

Rancang Bangun Sistem Pengujian Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino Untuk Praktikum Oseanografi Fisika

Suwardi*, Erik Ayatullah dan Haidul

Program Studi Fisika, Universitas Bengkulu, Indonesia

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel:

Draft diterima: 13 Agustus 2024

Revisi diterima: 17 September 2024

Diterima: 18 September 2024

Tersedia Online: 30 Oktober 2024

Corresponding author: suwardi@unib.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran pasang surut air laut dalam praktikum Oseanografi Fisika selama ini dilakukan secara manual. Metode ini memiliki kelemahan yaitu hasil pengamatannya rentan mengalami *human error* dan keterbatasan personil untuk pengukuran yang lama. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dilakukan penelitian ini dengan tujuan mengembangkan sistem pengujian pasang surut air laut berbasis Arduino yang dapat merekam data pasang surut secara otomatis. Alat ini dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban, sehingga mampu merekam tiga parameter sekaligus yaitu pasang surut, suhu, dan kelembaban secara otomatis. Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R & D) yang dilakukan dalam lima tahapan, yaitu perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, pengambilan data, dan pengolahan data. Hasil pengujian kinerja, alat yang dikembangkan ini memiliki error sebesar 0,43% atau akurasi 99,57%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat ini masuk kategori alat ukur akurasi tinggi dan valid, sehingga layak digunakan sebagai peralatan praktikum Oseanografi Fisika.

Kata kunci: sistem pengujian pasang surut, Arduino, praktikum oseanografi fisika

ABSTRACT

The measurements of sea tides in Physical Oceanography experiment have been carried out manually. This method has weaknesses, namely that the human error and limited personnel for measurements. The aim of research is developing an Arduino based sea tides instrument that can record sea tides data by automatically. This instrument is also equipped with temperature and humidity sensors, so it can record three parameters at once, namely sea tides, temperature and humidity. This research is research and development carried out in five stages, namely system design, system implementation, system testing, data collection and data processing. The results of performance testing show that the instrument has an error of 0.43% or an accuracy of 99.57%. The instrument is high accuracy and valid measuring instrument, so it can be used for physical oceanography experiment.

Keywords: sea tides instrument, Arduino, physical oceanography experiment.

1. PENDAHULUAN

Oseanografi fisika adalah ilmu yang mengkaji tentang gejala dan proses fisika di laut seperti arus laut, gelombang, pasang dan surut, perambatan cahaya, perambatan bunyi, sifat-sifat fisika air laut, sedimentasi, dinamika pesisir, densitas, dan interaksi laut dengan atmosfer. Salah satu peralatan yang sering digunakan dalam praktikum dan penelitian tugas akhir mahasiswa S1 Fisika FMIPA Universitas Bengkulu adalah *tide gauge* untuk pengukuran pasang surut. Pasang surut adalah gejala naik turunnya permukaan air laut yang dipengaruhi oleh interaksi antara matahari, bumi, dan bulan [1]. Data pasang surut sangat penting untuk kegiatan pembangunan pelabuhan, bangunan penahan ombak, jembatan, pemasangan pipa bawah laut, navigasi, survei hidrografi, kegiatan militer, olahraga, pariwisata, dan pembangkit tenaga listrik. Metode pengukuran pasang surut dikategorikan dua jenis, yaitu metode pengukuran manual dan metode pengukuran otomatis. Pengukuran pasang surut secara manual dilakukan menggunakan papan skala (*tide staff*) yang dipasang secara vertikal untuk mengamati perubahan tinggi permukaan air laut. Sedangkan pengukuran otomatis dilakukan menggunakan peralatan digital berbasis sensor (*tide gauge*). Sensor yang sering dipakai untuk pengukuran otomatis adalah sensor tekanan, sensor ultrasonik, dan sensor radar [2]. Kelemahan metode pengukuran manual adalah memerlukan banyak personil, waktu pengukuran yang panjang, dan keterbatasan stasiun pasang surut [3]. Hasil pengukuran kurang akurat karena faktor *human*

