



Rancang Bangun Sistem Pengukur Arus dan Suhu Permukaan Laut *Portable* Berbasis *Internet of Things*

Design and Development of a Portable Internet of Things-based Current and Sea Surface Temperature Measurement System

Leo Gumalto Butarbutar^{1*}, Djoko Prabowo², Immanuel Jhonson A Saragih³

¹Stasiun Meteorologi Tarempa – Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Hang Tuah No. 10, Tarempa, Kecamatan Siantan, Kabupaten Kepulauan Anambas, Kepulauan Riau, 29791

²Sekolah Tinggi Meteorologi dan Geofisika (STMKG), Jl. Perhubungan I No. 5, Kecamatan Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, 15221

³Stasiun Meteorologi Kualanamu – Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Tengku Heran No. 119, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, 20552

*Email: leogumalto@gmail.com

Naskah Masuk: 09 April 2023 | Naskah Diterima: 28 Mei 2023 | Naskah Terbit: 10 Juni 2023

Abstrak. Lautan merupakan aset penting dalam ekonomi dan lingkungan hidup. Monitoring dan pemahaman yang baik terhadap kondisi laut diperlukan untuk menjaga keberlanjutan ekosistem dan keamanan sumber daya kelautan. Pengukuran arus dan suhu permukaan laut menjadi informasi penting dalam pemodelan dan pemahaman lingkungan laut. Penelitian saat ini fokus pada pengembangan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut *portable* berbasis *Internet of Things* (IoT). Alat pengamatan permukaan laut seperti sea glider mahal dan berat, sedangkan *buoy* tidak *portable*. Penelitian ini merancang sistem sederhana berbasis IoT dengan sensor dan Minimum Sistem Arduino Mega 2560. Alat ini efektif dalam mengukur kecepatan dan arah arus, suhu permukaan laut, serta mendeteksi koordinat lokasi pengukuran. Data pengukuran dikirim secara nirkabel dan real – time ke aplikasi *ThingView*. Data ini digunakan untuk memverifikasi hasil prakiraan model *Ocean Forecast System* (OFS), meningkatkan layanan maritim BMKG. Desain alat ringkas mempermudah pengguna dalam memperoleh data arus dan suhu permukaan laut secara langsung. Alat ini memiliki resolusi lebih baik daripada OFS, dengan resolusi pengukuran kecepatan arus permukaan laut sekitar 0.02 cm/s dan suhu permukaan laut sekitar 0.0625°C, sedangkan OFS memiliki resolusi masing – masing 5 cm/s dan 2.0°C.

Kata Kunci: Sistem Pengukur *Portable*, *Internet of Things*

Abstract. The ocean plays a vital role in both the economy and the environment. Monitoring and understanding its conditions are crucial for preserving marine ecosystems and ensuring the security of marine resources. Measuring ocean currents and surface temperatures provides essential information for environmental modeling. Current research focuses on developing a portable *Internet of Things* (IoT) system for measuring ocean currents and surface temperatures. Traditional observation tools like sea gliders are expensive and bulky, while buoys lack portability. This study presents a simple IoT-based system utilizing sensors and the Arduino Mega 2560 microcontroller. The device effectively measures current speed, direction, surface temperature, and detects location coordinates. Measurement data is wirelessly transmitted in real-time to the *ThingView* application. These data serve to verify the *Ocean Forecast System* (OFS) model and improve the maritime services offered by the Indonesian

Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG). The device's compact design facilitates direct acquisition of current and surface temperature data. It exhibits higher resolution than the OFS model, with current speed measurement resolution around 0.02 cm/s and surface temperature measurement resolution around 0.0625°C, while the OFS has resolutions of 5 cm/s and 2.0°C, respectively.

Keywords: *Portable Measurements System, Internet of Things*

Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang mayoritas wilayahnya terdiri dari laut, mencapai dua pertiga dari total luasnya. Menurut Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS) tahun 1982, luas wilayah laut Indonesia sekitar 5.900.000 km². Wilayah tersebut terdiri dari perairan teritorial seluas 3.200.000 km² dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) seluas 2.700.000 km². Selain luasnya, laut Indonesia juga memiliki posisi strategis di antara dua benua, yaitu Asia dan Australia, serta dua samudera, yaitu Pasifik dan Hindia. Oleh karena itu, laut Indonesia menjadi jalur transportasi internasional yang penting ^[1]. Dalam konteks ini, situasi tersebut dapat diinterpretasikan sebagai suatu potensi yang dapat dimanfaatkan oleh Indonesia dalam upayanya untuk menjadi poros maritim global ^[2]. Untuk mencapai tujuan ini penting untuk mempertimbangkan sifat – sifat lautnya, termasuk karakteristik arus dan suhu permukaan laut. Monitoring dan pemahaman yang baik terhadap kondisi laut menjadi krusial untuk menjaga keberlanjutan ekosistem laut dan memastikan keamanan sumber daya kelautan. Dalam upaya ini, sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut portable berbasis *Internet of Things* (IoT) telah menjadi fokus penelitian yang menarik.

