dan pengukur kecepatan angin Anemometer Casella. RTC digunakan untuk menentukan waktu dan tanggal pengamatan yang sudah dilakukan. Data- data ini dapat dikirim ke GCS di darat melalui modul telemetri 3DR 433MHz, ataupun disimpan dalam modul SD Card. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pengolah data dari sensor yang terpasang, serta mengirimkan data-data tersebut melalui *air module* 3DR 433MHz dan menyimpannya dalam modul SD Card.



Gambar 4. Rangkaian elektronik sistem monitoring meteorologi maritim



Ground Control Station (GCS) sendiri terdiri dari PC yang terhubung dengan kapal melalui *ground module* 3DR 433MHz. Aplikasi yang digunakan PC pada GCS yaitu Mission Planner untuk melakukan penyetelan *rover* dan memantau serta mengontrol kapal, dan web monitoring untuk memantau hasil pengukuran meteorologi maritim.

3. Hasil dan Pembahasan

Rover dirancang dengan misi untuk mengarungi laut dengan *waypoint* yang telah ditentukan, melakukan pengamatan meteorologi maritim dengan waktu yang sudah ditentukan, dan kembali menuju titik awal kapal (*Return to Home*, RTH). Adapun penelitian ini dilakukan di Ancol, Jakarta Utara, dengan jarak tempuh sejauh 1,3 kilometer dengan *waypoint* dan *track* yang sudah ditentukan pada gambar 5.



Gambar 5. Track misi rover

Kalibrasi penting dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Hasil kalibrasi ditampilkan pada tabel 1. Sensor suhu pada BME280 didapatkan hasil koreksi dari kalibrasi pada suhu 20°C adalah -0,339°C, 30°C adalah -0,115°C, dan 40°C adalah -0,065°C. Sensor kelembapan pada BME280 memiliki koreksi kelembapan di set point 40% adalah -1%, 60% adalah -0,71%, dan 80% adalah -2,62%. Sensor terakhir yaitu sensor tekanan pada BME280 memiliki hasil kalibrasi di set point 950 mb adalah -1,19 mb dan 1000 mb adalah -0,40 mb. Sensor suhu DS18B20 memiliki hasil koreksi dari kalibrasi pada suhu 20°C adalah -0,039°C, 30°C adalah -0,171°C, dan 40°C adalah -0,225°C. Anemometer Casella memiliki hasil kalibrasi masing-masing pada set point pada kecepatan angin 2 m/s adalah 1,669 m/s, 7 m/s adalah 4,033 m/s, 10 m/s adalah 5,437 m/s, 15 m/s adalah 8,096 m/s, dan 20 m/s adalah 10,415 m/s.

Tabel 1. Hasil kalibrasi sensor

Sensor	Parameter	Set Point	Koreksi rata-rata
BME280	Suhu	20°C	0,081°C
		30°C	0,019°C
		40°C	0,009°C



	Kelembapan	40%	1,31%
		60%	-0,71%
		80%	2,62%
	Tekanan	950 mb	1,19 mb
		1000 mb	-0,40 mb
DS18B20	Suhu	20°C	0,039°C
		30°C	0,171°C
		40°C	0,015°C
Anemometer	Kecepatan Angin	2 m/s	1,669 m/s
		7 m/s	4,033 m/s
		10 m/s	5,437 m/s
		15 m/s	8,096 m/s
		20 m/s	10,415 m/s

Hasil monitoring suhu ditampilkan pada tabel 2. Didapatkan nilai rata-rata koreksi suhu sebesar 4,01°C, dengan nilai koreksi terkecil 2,61 °C dan nilai koreksi terbesar 4,90°C. Nilai pembacaan terbesar suhu pada sensor BME280 adalah 34,42°C, memiliki koreksi sebesar 4,42°C jika dibandingkan dengan pembacaan terbesar pada AWS yang memiliki nilai pembacaan maksimal 30°C. Nilai pembacaan terkecil adalah 32,51°C, memiliki selisih sebesar 3,11°C dengan nilai pembacaan terkecil AWS yaitu 29,4°C.