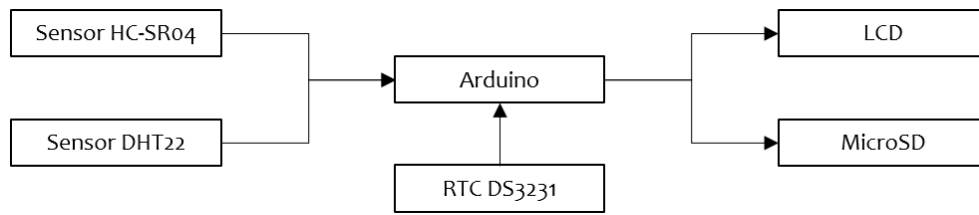
error serta keterbatasan personil untuk mengamati perubahan pasang surut air laut yang berlangsung cepat [4]. Sementara untuk pengukuran pasang surut secara otomatis terkendala dengan ketidaktersediaan peralatan dan keterbatasan anggaran untuk pengadaan peralatan. Kendala lainnya adalah sering kali peralatan yang tersedia di pasaran tidak sesuai dengan karakteristik lokasi pengukuran. Untuk mengatasi hal tersebut, di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu telah membuat alat *tide gauge* untuk mengukur pasang surut air laut. Namun alat ini perlu dikembangkan lebih lanjut karena sering mengalami gangguan kinerja saat digunakan pengukuran di lapangan. Gangguan yang sering terjadi pada *tide gauge* tersebut adalah gangguan kabel pada sistem elektronika, gangguan kinerja sensor, dan ketidakstabilan sistem mekanik. Untuk mengatasi kondisi di atas, diperlukan pengembangan sistem pengujian pasang surut berbasis Arduino yang dilengkapi sensor suhu dan kelembaban, pengkabelan yang lebih baik, dan sistem mekanik yang kokoh. Penelitian tentang pengembangan peralatan monitoring pasang surut air laut telah banyak dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut diantaranya rancang bangun alat ukur pasang surut berbasis NodeMCU ESP8266 dan telegram (informasi peringatan) [5]. Selanjutnya pengembangan alat ukur pasang surut menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang datanya dikirim melalui SMS dan disimpan pada MicroSD [6]. Penelitian lainnya adalah pengembangan alat ukur pasang surut menggunakan sensor ultrasonik dengan tampilan data berupa grafik dan datanya belum tersimpan secara otomatis [7]. Berikutnya adalah pembuatan pendeteksi ketinggian permukaan air menggunakan sensor HC-SR04 dan buzzer (bunyi sebagai peringatan dini), namun datanya belum *real time* [8]. Penelitian selanjutnya adalah pengembangan sistem telemetri untuk pengukuran tinggi pasang surut menggunakan Arduino secara realtime [9]. Berdasarkan literatur yang peneliti ketahui, belum ada sistem pengujian pasang surut yang diintegrasikan dengan sensor suhu dan kelembaban. Suhu dan kelembaban merupakan parameter oseanografi fisika perairan yang menjadi indikator kelayakan lingkungan perairan. Kedua parameter ini dipengaruhi oleh pergerakan massa air yang terjadi secara terus menerus. Suhu maksimum muncul pada saat pasang tinggi karena masuknya air laut lepas pantai yang relatif hangat, sedangkan suhu minimum muncul pada air rendah karena pertukaran panas dengan dataran pasang surut. Melalui pengukuran pasang surut, suhu dan kelembaban secara bersamaan, maka pola dan hubungan ketiga parameter tersebut dapat dianalisis untuk berbagai kepentingan pengelolaan sumberdaya pesisir. Selama ini pengukuran pasang surut, suhu, dan kelembaban menggunakan tiga peralatan yaitu *tide gauge*, termometer, dan hygrometer. Dengan penggunaan alat yang dikembangkan ini, maka pengukuran pasang surut, suhu, dan kelembaban menjadi lebih efektif dan efisien serta cukup menggunakan satu peralatan. Mobilitas peralatan praktikum dan penelitian menjadi lebih ringan dan tidak membutuhkan banyak personil. Hal ini menjadi kebaruan dan keunggulan alat yang dikembangkan dalam penelitian ini karena dapat mengukur tiga parameter (multiparameter) sekaligus yaitu pasang surut, suhu permukaan laut dan kelembaban. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sistem pengujian pasang surut air laut secara otomatis berbasis Arduino terintegrasi sensor suhu dan kelembaban. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem pengujian pasang surut yang mampu merekam data pasang surut, suhu, dan kelembaban secara otomatis. Hasil penelitian ini bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan peralatan praktikum dan penelitian pasang surut air laut secara otomatis dan menciptakan kemandirian teknologi peralatan praktikum.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan (*research & development*) yang menghasilkan produk berupa sistem pengujian pasang surut otomatis menggunakan Arduino dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dilengkapi sensor suhu dan kelembaban. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu dan di Pantai Pasar Bengkulu pada bulan Agustus – Desember 2023. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, *toolskits*, kolam kaca, solder, multimeter digital, dan papan skala. Sedangkan bahan yang digunakan adalah modul Arduino, sensor HC-SR04, sensor DHT22, RTC DS3231, microSD 16 GB, LCD, kabel, aki, timah solder, pipa besi, dan kotak plastik. Pemilihan Arduino sebagai pengendali rangkaian elektronik karena kompatibel dengan berbagai sensor, harganya terjangkau, dan mudah diperoleh. Sensor ultrasonik HC-SR04 dipilih karena memiliki akurasi tinggi, stabil, dan mudah pengoperasiannya [10]. Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap, yakni perancangan alat, pengembangan alat, pengujian alat, pengambilan data, dan pengolahan data.

