

Rancang Bangun Purwarupa Alat Penghasil Riak Gelombang Air

Rendi Renaldi¹; Mohd. Ilyas Hadikusuma²; Nanda Rusyda Saufa³; Eko Mardianto⁴; Muhammad Ridhwan Sufandi⁵

Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Pontianak ; Jl. Jend. Ahmad Yani, Bansir Laut, Kota Pontianak Telp: (0534) 303686
rendirenaldii115@gmail.com¹, ilyas.hadikusuma@gmail.com²,
saufanandaelka@gmail.com³, comemardianto74@gmail.com⁴,
mr.sufandi86@gmail.com⁵

ABSTRACT

This research aims to develop a prototype of a laboratory-scale wave generator to explore the potential of river wave energy, which has mostly been focused on marine energy due to its significant potential. The device consists of a container measuring 100x22x30 cm, using a servo motor to generate water ripples and an ultrasonic sensor to detect ripple height. Two propulsion methods are employed: simultaneous and alternating, with more varied ripple patterns observed in the alternating method. Changes in the servo motor's angle produce three thrust levels with different wave heights: slow (1-2 cm), moderate (2.5-3 cm), and strong (3 cm). The findings highlight the renewable energy potential of river wave energy, which can be harnessed sustainably, reducing carbon emissions, dependency on fossil fuels, while enhancing energy security and job creation.

Keywords: Servo motor, ultrasonic sensor, Arduino Uno, aquarium container, push lever.

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan purwarupa alat penghasil gelombang air skala laboratorium untuk mengeksplorasi potensi energi gelombang air sungai, yang selama ini lebih banyak difokuskan pada energi laut. Alat tersebut terdiri dari wadah berukuran 100x22x30 cm, menggunakan motor servo sebagai penghasil riak gelombang dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi tinggi riak. Dua metode penolak digunakan: tolakan bersamaan dan selang-seling, dengan variasi pola riak yang lebih beragam pada metode selang-seling. Perubahan sudut pada penolak menghasilkan tiga gaya dorong dengan ketinggian gelombang berbeda, yaitu pelan (1-2 cm), sedang (2,5-3 cm), dan kuat (3 cm). Hasil penelitian ini menunjukkan potensi energi terbarukan dari gelombang air sungai yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, mengurangi emisi karbon, ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta meningkatkan keamanan energi dan penciptaan lapangan kerja.

Kata kunci: Motor servo, sensor ultrasonik, arduino uno, wadah aquarium, tuas penolak.

1. PENDAHULUAN

Gelombang air merupakan pergerakan air yang naik dan turun secara vertikal sehingga membentuk suatu lengkungan (Kasmawati, Indriyanti, Fauziah Latif, 2020). Penyebab terjadinya gelombang air ada banyak, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Sampai saat ini, penelitian mengenai konversi energi gelombang menjadi listrik masih terbatas pada gelombang di lautan. Pada saat yang sama, penelitian mengenai pembangkit listrik tenaga gelombang sungai

masih sedikit. Oleh karena itu, diperlukan penelitian terkait eksplorasi kekuatan gelombang sungai. Selain itu, sebagian masyarakat Kalimantan Barat memanfaatkan sungai sebagai bagian dari aktivitas sehari-hari, terutama sebagai moda transportasi air.

Eksplorasi pembangkit listrik tenaga air berfokus pada potensi gelombang laut. Kebanyakan penelitian di bidang ini dilakukan di laboratorium besar dan melibatkan berbagai peralatan yang relatif mahal. Hal ini untuk

mencapai kondisi gelombang air yang mirip dengan gelombang laut. Dalam penelitian terkait riak kecil di air, sebagian besar peneliti menggunakan wadah kaca berisi air dengan dimensi memanjang. Sebuah perangkat mekanis ditempatkan di dalam wadah, yang bertindak sebagai penggerak untuk menghasilkan riak. Mekanisme yang digunakan hanya menggunakan mekanisme penggerak tunggal, sehingga pola riak yang dihasilkan seragam. Oleh karena itu, perlu diciptakan metode pembangkitan gelombang dengan mekanisme penggerak ganda untuk menghasilkan pola gelombang yang beragam.