Menurut Undang – Undang No. 31 Tahun 2009 (2009), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) ^[3] merupakan lembaga pemerintah yang memiliki tanggung jawab untuk melakukan pemantauan aspek meteorologi dan klimatologi di wilayah laut. Saat ini, BMKG memperoleh data parameter arus dan suhu permukaan laut di tingkat nasional melalui penggunaan data satelit, permodelan, dan *current meter*. Untuk memperoleh estimasi dan prakiraan yang akurat mengenai arus dan suhu laut, hasil dari permodelan ini perlu diverifikasi melalui penggunaan data observasi in – situ ^[4], seperti penggunaan alat *sea glider* dan *buoy* ^{[5], [6]}. Namun, pengamatan mengenai arus dan suhu permukaan laut saat ini menghadapi kendala terkait keterbatasan peralatan, terutama dalam hal biaya yang mahal (dapat mencapai puluhan ribu hingga ratusan ribu dolar AS) serta bobotnya yang cukup berat. Selain itu, *buoy* sebagai alternatif tidak bersifat *portable* dan ditempatkan secara permanen pada satu titik pengamatan.

Sebelumnya, telah ada berbagai penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut. Penelitian – penelitian tersebut mengusulkan penggunaan alat berbasis akustik atau inframerah untuk mengukur arus laut dan suhu permukaan laut. Namun, kebanyakan dari sistem – sistem ini memiliki kendala, seperti mahal, sulit dioperasikan, dan tidak portabel. Selain itu, sistem – sistem tersebut juga memiliki keterbatasan dalam hal konektivitas dan komunikasi data secara real-time. Dalam beberapa tahun terakhir ^{[7]-[9]}, kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan peluang baru dalam pengembangan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut. IoT memungkinkan pengumpulan data secara otomatis dan real – time melalui jaringan yang terhubung, sehingga memudahkan pemantauan laut secara lebih efisien. Beberapa penelitian terbaru telah mengusulkan rancangan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut yang portabel berbasis IoT. Sistem ini biasanya terdiri dari sensor pengukur arus dan suhu yang terintegrasi dengan modul komunikasi nirkabel untuk mentransfer data ke pusat kontrol. Keunggulan portabilitas sistem ini memungkinkan penempatan dan pemindahan yang mudah di berbagai lokasi.

Namun, walaupun terdapat penelitian – penelitian terbaru dalam pengembangan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut *portable* berbasis IoT, masih ada beberapa permasalahan yang perlu diatasi. Salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan adalah daya tahan baterai yang terbatas, terutama ketika sistem ditempatkan di lokasi yang sulit dijangkau. Selain itu, keakuratan pengukuran arus dan suhu serta ketahanan sistem terhadap kondisi lingkungan yang keras, seperti suhu ekstrem, tekanan, dan kelembaban, juga menjadi tantangan yang harus diatasi. Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut yang sederhana dan *portable* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan beberapa sensor, seperti sensor LM393, sensor HMC5883L, dan sensor DS18B20, yang terintegrasi dengan Minimum Sistem Arduino Mega 2560. Data pengukuran oleh alat hasil rancangan akan dibandingkan dengan hasil prakiraan model *Ocean Forecast System* – Pusat Meteorologi Maritim BMKG (BMKG – OFS).

Metode Penelitian

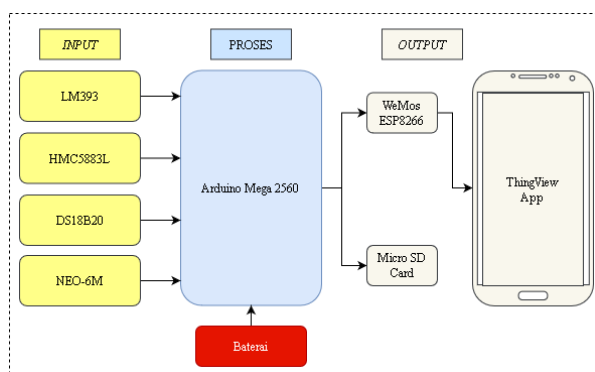
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan dua tahap, yaitu perancangan sistem dan implementasi sistem. Perancangan sistem merujuk pada proses pembuatan desain yang bertujuan untuk memfasilitasi pembuatan alat ^{[10]–[15]}. Tahap perancangan sistem terdiri dari dua aspek, yakni perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sementara itu, tahap implementasi sistem dilakukan untuk mewujudkan rancangan yang telah dibuat. Pengukuran implementasi sistem dilakukan terhadap komponen *hardware* dan *software*.

a. Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan perangkat keras, dilakukan pemilihan komponen yang sesuai dengan kebutuhan, perakitan sistem, dan penempatan komponen agar sistem dapat beroperasi secara optimal.