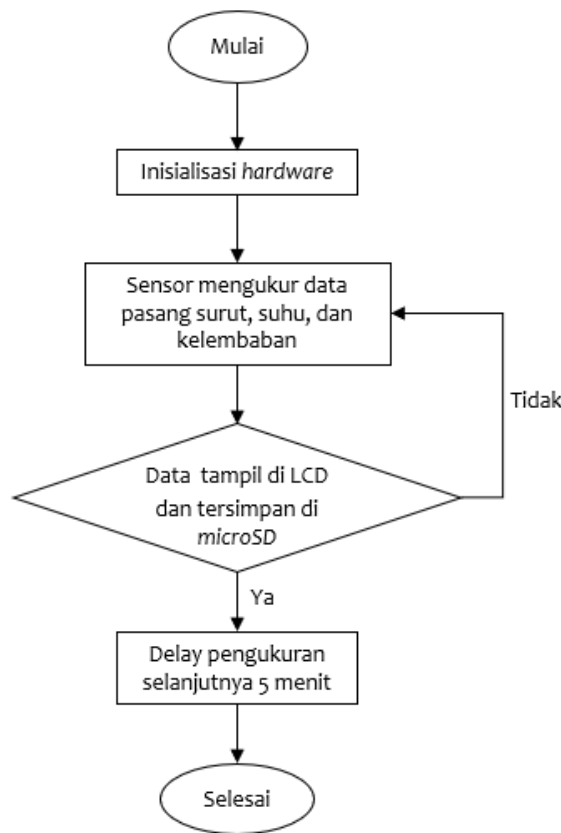
Perancangan Alat

Tahapan ini meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perangkat keras alat terdiri dari bagian mekanik dan bagian elektronik alat. Sistem elektronik alat dirancang sesuai diagram blok pada Gambar 1. Input alat menggunakan dua jenis sensor yaitu sensor HC-SR04 untuk mendeteksi tinggi air laut serta sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban. Sensor HC-SR04 dipilih karena memiliki sensitifitas yang baik dan memiliki jangkauan pengukuran maksimal 4 m. Sinyal yang dipancarkan oleh pemancar sensor HC-SR04 akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu obyek, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh obyek tersebut. Bagian kendali alat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno serta output alat menggunakan LCD 2 x 16 dan *microSD*. Pada bagian kendali juga dilengkapi dengan RTC DS3231 yang berfungsi untuk merekam waktu dan tanggal secara *real time*. Sedangkan output alat berupa LCD yang berfungsi untuk menampilkan data pengukuran dan *microSD* untuk menyimpan data pengukuran secara otomatis.



Gambar 1. Diagram blok bagian elektronik sistem pengujian pasang surut

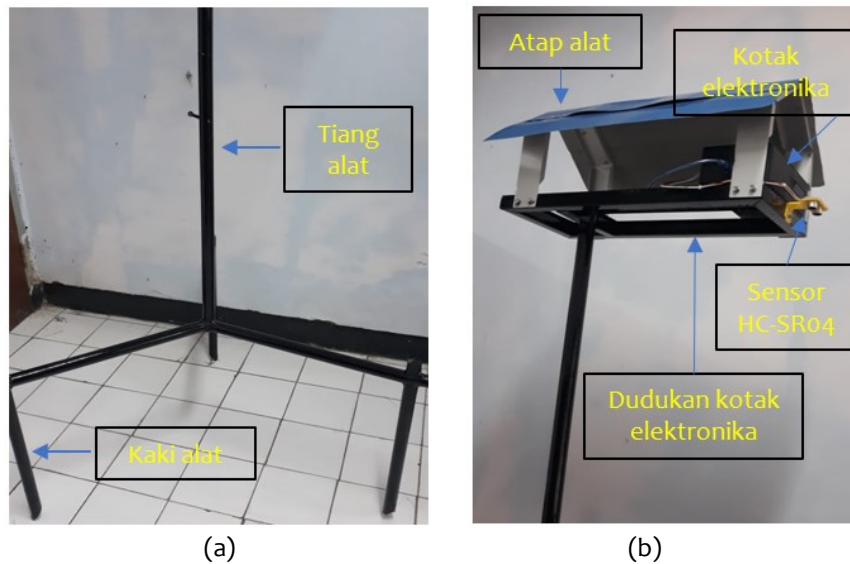
Perangkat lunak alat dirancang menggunakan aplikasi arduino IDE yang di *upload* pada Arduino. Prinsip kerja alat didesain bahwa setiap interval lima menit Arduino memerintahkan kedua sensor (sensor HC-SR04 dan sensor SHT22) untuk mendeteksi perubahan parameter jarak, suhu dan kelembaban. Selanjutnya Arduino mengolah data-data tersebut menjadi keluaran berupa tinggi pasang surut air laut, suhu, dan kelembaban yang ditampilkan pada LCD dan disimpan dalam *microSD*. *Flow chart* perangkat lunak alat ukur pasang surut yang akan dikembangkan ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. *Flow chart* perangkat lunak sistem pengujian pasang surut