Tabel 2. Hasil monitoring suhu udara

Waktu	Hasil pembacaan terkalibrasi (°C)	Pembacaan data suhu AWS (°C)	Koreksi dengan AWS (°C)
11.36	33,645	29,4	4,245
11.37	33,645	29,4	4,245
11.38	33,725	29,4	4,325
11.39	33,755	29,5	4,255
11.40	33,755	29,6	4,155
11.41	33,845	29,4	4,445
11.42	33,985	29,6	4,385
11.43	34,005	29,9	4,105
11.44	34,225	29,9	4,325
11.45	34,205	29,9	4,305
11.46	34,035	29,8	4,235
11.47	34,185	29,9	4,285
11.48	34,025	29,6	4,425
11.49	34,045	29,5	4,545
11.50	32,975	29,6	3,375
11.51	32,885	29,7	3,185
11.52	32,695	29,9	2,795
11.53	32,515	29,9	2,615



11.54	32,585	29,8	2,785
11.55	32,765	29,7	3,065
11.56	33,115	29,5	3,615
11.57	33,585	29,5	4,085
11.58	34,075	29,4	4,675
11.59	34,165	29,6	4,565
12.00	34,405	29,5	4,905
12.01	34,135	29,6	4,535
12.02	34,425	29,7	4,725
12.03	34,165	30,0	4,165
12.04	33,495	30,0	3,495
12.05	33,645	29,9	3,745
12.06	33,575	29,8	3,775

Hasil monitoring kelembapan ditampilkan pada tabel 3. Didapatkan nilai rata-rata koreksi suhu sebesar -5,49%, dengan nilai koreksi terbesar 0,46% dan nilai koreksi terkecil -11,05%. Selisih antara nilai terbesar dan terkecil dari hasil pengukuran kelembapan BME280 dengan AWS sebesar -4,24%, dengan pembacaan terbesar kelembapan pada sensor BME280 adalah 71,76% dan pembacaan terbesar AWS yang memiliki nilai 76%, serta nilai pembacaan terkecil pada sensor adalah 64,46%, dengan nilai pembacaan terkecil AWS adalah 68,70%.

Tabel 3. Hasil monitoring kelembapan

Waktu	Hasil pembacaan terkalibrasi (%)	Pembacaan data suhu AWS (%)	Koreksi dengan AWS (%)
11.36	67,67	74,9	-7,23
11.37	68,39	74,1	-5,71
11.38	65,91	73,9	-7,99
11.39	66,13	74,6	-8,47
11.40	66,13	75,4	-9,27
11.41	67,46	72,2	-4,74
11.42	65,63	71,9	-6,27
11.43	65,35	74,6	-9,25
11.44	68,45	75,7	-7,25
11.45	66,07	75,1	-9,03
11.46	65,71	74,9	-9,19
11.47	64,95	76,0	-11,05
11.48	65,53	75,2	-9,67
11.49	64,46	73,7	-9,24
11.50	69,28	72,4	-3,12
11.51	70,58	71,8	-1,22
11.52	68,36	72,3	-3,94
11.53	70,29	73,3	-3,01
11.54	71,76	73,1	-1,34
11.55	70,92	72,7	-1,78
11.56	67,77	72,8	-5,03
11.57	67,90	73,7	-5,80
11.58	66,50	72,7	-6,20



11.59	66,07	74,0	-7,93
12.00	69,16	68,7	0,46
12.01	68,26	68,9	-0,64
12.02	67,40	69,1	-1,70
12.03	67,09	70,9	-3,81
12.04	66,32	73,6	-7,28
12.05	71,08	71,6	-0,52
12.06	69,21	72,4	-3,19

Hasil perbandingan antara pembacaan tekanan sensor BME280 dengan sensor pada AWS ditampilkan pada tabel 4. Didapatkan nilai rata-rata selisih antara pengukuran tekanan sensor dengan AWS sebesar 1,65 hPa, dengan nilai koreksi terkecil 1,02 hPa dan nilai koreksi terbesar 2,33 hPa. Nilai pembacaan terbesar tekanan pada sensor BME280 adalah 1010,53 hPa, memiliki koreksi sebesar 1,63 hPa jika dibandingkan dengan pembacaan terbesar pada AWS yang memiliki nilai pembacaan maksimal 1008,90 hPa, sedangkan nilai pembacaan terkecil adalah 1009,92 hPa, memiliki selisih sebesar 1,72 hPa dengan nilai pembacaan terkecil AWS yaitu 1008,2 hPa.