Berdasarkan uraian di atas, karena semakin langkanya sumber daya alam saat ini, maka perlu dilakukan pembuatan prototipe alat pembangkit riak air sungai untuk mengatasi keterbatasan sumber daya alam. Oleh karena itu, kami mencoba membuat prototipe alat pembangkit riak air sungai untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam tak terbarukan melalui proposal skripsi berjudul “Rancang Bangun Purwarupa Alat Penghasil Riak Gelombang Air”. kontribusi hasil penelitian pada iptek. Jadi, rumuskan dengan jelas masalah penelitian yang akan diselesaikan. Bagian pendahuluan dapat diakhiri dengan satu atau sejumlah pertanyaan penelitian dan diakhiri dengan pernyataan tujuan penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Pada proyek akhir ini metode yang dilakukan adalah metode kuantitatif. Metodologi yang dilakukan proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Diagram Alir Meteodologi Penelitian

1) Studi Pendahuluan:

Studi pendahuluan dimulai dengan mencari sumber literatur yang relevan tentang riak gelombang air. Langkah ini penting untuk memahami konsep dasar serta prinsip kerja dari riak gelombang, yang akan menjadi landasan teori dalam perancangan alat. Selanjutnya, dilakukan pembuatan desain awal purwarupa alat pembuat riak gelombang air. Desain ini mencakup gambaran kasar mengenai komponen-komponen utama serta mekanisme kerja alat. Setelah itu, sistem pada alat yang akan dibuat mulai dirancang secara lebih detail, termasuk pemilihan material, mekanisme penggerak, dan pengaturan kontrol. Perancangan sistem ini bertujuan untuk memastikan alat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan dan spesifikasi yang telah ditentukan.

2) Identifikasi kebutuhan

Identifikasi kebutuhan merupakan langkah penting dalam perancangan alat pembuat riak gelombang air. Pertama, penentuan jenis sumber energi yang akan digunakan untuk menghasilkan riak gelombang air sangat krusial, karena sumber energi ini akan mempengaruhi efisiensi dan kinerja alat. Setelah menentukan sumber energi, langkah selanjutnya adalah menetapkan ukuran dan kapasitas alat, termasuk berapa besar alat tersebut dan seberapa banyak riak gelombang yang dapat dihasilkan. Ukuran alat harus disesuaikan dengan ruang yang tersedia serta tujuan dari pengujian yang akan dilakukan. Selain itu, perlu juga untuk merancang mekanisme yang tepat agar alat dapat beroperasi dengan baik. Terakhir, penting untuk menentukan cara pengendalian dan pemantauan alat, sehingga pengguna dapat mengatur dan memantau kinerja alat dengan efektif. Dengan melakukan identifikasi kebutuhan ini, proses perancangan dapat berjalan lebih terarah dan menghasilkan alat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3) Tahap Perencanaan

Pada tahap ini, pertama-tama dijelaskan secara rinci mengenai pengembangan alat tersebut, termasuk mekanisme kerja dan fitur-fitur yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja alat. Selanjutnya, perlu untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan dari penelitian alat ini, yang akan memberikan arah yang jelas untuk pengembangan lebih lanjut. Tujuan tersebut dapat mencakup aspek-aspek seperti efisiensi dalam menghasilkan riak gelombang, serta aplikasi alat dalam berbagai bidang penelitian dan pendidikan. Setelah itu,

tahap perencanaan melibatkan penentuan metode yang akan digunakan dalam pengembangan alat ini, termasuk teknik konstruksi, pilihan material, dan pendekatan pengujian yang sesuai. Dengan perencanaan yang matang, diharapkan alat yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan memberikan kontribusi positif bagi penelitian di bidang gelombang air.

4) Tahap Perancangan

Tahap perancangan adalah fase krusial dalam pengembangan alat pembuat gelombang air, di mana rancangan alat tersebut digambarkan secara detail. Pada tahap ini, penulis akan menciptakan sketsa atau diagram yang menunjukkan komponen utama alat, mekanisme kerja, serta bagaimana bagian-bagian tersebut saling berinteraksi untuk menghasilkan riak gelombang air. Selain itu, penting juga untuk mengidentifikasi bahan dan perangkat yang akan digunakan dalam pembuatan alat ini. Pemilihan material yang tepat akan mempengaruhi kualitas dan daya tahan alat. Setelah bahan ditentukan, tahap perancangan meliputi pemberian detail mengenai penggunaan alat dan perangkat yang diperlukan, termasuk cara pengoperasian, pengaturan kontrol, dan prosedur pemantauan. Dengan semua informasi ini, diharapkan rancangan alat dapat berfungsi dengan efektif dan efisien, serta memenuhi kebutuhan penelitian yang telah ditetapkan.