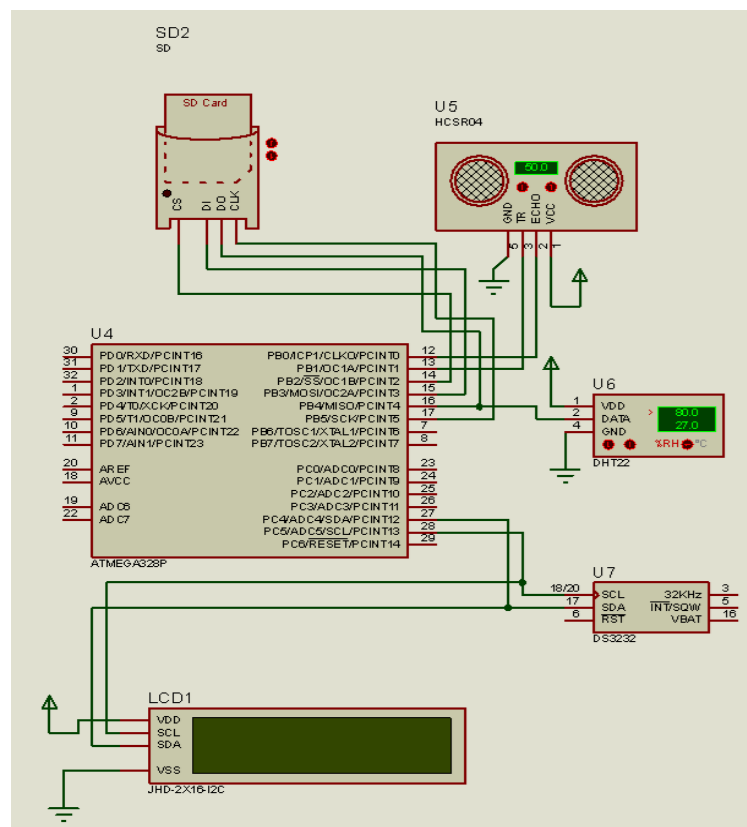
Pengembangan Alat

Pengembangan bagian mekanik alat dilakukan dengan merangkai pipa besi dengan tinggi 180 cm yang pada bagian atasnya diberi dudukan dengan ukuran 20 x 40 cm sebagai tempat bagian elektronika alat. Pada bagian bawah bagian mekanik ini dilengkapi dengan tiga kaki dengan tinggi 50 cm yang ditanam pada dasar di lokasi pengukuran (Gambar 3). Hal ini berfungsi sebagai penahan alat dari goncangan yang disebabkan oleh gelombang laut agar posisi alat stabil dan tidak terjatuh pada saat pengukuran. Sistem pengujian pasang surut ini dikembangkan untuk pengukuran lapangan dalam rentang waktu yang lama sehingga sistem elektronika alat perlu dilindungi dari paparan sinar matahari dan hujan. Untuk itu melindungi sistem elektronika alat, pada dudukan alat diberi atap dari seng.

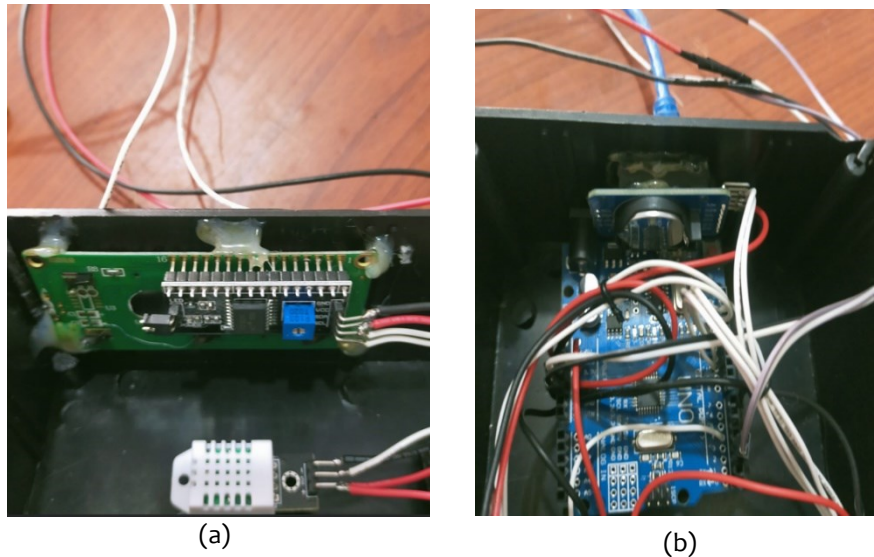


Gambar 3. Bagian mekanik alat: (a) bagian tiang dan kaki, (b) bagian kotak elektronika dan atap

Pengembangan bagian elektronika alat dimulai dengan merangkai sensor HC-SR04, sensor DHT22, LCD 2x16, microSD, dan Arduino pada simulator Proteus. Software Proteus adalah salah satu software simulasi elektronik yang berguna untuk merancang skematik rangkaian elektronik dan mensimulasikannya. Skematik rangkaian digunakan sebagai panduan dalam mengimplementasikan rangkaian pada papan rangkaian. Sedangkan simulasi bertujuan untuk mengetahui fungsi dan kinerja rangkaian sebelum diimplementasikan pada papan rangkaian. Bila simulasi rangkaian elektronika pada Proteus sudah berjalan dengan baik, maka dilanjutkan dengan merangkai sensor HC-SR04, sensor DHT22, LCD 2x16, microSD, dan Arduino pada papan rangkaian. Antar komponen elektronika dihubungkan menggunakan kabel yang kerjanya dikendalikan oleh program yang ditanam pada Arduino. Source code perangkat lunak yang ditanam pada Arduino ini dibangun menggunakan perangkat lunak Arduino IDE sesuai flowchart pembuatan perangkat lunak alat. Skematik rangkaian elektronika sistem pengujian pasang surut ini ditunjukkan pada Gambar 4 dan bagian elektronika alat yang sudah disolder ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Skematik rangkaian elektronika sistem pengujian pasang surut