Tabel 4. Hasil monitoring tekanan

Waktu	Hasil pembacaan terkalibrasi (hPa)	Pembacaan data suhu AWS (hPa)	Koreksi dengan AWS (hPa)
11.36	1010,53	1008,2	2,33
11.37	1010,52	1008,2	2,32
11.38	1010,47	1008,2	2,27
11.39	1010,44	1008,2	2,24
11.40	1010,44	1008,3	2,14
11.41	1010,45	1008,3	2,15
11.42	1010,39	1008,4	1,99
11.43	1010,37	1008,4	1,97
11.44	1010,30	1008,4	1,90
11.45	1010,28	1008,4	1,88
11.46	1010,27	1008,4	1,87
11.47	1010,20	1008,5	1,70
11.48	1010,20	1008,5	1,70
11.49	1010,19	1008,5	1,69
11.50	1010,24	1008,5	1,74
11.51	1010,25	1008,5	1,75
11.52	1010,22	1008,6	1,62
11.53	1010,17	1008,6	1,57
11.54	1010,12	1008,6	1,52
11.55	1010,12	1008,6	1,52
11.56	1010,12	1008,6	1,52
11.57	1010,10	1008,7	1,40
11.58	1010,01	1008,7	1,31
11.59	1009,98	1008,7	1,28



12.00	1010,00	1008,8	1,20
12.01	1009,93	1008,8	1,13
12.02	1009,95	1008,8	1,15
12.03	1009,94	1008,8	1,14
12.04	1009,95	1008,8	1,15
12.05	1009,94	1008,8	1,14
12.06	1009,92	1008,9	1,02

Hasil komparasi suhu air laut pada sensor DS18B20 dengan AWS ditampilkan pada tabel 5. Didapatkan nilai rata-rata koreksi suhu sebesar $1,66^{\circ}\text{C}$, dengan nilai koreksi terkecil $1,26^{\circ}\text{C}$ dan nilai koreksi terbesar $2,07^{\circ}\text{C}$. Nilai pembacaan terbesar suhu pada sensor DS18B20 adalah $33,67^{\circ}\text{C}$ dan pembacaan terkecil adalah $32,86^{\circ}\text{C}$, memiliki selisih pada pembacaan terkecil dan terbesar masing-masing sebesar $1,26^{\circ}\text{C}$ dan $2,07^{\circ}\text{C}$ dengan pengukuran suhu air laut AWS adalah $31,6^{\circ}\text{C}$.

Tabel 5. Hasil pengukuran suhu air laut

Waktu	Hasil pembacaan terkalibrasi ($^{\circ}\text{C}$)	Pembacaan data suhu AWS ($^{\circ}\text{C}$)	Koreksi dengan AWS ($^{\circ}\text{C}$)
11.36	32,861	31,6	1,261
11.37	32,861	31,6	1,261
11.38	32,861	31,6	1,261
11.39	33,051	31,6	1,451
11.40	33,051	31,6	1,451
11.41	32,981	31,6	1,381
11.42	33,111	31,6	1,511
11.43	33,111	31,6	1,511
11.44	33,301	31,6	1,701
11.45	33,481	31,6	1,881
11.46	33,481	31,6	1,881
11.47	33,421	31,6	1,821
11.48	33,551	31,6	1,951
11.49	33,671	31,6	2,071
11.50	33,481	31,6	1,881
11.51	33,551	31,6	1,951
11.52	33,361	31,6	1,761
11.53	33,231	31,6	1,631
11.54	33,051	31,6	1,451
11.55	33,111	31,6	1,511
11.56	33,111	31,6	1,511
11.57	33,051	31,6	1,451
11.58	33,301	31,6	1,701
11.59	33,361	31,6	1,761
12.00	33,231	31,6	1,631
12.01	33,361	31,6	1,761
12.02	33,421	31,6	1,821
12.03	33,481	31,6	1,881
12.04	33,481	31,6	1,881



12.05	33,421	31,6	1,821
12.06	33,481	31,6	1,881

Hasil pengujian kecepatan angin ditampilkan pada tabel 6. Didapatkan nilai rata-rata koreksi kecepatan angin sebesar 0,24 m/s, dengan nilai koreksi terkecil 0,59 m/s dan nilai koreksi terbesar 1,48 m/s. Nilai pembacaan terbesar pada anemometer kapal adalah 3,92 m/s, memiliki koreksi sebesar 0,38 m/s jika dibandingkan dengan pembacaan terbesar pada anemometer AWS yang memiliki nilai pembacaan maksimal 3,60 m/s. Nilai pembacaan terkecil dari anemometer pada kapal adalah 2,4 m/s, memiliki selisih sebesar 0,3 dengan nilai pembacaan terkecil AWS yaitu 2,1 m/s.