5) Tahap Evaluasi dan Pengujian

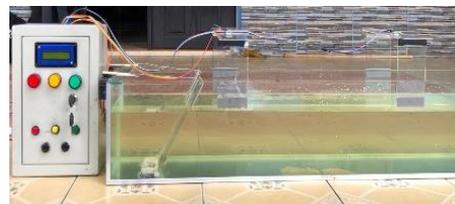
Tahap evaluasi dan pengujian merupakan langkah penting dalam memastikan kinerja alat pembuat riak gelombang air sesuai dengan harapan. Pada tahap ini, pertama-tama perlu ditentukan metode pengujian yang akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja alat. Metode ini dapat mencakup berbagai pendekatan, seperti pengukuran kecepatan gelombang, ketinggian riak, dan frekuensi gelombang yang dihasilkan. Selain itu, penting untuk menetapkan parameter yang akan diukur, yaitu besarnya riak gelombang air yang dihasilkan oleh alat. Parameter ini akan memberikan gambaran yang jelas tentang efektivitas alat dalam menciptakan gelombang air dan membantu dalam menganalisis apakah alat tersebut memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Dengan melakukan evaluasi dan pengujian secara menyeluruh, penulis dapat memastikan bahwa alat yang dikembangkan berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang valid untuk penelitian lebih lanjut.

6) Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan langkah kunci dalam proses penelitian alat pembuat gelombang air, di mana data yang telah dikumpulkan selama pengujian akan dianalisis untuk mendapatkan wawasan yang berguna. Dalam tahap ini, penulis akan menelaah hasil pengukuran yang berkaitan dengan karakteristik gelombang air, seperti kecepatan, ketinggian, dan frekuensi riak yang dihasilkan. Analisis data ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan antara berbagai parameter, serta untuk mengevaluasi kinerja alat dalam konteks penggunaan pembangkit listrik tenaga air. Dengan memahami hasil analisis, penulis dapat menarik kesimpulan tentang efisiensi dan potensi alat dalam aplikasi nyata, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut atau modifikasi yang diperlukan. Wawasan yang diperoleh dari tahap analisis ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini ditunjukkan guna melaksanakan pengujian serta ulasan dari sistem yang sudah dirancang lebih dahulu agar bisa diketahui bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem. Dari hasil pengujian tersebut hendak dijadikan dasar guna memastikan kesimpulan dan juga point-point kekurangan yang harus segera diperbaiki agar kinerja keseluruhan sistem dapat sesuai dengan perencanaan serta perancangan yang sudah dibuat. Hasil dari pembuatan alat setelah melewati beberapa tahapan perancangan dan pengujian, maka didapatkan alat yang tertera pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Alat yang Dibuat

1) Pengujian Tegangan

Setelah dilakukan proses perancangan dan pembuatan alat dilakukan juga pengujian tegangan yang dilakukan untuk mengetahui besaran tegangan yang keluar saat menggunakan motor servo dan lampu indikator. Hasil dari pengujian ini tercatat dalam Tabel 4.1, yang menunjukkan nilai tegangan yang diperoleh

selama proses uji tersebut. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa motor servo dan lampu indikator bekerja sesuai dengan tegangan yang diharapkan dan memenuhi standar operasional yang ditetapkan.

Tabel 4. 1 Uji Tegangan

Alat Ukur	Standar Kecepatan Dan Ketinggian Gelombang	Arus (mA)	Tegangan
Motor servo	Pelan	0,29 mA	4,3 V
	Sedang	0,33 mA	4,7 V
	Kuat	0,39 mA	4,9 V

Hasil uji tegangan pada motor servo menunjukkan adanya variasi arus dan tegangan yang sesuai dengan perubahan kecepatan putaran motor. Pada kecepatan pelan, arus yang dihasilkan sebesar 0,29 mA dengan tegangan 4,3 V. Ketika motor beroperasi pada kecepatan sedang, arus meningkat menjadi 0,33 mA dengan tegangan 4,7 V. Pada kecepatan tertinggi (kuat), arus yang tercatat adalah 0,39 mA dengan tegangan 4,9 V. Hasil ini menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan kecepatan motor, baik arus maupun tegangan cenderung meningkat, sesuai dengan karakteristik kinerja motor servo.

2) Pengujian Motor Servo

Setelah melakukan pengujian tegangan, selanjutnya dilakukan pengujian pada motor servo. Pengujian motor servo bertujuan untuk mengetahui nilai keluar tegangan dari masing-masing kecepatan yaitu pelan, sedang, kuat.