Blok Diagram

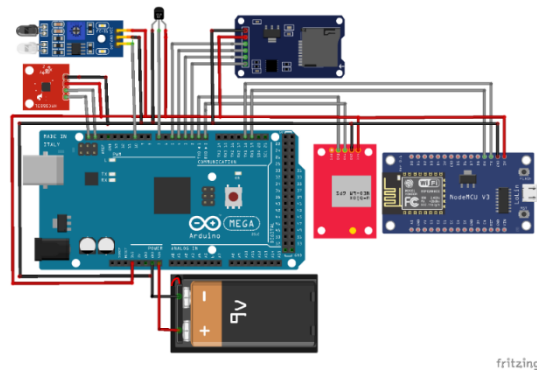
Pada Gambar 1 terlihat bahwa sistem yang dikembangkan terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *input*, *proses*, dan *output*. Komponen *input* meliputi LM393, HMC5883L, DS18B20, dan NEO – 6M. Dalam penelitian ini, LM393 digunakan sebagai pemroses sinyal dari sensor – sensor yang terhubung, serta membantu membandingkan dan mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang dapat diproses lebih lanjut. HMC5883L digunakan untuk menentukan arah pergerakan arus laut melalui dengan mengukur perubahan medan magnetik di sekitar sensor. DS18B20 digunakan untuk pengukuran suhu permukaan laut dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sedangkan NEO – 6M digunakan untuk mendapatkan informasi lokasi dan waktu pengukuran dengan presisi tinggi. Proses akuisisi data dilakukan menggunakan Minsis Arduino Mega 2560. Output dari sistem berupa data yang disimpan pada Micro SD Card dan data *online* yang dikirim melalui *cloud server* melalui koneksi GSM ke aplikasi *ThingView* yang terpasang pada *smartphone* pengamat (observer).



Gambar 1. Blok diagram perancangan sistem

Perancangan Sistem Elektronik

Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan sistem elektronik untuk mengintegrasikan komponen-komponen elektronik yang digunakan dalam sistem. Sensor seperti LM393, HMC5883L, DS18B20, modul GPS NEO – 6M, Minsis Arduino Mega 2560, *micro SD card adapter*, WeMos ESP8266, dan baterai dihubungkan menggunakan kabel *female to female*. Rangkaian skematik sistem elektronik dapat dilihat pada Gambar 2.

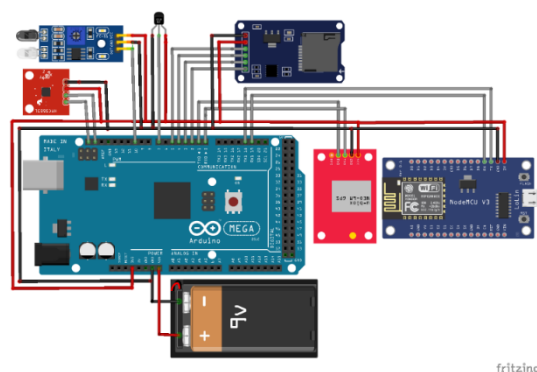


Gambar 2. Rangkaian skematik sistem elektronik

b. Perancangan Perangkat Lunak

Pembuatan *Web Server*

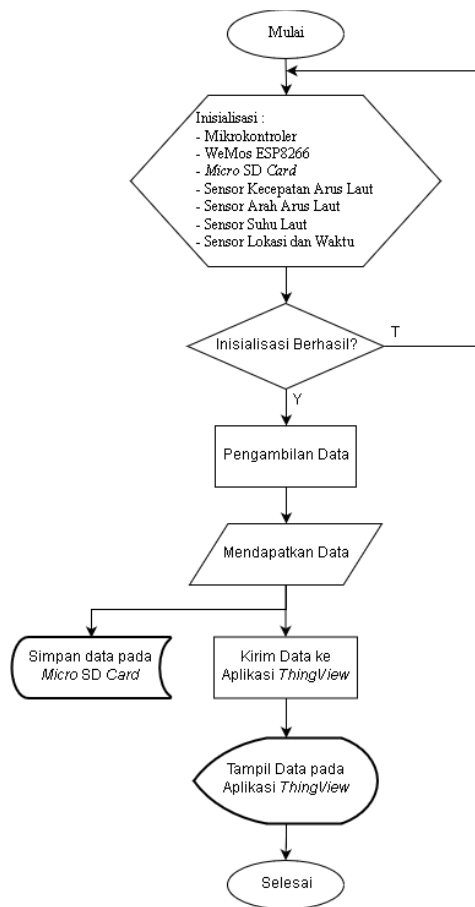
Perancangan perangkat lunak melibatkan pembuatan *web server* agar data dapat diakses melalui aplikasi *ThingView* menggunakan *smartphone* [13]. Aplikasi *ThingView* merupakan aplikasi *Android Google Play* yang tersedia gratis dengan sejumlah fitur dasar yang dapat digunakan oleh pengguna. Namun, untuk mengakses fitur – fitur tambahan atau canggih, pengguna harus membayar atau berlangganan layanan premium. *Web server* dibuat menggunakan platform *Thingspeak*. Setiap *channel* pada *Thingspeak* diberikan ID dan API KEY yang digunakan dalam pemrograman Arduino IDE. ID dan API KEY tersebut juga digunakan untuk mengakses *channel* melalui aplikasi *ThingView* pada *smartphone*. Gambar 3 menunjukkan tampilan saat pengaksesan *channel* melalui aplikasi *ThingView* melalui *smartphone*.