Gambar 5. Bagian elektronika alat: (a) sensor dan LCD, (b) Arduino dan RTC

Pengujian Alat

Setelah pengembangan alat ukur pasang surut selesai dilakukan sesuai rancangan, maka dilakukan pengujian peralatan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang dikembangkan sudah berfungsi dengan baik atau belum. Pengujian sistem dilakukan di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu untuk mempermudah dalam pengkondisian lingkungan pengukuran. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur kenaikan air, suhu, dan kelembaban dalam ember besar menggunakan alat yang dikembangkan. Ember diisi air menggunakan selang dari kondisi kosong sampai penuh dan dilakukan pengukuran tinggi permukaan air, suhu, dan kelembaban secara berkala. Hasil pengukuran ini dibandingkan dengan hasil pengukuran mistar dan bila hasil pengukuran alat ukur pasang surut belum sesuai dengan alat ukur standar maka akan dilakukan perbaikan.

Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data lapangan dilaksanakan di Pantai Pasar Bengkulu menggunakan alat ukur pasang surut yang dikembangkan. Data yang diambil berupa tinggi permukaan air laut, suhu, dan kelembaban. Pengolahan data menggunakan Microsoft excell untuk menghitung prosentase *error* alat menggunakan Persamaan (1) dan menghitung prosentasi akurasi alat dengan Persamaan (2).

$$\% \text{ error} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{ akurasi} = 100\% - \% \text{ error} \quad (2)$$

Keterangan:

X_n = data pada alat standar

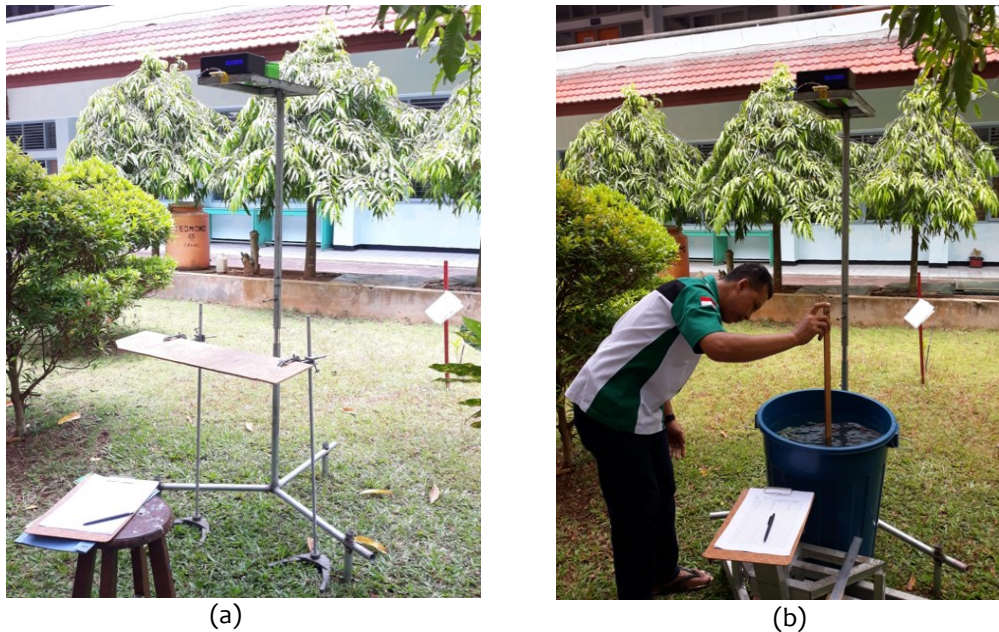
Y_n = data pada alat ukur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang surut adalah proses naik turunnya air laut yang disebabkan oleh interaksi matahari, bulan, dan bumi. Alat pasang surut air laut yang dikembangkan dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur pasang surut air laut yang mampu merekam data tinggi permukaan air laut, suhu dan kelembaban setiap lima menit secara otomatis. Produk penelitian ini merupakan salah satu pemanfaatan teknologi sensor dan kontrol untuk mempermudah dalam melakukan pengukuran pasang surut air laut [11]. Era digital membawa kemudahan manusia dalam melakukan pekerjaan melalui pemanfaatan sensor dan Arduino untuk menciptakan teknologi robot dan elektronika instrumentasi. Selain itu alat ini juga mampu mengatasi keterbatasan pengukuran pasang surut menggunakan papan berskala yang pengukuran datanya setiap jam dan mampu mengatasi kelelahan manusia saat melakukan pengukuran dalam waktu lama [12].