Tabel 6. Hasil pengukuran kecepatan angin

Waktu	Hasil pembacaan terkalibrasi (m/s)	Pembacaan data suhu AWS (m/s)	Koreksi dengan AWS (m/s)
11.36	2,859	3,2	-0,341
11.37	2,739	3,1	-0,361
11.38	3,249	3,0	0,249
11.39	3,199	3,0	0,199
11.40	3,199	3,4	-0,201
11.41	2,739	3,0	-0,261
11.42	2,689	3,2	-0,511
11.43	2,859	3,1	-0,241
11.44	2,409	2,8	-0,391
11.45	2,629	2,8	-0,171
11.46	2,909	2,9	0,009
11.47	2,859	2,7	0,159
11.48	2,859	3,0	-0,141
11.49	2,909	3,5	-0,591
11.50	3,029	3,6	-0,571
11.51	2,909	2,8	0,109
11.52	3,079	2,7	0,379
11.53	3,199	2,6	0,599
11.54	3,029	3,2	-0,171
11.55	3,709	2,8	0,909
11.56	3,309	2,7	0,609
11.57	3,649	2,7	0,949
11.58	3,199	2,5	0,699
11.59	3,139	3,0	0,139
12.00	3,369	2,5	0,869
12.01	3,249	2,3	0,949
12.02	3,589	2,1	1,489
12.03	3,369	2,5	0,869
12.04	3,989	3,0	0,989
12.05	3,369	3,0	0,369
12.06	3,539	2,6	0,939



4. Simpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, telah dirancang *rover* yang dibuat menggunakan material polyfoam dan kayu balsa yang dilapisi dengan kertas fiber serta casting resin, dan kontrol *rover* menggunakan motor 2150 KV dengan kapasitas baterai 4S 5000 mAh, serta kapal dapat melaju dengan kecepatan 1,3 m/s. Sistem monitoring telah dapat mengambil data meteorologi maritim berupa data suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, suhu permukaan air, dan kecepatan angin dengan nilai koreksi rata-rata suhu udara 4,06°C, kelembapan udara 4,26%, tekanan udara 1,66 hPa, kecepatan angin 0,28 m/s, dan suhu air laut 1,30°C. Penelitian ini kedepannya perlu dirancang dengan dengan sensor yang lebih baik untuk pengamatan yang lebih akurat, serta dapat menambahkan fungsi kamera sebagai pengamatan awan, visibilitas, ataupun fungsi lainnya yang dapat menggunakan *image processing* atau *artificial neural network*.

Daftar Pustaka

- Acharya, R. (2021). *World Meteorological Organisation Voluntary Observing Ships Scheme (VOS): An Overview*, 14 (1), 1–17.
- Ahvenjärvi, S. (2017). The Human Element and Autonomous Ships. *TransNav, Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp.*, 10(3), 517–521. doi: 10.12716/1001.10.03.18.
- Araki, M. (2003). "PID Control," *Control Syst. Robot. Autom.*, (2).
- Devionita, S., Thoha S., & Subur, J. (2020). Rancang Bangun Kontrol Pergerakan Posisi Kapal dengan Sistem Waypoint Berbasis GPS Menggunakan Metode PID. *Media Elektr.*, 13(2), 89–99.
- Kent, E.C., Berry, D.I., Woodruff, S.D., & Taylor, P.K. (2006). Voluntary Observing Ships: A Vital Marine Observing System in Decline. *CLIVAR Exch.*, 11(3), 20–21.
- NOAA. (2010). *National Weather Service Observing Handbook No. 1*.
- Situmeang, D.B.V. (2018). Rancang Bangun Remote Controlled Boat Untuk Pengukuran Parameter Meteorologi Maritim, *Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*.
- WMO. (2018). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, 3(8).
- WMO. (2018). *Guide to Instruments and Methods of Observation Volume*, 1(8).