Gambar 3. Tampilan saat pengaksesan *channel* melalui *ThingView*

Diagram Alir Sistem

Dalam penelitian ini, sistem telah dirancang dengan menggunakan diagram alur atau *flowchart*. Pembuatan *flowchart* tersebut bertujuan untuk memudahkan proses pemrograman pada mikro – kontroler. Diagram alur sistem dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Diagram alir sistem yang digunakan dalam penelitian ini

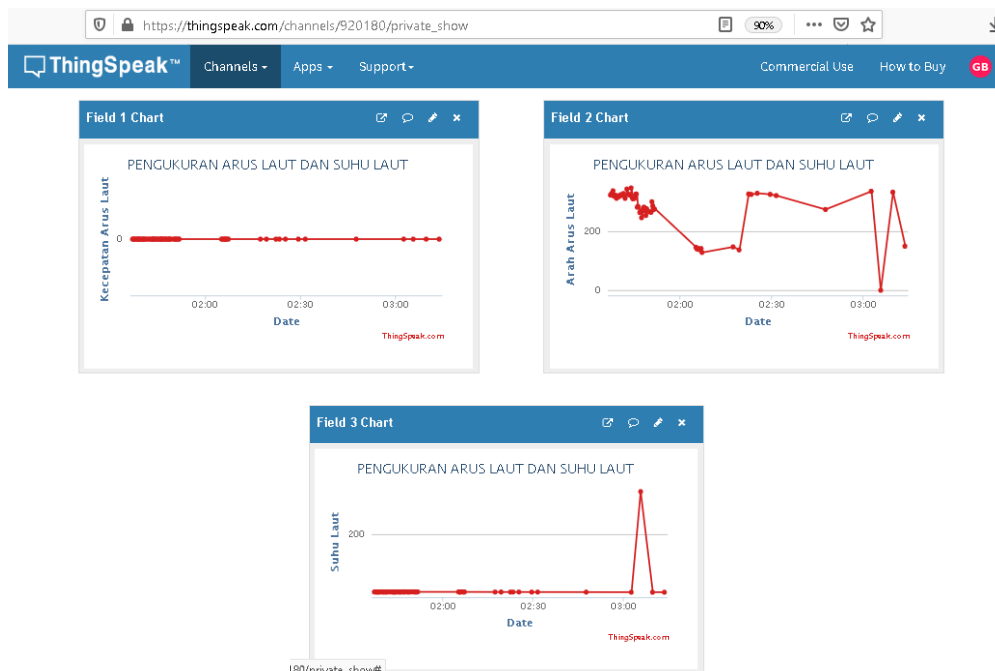
Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan tahap pelaksanaan dari desain perangkat keras yang digunakan dalam sistem pengukuran arus laut dan suhu laut [15]. Pada tahap implementasi perangkat keras, dilakukan pembuatan fisik *housing*, pemasangan komponen – komponen pada *housing*, dan penyambungan antar komponen. Gambar 5 menampilkan hasil dari desain sistem elektronik. Terlihat bahwa komponen – komponen elektronik dirangkai pada papan *circuit* dengan ukuran sekecil mungkin (sesuai dengan lebar *board* Arduino Mega 2560) untuk memastikan rangkaian sistem elektronik dapat dimasukkan ke dalam *housing* dengan ukuran minimalis [14].