Pengujian di Laboratorium

Proses pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan akurasi alat yang telah dikembangkan. Untuk mengetahui akurasi peralatan, dilakukan proses kalibrasi dengan melakukan pengujian alat ukur pasang surut di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu. Kalibrasi adalah proses membandingkan data pengukuran menggunakan alat yang dikembangkan dengan data pengukuran alat standar. Kaki alat ukur pasang surut ditancapkan ke tanah yang datar dan dibawah sensor alat diletakkan ember. Ember dengan volume 225 liter diisi air dari kran secara perlahan menggunakan selang sampai terisi penuh. Selama proses pengisian air kedalam ember, setiap lima menit dilakukan pengukuran tinggi air dari dasar ember menggunakan mistar dan alat ukur yang dikembangkan. Proses kalibrasi diakhiri dengan membandingkan data pengukuran menggunakan alat pasang surut dengan data pengukuran menggunakan mistar (Gambar 6) yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Pengujian di laboratorium: (a) permukaan papan, (b) permukaan air

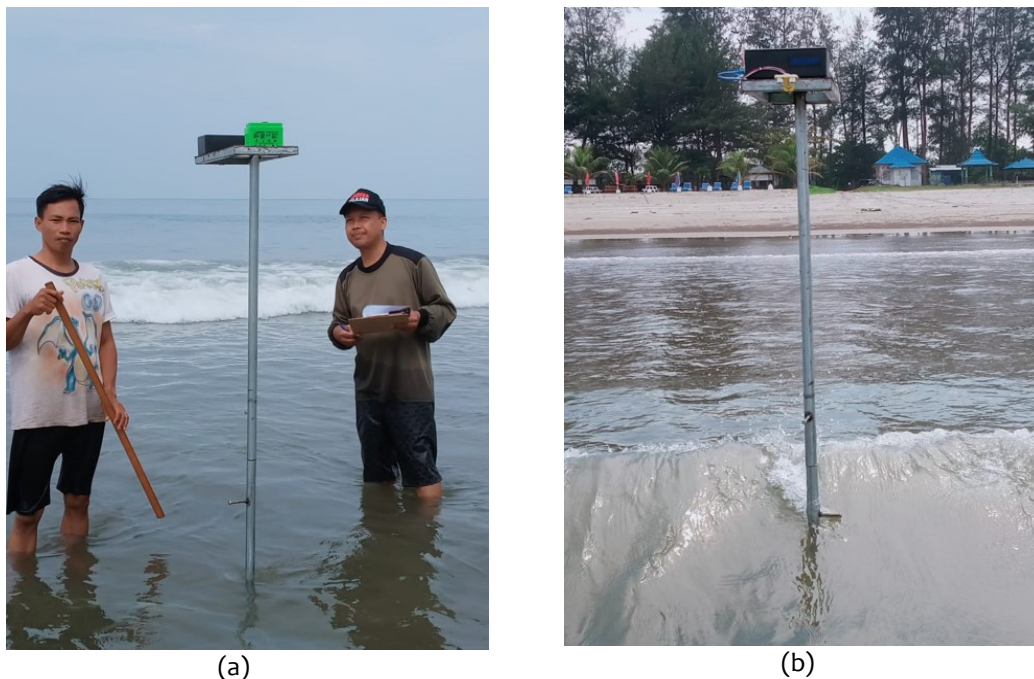
Tabel 1. Perbandingan pengukuran ketinggian air menggunakan alat dan mistar

Data ke-	Alat Pasang Surut (cm)	Mistar (cm)	Error (%)	Akurasi (%)
1	1	1	0	100
2	5	5	0	100
3	11	11	0	100
4	15	15	0	100
5	21	20	4,76	95,24
6	25	25	0	100
7	31	31	0	100
8	37	37	0	100
9	41	41	0	100
10	50	50	0	100
11	55	55	0	100
12	60	59	1,67	98,33
13	68	68	0	100
14	73	73	0	100
15	80	80	0	100
Rata-rata			0,43	99,57

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengujian alat ukur pasang surut yang dikembangkan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat standar memperoleh data yang sangat baik. Dari lima belas data pengukuran hanya dua data pengukuran yang berbeda yaitu data kelima dan data kedua belas, sedangkan lainnya akurat. Perhitungan nilai kesalahan lima belas data pengukuran kedua alat ukur menunjukkan rata-rata *error* sebesar 0,43% atau akurasi mencapai 99,57%. Tingkat kesalahan suatu pengembangan alat dibandingkan dengan pembacaan alat standar bila nilainya kurang dari 10%, maka alat tersebut termasuk kategori alat ukur dengan akurasi tinggi dan alat ukur yang valid [13]. Berdasarkan kriteria ini maka alat pendeteksi pasang surut yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki akurasi yang tinggi dan layak digunakan untuk kegiatan praktikum dan penelitian.