Gambar 5. Impelentasi sistem elektronik

c. Implementasi Perangkat Lunak



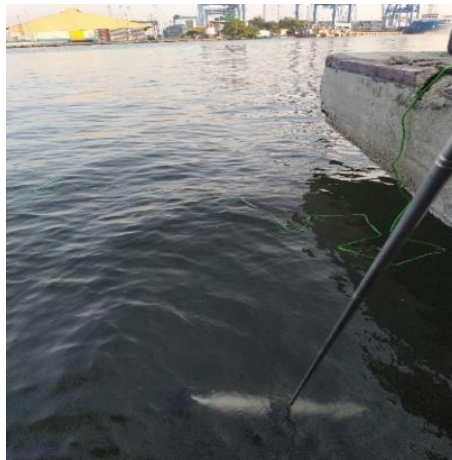
Gambar 6. Impelentasi sistem perangkat lunak *website*



Gambar 7. Impelentasi sistem perangkat lunak aplikasi

Implementasi perangkat lunak adalah tahap pelaksanaan dari desain perangkat lunak yang digunakan dalam sistem pengukuran arus laut dan suhu laut [15]. Hasil dari desain perangkat lunak ditampilkan melalui *Thingspeak*, baik dalam bentuk *website* maupun aplikasi. Gambar 6 menunjukkan hasil implementasi pada *website*, sementara Gambar 7 menunjukkan hasil akhir perangkat lunak pada aplikasi *ThingView*. Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan tampilan dari hasil implementasi sistem pengukuran menggunakan *platform* IoT *Thingspeak*, yang menampilkan informasi tentang kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut.

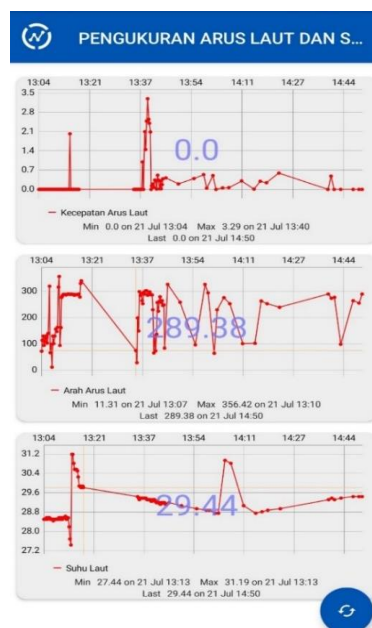
Hasil dan Pembahasan



Gambar 8. Situasi saat persiapan dan proses pengukuran kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut di perairan Tanjung Priok

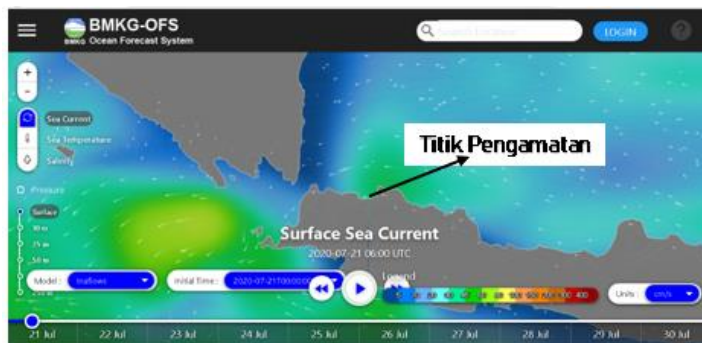
Alat pengukur arus dan suhu laut dalam penelitian ini didesain dengan tujuan untuk melakukan verifikasi terhadap hasil pemodelan dan prakiraan arus dan suhu laut oleh *Ocean Forecast System* – Pusat Meteorologi Maritim BMKG (BMKG – OFS). Uji lapangan dilakukan pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 13.45 *Local Time* (LT = Waktu Indonesia bagian Barat atau WIB, UTC+7) (06.45 UTC) di Pulau Pondok Dayung, dermaga Pusdik Polair Tanjung Priok (dekat AWS Stasiun Meteorologi Tanjung Priok), dengan kedalaman 1 m dari permukaan laut (Gambar 8). Koordinat yang digunakan sesuai dengan data yang diperoleh dari pendeteksian Neo – 6m pada alat yaitu pada titik 6°06'01.1"LS 106°52'37.2"BT.

Gambar 9 menunjukkan tampilan hasil pengukuran kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut di perairan Tanjung Priok. Data pengukuran ditampilkan secara real – time pada smartphone melalui aplikasi ThingView dalam bentuk tiga grafik time – series untuk masing-masing parameter, yaitu kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut.



Gambar 9. Tampilan hasil pengukuran kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut

a. Verifikasi Kecepatan Arus Laut



Gambar 10. Peta prakiraan kecepatan arus permukaan laut dari BMKG-OFS

Verifikasi kecepatan arus laut dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan model *Interactive Maps Surface Sea Current Ocean Forecasting System* (BMKG – OFS) pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 13.00 LT (atau 06.00 UTC) dengan pengukuran langsung menggunakan alat yang dirancang pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 13.45 – 14.04 LT. Gambar 10 menampilkan model prakiraan kecepatan dan arah arus laut pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 06.00 UTC dari BMKG – OFS.