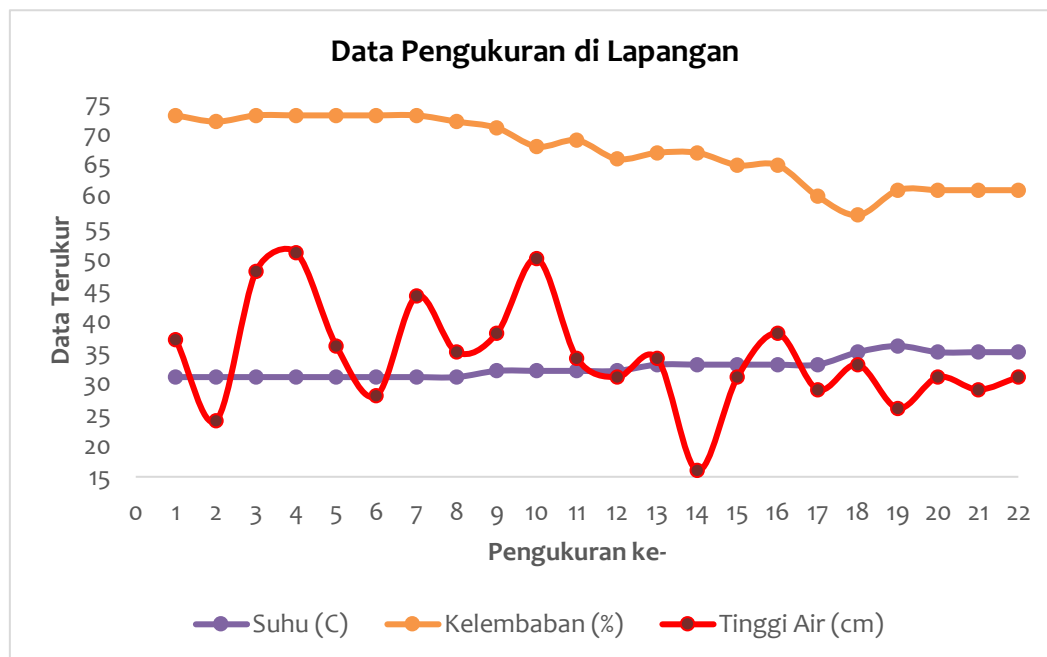
Pengukuran Data di Lapangan

Pengukuran data di lapangan memiliki tujuan untuk menguji kemampuan alat di lapangan, ketangguhan alat, dan mengetahui kendala yang mungkin terjadi saat pengukuran di lapangan [14]. Pengujian peralatan untuk pengukuran lapangan sangat penting dilakukan karena pengambilan data pasang surut berlangsung lama, terus menerus dan lingkungan yang tidak bisa dikendalikan agar dapat dilakukan perbaikan terhadap temuan-temuan lapangan. Pengukuran data lapangan dilakukan di Pantai Pasar Bengkulu Kota Bengkulu yang lokasinya tidak terlalu jauh dari Kampus Universitas Bengkulu. Peralatan dimobilisasi dari Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu, diinstalasi, dan langsung melakukan pengukuran data di lokasi seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian alat ukur pasang surut di lapangan: (a) saat pemasangan, (b) mode pengukuran otomatis

Dalam pengambilan data lapangan tidak menggunakan alat ukur standar karena alat telah dikalibrasi dan diuji di laboratorium dengan hasil yang baik. Pengukuran data dilakukan setiap lima menit dan data langsung tersimpan di *microSD* secara otomatis. Parameter yang diambil dalam pengukuran di lapangan ini adalah suhu, kelembaban, dan tinggi air laut. Setelah pengukuran data berakhir, data yang tersimpan di *microSD* dipindahkan ke laptop atau PC dan diolah menggunakan Microsoft Excell. Hasil pengolahan data dalam bentuk grafik ditampilkan pada Gambar 8. Grafik warna biru merupakan data perubahan suhu, warna kuning adalah data perubahan kelembaban, dan warna merah adalah data perubahan tinggi permukaan air laut.



Gambar 8. Data pengukuran suhu, kelembaban, dan tinggi air di lapangan

Berdasarkan Gambar 8, grafik data tinggi air (pasang surut) air laut menunjukkan bahwa pola pasang surut pada lokasi pengukuran cenderung sinusoidal. Pola ini secara fisik terlihat dengan adanya gerakan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari [15]. Data pengukuran lapangan menunjukkan bahwa tinggi air laut terendah berada pada posisi 16 cm dan tertinggi pada posisi 51 cm (perubahan tinggi permukaan air laut ini relatif kecil). Hal ini diduga dipengaruhi oleh tinggi rendahnya gelombang permukaan yang disebabkan angin. Untuk memperoleh grafik pasang surut yang dipengaruhi oleh gaya tarik menarik bumi, bulan, dan matahari, perlu dilakukan pengukuran data 24 jam secara terus menerus. Pengukuran suhu berkisar antara 31 - 35°C dan pengukuran kelembaban berkisar 61 – 73%. Ketangguhan alat terlihat dari kinerja bagian mekanik alat yang tahan terhadap guncangan air laut karena ditanam didasar pantai dengan kedalaman 50 cm. Sedangkan bagian elektroniknya mampu melakukan pengukuran selama 8 jam secara terus menerus. Potensi penggunaan atau aplikasi alat ini adalah untuk melakukan praktikum Oseanografi Fisika bagi mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA dan mahasiswa Progran Studi Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Potensi aplikasi lain dari peralatan ini adalah untuk penelitian tugas akhir bagi mahasiswa dan penelitian dosen terkait dengan Oseanografi Fisika. Disisi lain alat yang dikembangkan ini memiliki keterbatasan sumber energi yang memerlukan penggantian aki setiap 8 jam untuk pengukuran yang lama. Selain itu untuk analisis data pengukuran, pengguna alat juga harus memindahkan data ke komputer atau labtop setelah melakukan pengukuran di lapangan.