Tabel 1. Koefisien data hasil pengamatan kecepatan arus permukaan laut

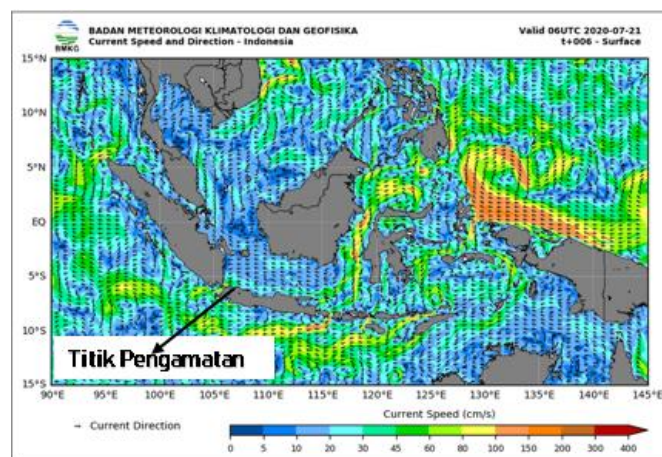
Pengukuran ke-	Waktu Pengamatan (LT)	Kecepatan (m/s)
1	13.45	0.38
2	13.46	0.41
3	13.47	0.56
4	13.48	0.34
5	13.49	0.27
6	13.50	0.42
7	13.51	0.30
8	13.52	0.28
9	13.53	0.34
10	13.54	0.23
11	13.55	0,38
12	13.56	0.50
13	13.57	0.57
14	13.58	0.52
15	13.59	0.03
16	14.00	0.62
17	14.01	0.50
18	14.02	0.21
19	14.03	0.15
20	14.04	0.04

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa nilai rata – rata pengukuran kecepatan arus permukaan laut sesuai dengan pemodelan arus laut BMKG – OFS adalah 0.3525 m/s. Nilai tersebut berada dalam rentang kecepatan arus model *Ocean Forecasting System* (OFS), yaitu antara 30 hingga 45 cm/s. Oleh karena itu, secara umum, hasil pemodelan (estimasi) dapat dikatakan sesuai dengan hasil pengukuran langsung (observasi). Nilai terkecil yang terbaca adalah 0.03 m/s, sedangkan nilai terbesar adalah 0.62 m/s. Namun, nilai terkecil dan terbesar yang terbaca pada alat tidak sesuai dengan hasil pemodelan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh faktor lingkungan sekitar terhadap alat yang dirancang, karena lokasi pengukuran merupakan daerah perlintasan kapal, sementara pemodelan tidak dapat menggambarkan anomali tersebut karena pemodelan hanya diperbarui setiap 3 jam. Alat yang dirancang ini menghasilkan pengukuran kecepatan arus laut dengan resolusi mencapai 0.02 cm/s.



b. Verifikasi Arah Arus Laut

Verifikasi arah arus laut dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan model *Static Visualization Surface Sea Current Ocean Forecasting System* (BMKG – OFS) pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 06.00 UTC dengan pengukuran langsung menggunakan alat yang dirancang pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 13.45 – 14.04 LT. Gambar 11 menampilkan model prakiraan kecepatan dan arah arus laut pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 06.00 UTC berdasarkan peta *Static Visualization* prakiraan arus laut permukaan dari BMKG – OFS. Dalam peta tersebut, terlihat bahwa di perairan Tanjung Priok (koordinat 6°06'01.1"LS 106°52'37.2"BT), tanda panah mengarah ke barat, menunjukkan bahwa arus permukaan diperkirakan akan menuju arah barat, sekitar 270°.



Gambar 11. Peta prakiraan arah arus permukaan laut dari BMKG – OFS

Tabel 2. Koefisien data hasil pengamatan arah arus permukaan laut

Pengukuran ke-	Waktu Pengamatan (LT)	Arah (°)
1	13.45	83.52
2	13.46	326
3	13.47	141
4	13.48	267
5	13.49	320
6	13.50	258
7	13.51	272
8	13.52	283
9	13.53	302
10	13.54	105
11	13.55	96
12	13.56	111
13	13.57	291
14	13.58	326
15	13.59	294
16	14.00	28
17	14.01	63
18	14.02	229
19	14.03	279
20	14.04	275

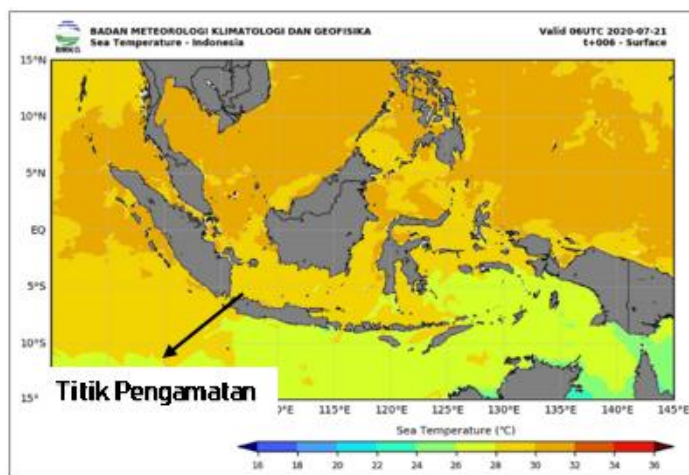
Tabel 2 berisi data arah arus laut hasil pengukuran langsung di perairan Tanjung Priok menggunakan alat yang dirancang. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata arah arus laut yang terukur pada pukul 13.45 – 14.04 LT adalah sekitar 217.476°. Pembacaan terkecil pada arah adalah 28°, sementara pembacaan terbesar pada arah adalah 326°. Berdasarkan nilai rata – rata pengukuran, dapat diketahui bahwa arah arus permukaan laut di koordinat 6°06'01.1"LS 106°52'37.2"BT sesuai dengan pemodelan



arus laut BMKG – OFS, yang menunjukkan arah yang relatif menuju barat. Selisih antara hasil pemodelan OFS dan pengukuran disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk peta prakiraan yang hanya menggunakan tanda panah dan tidak dapat menunjukkan koordinat yang tepat untuk legenda – legenda yang ada (data dalam bentuk *grid*), serta pengaruh lingkungan sekitar terhadap alat yang dirancang karena lokasi pengukuran merupakan daerah perlintasan kapal.

c. Verifikasi Suhu Permukaan Laut

Verifikasi prakiraan suhu permukaan laut dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan model *Static Visualization Surface Temperature Ocean Forecasting System* (BMKG – OFS) pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 06.00 UTC dengan pengukuran langsung menggunakan alat yang dirancang pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 13.45 – 14.04 WIB. Gambar 12 menampilkan model prakiraan suhu permukaan laut pada tanggal 21 Juli 2020 pukul 06.00 UTC, yang menunjukkan suhu permukaan laut dengan warna kuning. Warna kuning mengindikasikan bahwa di perairan Tanjung Priok (koordinat: 6°06'01.1"LS 106°52'37.2"BT), suhu permukaan laut diperkirakan berkisar antara 28 – 30°C.



Gambar 12. Peta prakiraan suhu permukaan laut dari BMKG – OFS

Tabel 3. Koefisien data hasil pengamatan suhu permukaan laut

Pengukuran ke–	Waktu Pengamatan (LT)	Suhu (°C)
1	13.45	29.137
2	13.46	29.187
3	13.47	29.125
4	13.48	29.062
5	13.49	29.125
6	13.50	29.062
7	13.51	29.062
8	13.52	29.000
9	13.53	29.000
10	13.54	29.000
11	13.55	28.937
12	13.56	28.937
13	13.57	28.875
14	13.58	28.875
15	13.59	28.875
16	14.00	28.875
17	14.01	28.750
18	14.02	28.750
19	14.03	31.000
20	14.04	30.937



Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa suhu permukaan laut di koordinat 6°06'01.1"LS 106°52'37.2"BT memiliki nilai rata – rata sekitar 29.17855°C, dengan nilai terkecil 28.750°C dan nilai terbesar 31.0°C. Data tersebut menunjukkan bahwa secara umum prakiraan suhu permukaan laut hasil pemodelan sesuai dengan pengukuran langsung menggunakan alat yang dirancang. Namun, pada pukul 14.03 LT, pembacaan alat menghasilkan data anomali yang melebihi nilai maksimal hasil pemodelan OFS. Hal ini disebabkan oleh adanya kapal yang mendekat di lokasi pengamatan, yang menyebabkan kenaikan suhu air laut secara lokal. Satelit tidak dapat mendeteksi perubahan kecil tersebut. Alat yang dirancang ini menghasilkan pengukuran suhu permukaan laut dengan resolusi mencapai 0.0625°.

Kesimpulan

Alat pengukur arus dan suhu permukaan laut yang telah dirancang dan dibuat dalam penelitian ini membawa kontribusi signifikan dalam pemantauan lingkungan laut. Melalui tahap perancangan dan pengujian, alat ini terbukti mampu mengukur parameter penting seperti kecepatan arus, arah arus, dan suhu permukaan laut pada lapisan permukaan. Kemampuan alat untuk mendeteksi koordinat lokasi pengukuran juga memperkaya informasi spasial yang diperoleh. Pentingnya pengiriman data secara nirkabel dan *real – time* diakomodasi melalui aplikasi *ThingView*, memungkinkan pengguna untuk mengakses dan menganalisis data pengukuran dengan cepat dan efisien. Data yang dihasilkan oleh alat ini memiliki nilai penting sebagai data pembandingan untuk memverifikasi hasil prakiraan dari model *Ocean Forecast System* (OFS) BMKG. Melalui perbandingan ini, layanan maritim BMKG dapat ditingkatkan dengan pembaruan dan validasi yang lebih akurat.