Dalam pengukuran data di lapangan, suhu lingkungan pantai menunjukkan nilai 31 – 35°C yang termasuk kategori tinggi sehingga sensor dan kotak elektronik terpapar panas dalam waktu yang lama. Kondisi ini dikhawatirkan mempengaruhi kinerja dan merusak peralatan serta menimbulkan korosi. Untuk melindungi kotak elektronik dari paparan sinar matahari, peralatan diberi atap sekaligus dicat bagian mekanik alat untuk menghindari korosi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengujian pasang surut air laut berbasis Arduino untuk Praktikum Oseanografi Fisika. Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa pengukuran alat yang dikembangkan ini dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur standar menunjukkan error rata-rata sebesar 0,43% atau akurasi 99,57%. Hasil ini menunjukkan alat ini masuk kategori alat ukur akurasi tinggi dan dapat digunakan untuk Praktikum Oseanografi Fisika. Untuk pengembangan alat ini disarankan penelitian lanjutan dengan menambahkan panel surya untuk sumber energi dan melakukan transfer data berbasis web untuk analisa data secara online dan real time.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini melalui Skim Penelitian Tendik 2023 dengan Kontrak Nomor 5935/UN30.15/LT/2023

6. REFERENSI

[1] M.I. Quraissy, Z. Zainuddin, Z. Hasanuddin, "Sistem monitoring dan estimasi pasang surut air laut pada Kantor Perhubungan Laut Kab. Majene", *Jurnal Instrumentasi*, Vol. 10. No. 1. Hal. 24–30, 2019.

- [2] G.M. Salama, F.A.H. Hesham, A.M.D. Essam, E.O. Salsabeel, "An innovative technique for the development of the traditional mechanical tide gauge to improve the performance of the measurement system", *Measurement: Sensors*, Vol 2-4, pp. 1-8, 2019.
- [3] N.A. Haq, Khomsin, D.G. Pratomo, "The Design of an Arduino Based Low-Cost Ultrasonic Tide Gauge with the Internet of Things (IoT) System", *IOP Conference Earth Environment Science*, Vol. 698, No. 1, Hal. 1-9, 2021.
- [4] R.D.Agustin, I. Sucahyo, M. Yantidewi, "Rancang bangun alat monitoring pasang surut air laut berbasis IOT dengan NODEMCU ESP8266 dan HC-SR04", *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, Vol. 6, No. 2, Hal. 147 – 157, 2022.
- [5] R. Akram, L. Fitria, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Level Ketinggian Air Laut Berbasis Internet of Thing", *Journal Informatics Telecommunication Engineering*, Vol. 4, Hal. 1-9, 2021.
- [6] R. Fadly, C. Dewi, "Pengembangan sensor ultrasonik guna pengukuran pasang surut laut secara otomatis dan real time", *Jurnal Rekayasa*, Vol. 23, No. 1, Hal. 1-16, 2019.
- [7] I.K. Missa, L.A.S. Lapono, A. Wahid, "Rancang bangun alat pasang surut air laut berbasis arduino uno dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04", *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasi*, Vol. 3, Hal. 102-105, 2018.
- [8] M. Yakob, N. Sagita, R.A. Putra, "Rancang bangun alat pendeteksi ketinggian permukaan air berbasis mikrokontroler arduino uno", *Jurnal Ilmu Jurutera*, Vol. 6, Hal. 10-13, 2019.
- [9] A.T. Vandhit, D. Hamdani, D.H. Putri, "Rancang Bangun Sistem Telemetri Pengukuran Ketinggian Gelombang Pasang Surut Air Laut secara Realtime Menggunakan Arduino Uno", *Jurnal Kumparan Fisika*, Vol.1, No.3, Hal: 83-91, 2018.
- [10] A. Andriyan, Harijanto, H.B. Prastowo, "Rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan arduino dan sensor jarak HC-SR04", *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, Vol. 11, No. 2, Hal. 19-29, 2021.
- [11] B. Bulaka, Hendro, "Rancang bangun alat pemantau pasang surut air laut melalui jaringan internet untuk Kawasan Teluk Kendari", *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta*, Vol. 5, hal: 25 – 30, 2016.
- [12] S. Bambang, C. Rindy, Ocsirendi, S. Andriyanto, "Monitoring aliran arus pasang surut air laut, berbasis Arduino", *Jurnal Electra*, Vol. 2, No. 1, hal. 1 – 8, 2021.
- [13] S.O. Suharyo, "Rancang bangun alat pengukur gelombang laut presisi tinggi (a prototype design)", *Applied Technology and Computing Science Journal*, Vol. 1, No.1, Hal. 18 – 29, 2018.
- [14] A.P. Nugroho, N. Simarmata, I. Adil, "Pembangunan Sistem Pengukuran Muka Air Otomatis (Automatic Water Level Recorder) Berbasis Gelombang Akustik Untuk Pengamatan Pasang Surut Laut", *Jurnal Reka Geomatika*, Vol.1, No.1, Hal: 1-9, 2019
- [15] R. Hartono, M.A. Murti, I. Alinursafa, "Sistem Pemantauan Ketinggian Gelombang Dan Ketinggian Permukaan Air Laut Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LPWAN LoRa", *Prosiding SNISTEK 4*, Hal: 157-163, 2022.