Desain alat yang ringkas dan portabel memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memperoleh data arus dan suhu permukaan laut langsung di lapangan. Dengan resolusi pengukuran kecepatan arus permukaan laut sebesar 0.02 cm/s dan resolusi pengukuran suhu permukaan laut sebesar 0.0625°C, alat ini menawarkan tingkat presisi yang lebih tinggi daripada model *Ocean Forecast System* (OFS) BMKG yang memiliki resolusi informasi kecepatan arus dan suhu permukaan laut masing-masing sebesar 5 cm/s dan 2°C. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem pengukur arus dan suhu permukaan laut berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam konteks pengelolaan dan pemantauan lingkungan laut, alat ini memberikan informasi yang berharga dan dapat digunakan untuk analisis lanjutan, pemodelan, dan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam berbagai aplikasi maritim dan penelitian kelautan.

Saran

Untuk pengembangan ke depan, sistem ini dapat ditingkatkan agar kinerja dan kualitas perancangan dapat lebih optimal. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah melakukan uji sensitivitas respon desain *propeller* terhadap pergerakan partikel air laut menggunakan *Computational Fluid Dynamic*. Perlu dikembangkan verifikasi alat pada periode waktu yang lebih panjang di wilayah laut dalam (menganalisis bahwa data OFS lebih representatif di laut dalam). Selain itu, sistem komunikasi juga perlu ditingkatkan agar dapat mencakup seluruh wilayah perairan laut. Pembuatan *website* khusus yang lebih interaktif sesuai dengan kebutuhan pengguna juga menjadi hal yang perlu dipertimbangkan. Dalam hal pengamatan kedalaman air, perlu meningkatkan ketahanan sistem *housing* dan kemampuan sistem elektronik. Selain itu, komponen – komponen elektronik sebaiknya dilapisi dengan silikon agar tahan terhadap air (*waterproof*).

Daftar Pustaka

- [1] R. Lasabuda, “Pembangunan wilayah pesisir dan lautan dalam perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia,” *J. Ilm. platax*, vol. 1, no. 2, pp. 92–101, 2013.
- [2] P. P. Nainggolan, “Kebijakan poros maritim dunia Joko Widodo dan implikasi internasionalnya,” *J. Polit. Din. Masal. Polit. Dalam Negeri dan Hub. Int.*, vol. 6, no. 2, 2016.



- [3] Republik Indonesia. *Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 2009.
- [4] S. Hutabarat and S. M. Evans, *Pengantar oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 1985.
- [5] A. C. A. Asri, A. A. D. Suryoputro, and W. Atmodjo, “Studi Karakteristik Arus Laut Di Perairan Marunda, Jakarta Utara,” *J. Oceanogr.*, vol. 3, no. 4, pp. 601–609, 2014.
- [6] G. M. Yogaswara, E. Indrayanti, and H. Setiyono, “Pola Arus Permukaan di Perairan Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta pada Musim Peralihan (Maret-Mei),” *J. Oceanogr.*, vol. 5, no. 2, pp. 227–233, 2016.
- [7] Li, X., Wang, Y., & Chen, Z. “Design and Development of a Portable IoT-Based System for Monitoring Sea Surface Temperature and Currents,” *Sensors*, vol. 21, no. 5, p. 1871, 2021.
- [8] Smith, J., & Johnson, A. “A Review of Portable IoT-Based System for Measuring Ocean Currents and Sea Surface Temperature,” *J. Ocean Eng. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–91, 2020.
- [9] Zhang, Q., Huang, J., & Liu, H. “System Iot-Based Portable System for Measuring Ocean Currents and Sea Surface Temperature,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 71, pp. 1–9, 2022.
- [10] Ananda, N. “Rancang Bangun Tide Gauge Multisite Berbasis ATMEGA328,” Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2019.
- [11] Aprizal, B., & Pramana, R. “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Arus Laut dan Arah Arus Laut untuk Sistem Ke Pelabuhan,” Maritime University of Raja Ali Haji, 2015.
- [12] D. Diana and J. Al Rasyid, “Implementasi Sensor Compas HMC5883L Terhadap Gerak Robot Micromouse dengan Menggunakan Algoritma PID,” *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 120–124, 2017.
- [13] M. Hariono, M. J. Afroni, and O. Melfazen, “Prototype rumah otomatis menggunakan mikrokontroler ATMega 328P dengan konsep IoT sebagai kendali jarak jauh,” *SinarFe7*, vol. 1, no. 1, pp. 369–375, 2018.
- [14] A. Pangestu, S. Sumardi, and S. Sudjadi, “Perancangan alat pengaman dan tracking kendaraan sepeda motor dengan menggunakan mikrokontroler ATmega644PA,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 433–441, 2014.
- [15] Sugiarto. “Perancangan Alat Pengukur Suhu Laut dan Arus Laut Portabel,” Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2017.