Tabel 4. 2 Pengujian Kecepatan Gelombang Air

NO	METODE KECEPATAN	KECEPATAN GELOMBANG
1.	PELAN	15° / 0,005 detik
2.	SEDANG	20° / 0,005 detik
3.	KUAT	60° / 0,005 detik

Hasil uji kecepatan gelombang air menunjukkan variasi berdasarkan metode yang digunakan, yaitu pelan, sedang, dan kuat. Pada metode pelan, gelombang air bergerak dengan sudut kemiringan 15° dalam waktu 0,005 detik, menghasilkan kecepatan yang relatif lambat. Metode ini menggambarkan gerakan gelombang yang lebih stabil dan tenang, cocok untuk kondisi air yang tidak bergejolak.

Selanjutnya, metode sedang memperlihatkan kecepatan yang lebih cepat, dengan sudut kemiringan 20° dalam waktu yang sama. Gelombang ini menunjukkan intensitas yang lebih aktif dibandingkan metode pelan, namun tetap berada dalam kisaran sedang. Pada metode kuat, gelombang air bergerak jauh lebih cepat, dengan kemiringan 60° dalam 0,005 detik. Metode ini menggambarkan gelombang yang kuat dan cepat, yang biasanya terjadi pada kondisi air dengan arus deras atau angin kencang. Uji ini memberikan pemahaman tentang dinamika kecepatan gelombang air dalam berbagai kondisi.

3) Pengujian Lampu Indikator

Pengujian lampu indikator bertujuan untuk mengetahui nilai keluar tegangan dari masing-masing kecepatan yaitu pelan, sedang, kuat.

Tabel 4. 3 Pengujian Lampu Indikator

NO	METODE KECEPATAN	KETINGGIAN GELOMBANG
1.	PELAN	MERAH
2.	SEDANG	KUNING
3.	KUAT	HIAU

Hasil pengujian lampu indikator pada ketinggian gelombang menunjukkan tiga tingkat ketinggian yang diwakili oleh warna lampu yang berbeda, sesuai dengan kecepatan gelombang. Pada kecepatan gelombang pelan, lampu indikator menyala merah, menunjukkan ketinggian gelombang yang rendah. Untuk kecepatan gelombang sedang, lampu indikator berubah menjadi kuning, menandakan ketinggian gelombang yang berada di tingkat menengah. Sementara itu, pada kecepatan gelombang kuat, lampu indikator menyala hijau, menunjukkan bahwa gelombang berada pada ketinggian yang lebih tinggi. Pengujian ini membantu dalam memantau dan mengklasifikasikan ketinggian gelombang berdasarkan perubahan warna lampu indikator yang dihasilkan.

4) Pengukuran Kecepatan dan Ketinggian Gelombang

Berikut ini adalah hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat penghasil riak gelombang air, di mana pengujian mencakup pengukuran kecepatan gelombang dan

ketinggian gelombang. Hasil pengujian tersebut dibagi menjadi tiga kategori utama,

Gelombang Pelan, Sedang, dan Kuat. Kategori-kategori ini memberikan gambaran yang jelas mengenai karakteristik gerakan dan tinggi gelombang pada setiap tingkatan.

Tabel 4. 4 Penolakan Dengan Penolakan Bersamaan

No	Metode Penolak Bersamaan	Ketinggian Gelombang Awal (Sensor)	Ketinggian Gelombang Akhir (Sensor)	Ketinggian Gelombang Awal (Alat Ukur Standar)	Ketinggian Gelombang Akhir (Alat Ukur Standar)	Selisih Gelombang Awal (Sensor dan Alat Ukur)	Selisih Gelombang Akhir (Sensor dan Alat Ukur)	Nilai Error Gelombang Awal	Nilai Error Gelombang Akhir
1	Pelan	1,50 cm	1,61 cm	1,2 cm	1,4 cm	0,3 cm	0,21 cm	0,2%	0,13%
2	Sedang	2,91 cm	3,16 cm	2,6 cm	2,8 cm	0,31 cm	0,36 cm	0,10%	0,11%
3	Kuat	3,16 cm	3,71 cm	2,9 cm	3,2 cm	0,26 cm	0,51 cm	0,09%	0,14%
RATA-RATA						0,29 cm	0,36 cm	0,13%	0,12%

Untuk menganalisis perbandingan akurasi pada data pengukuran dengan spesifikasi akurasi 0.3 cm + 1%, kita dapat melihat perbandingan selisih antara ketinggian gelombang yang diukur oleh sensor dan alat ukur standar dengan batas akurasi yang diberikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode penolakan bersamaan menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil pengukuran sensor dan alat ukur standar cenderung lebih besar pada pengukuran akhir dari pada pada pengukuran awal. Metode penolakan bersamaan yang digunakan untuk mengukur ketinggian gelombang tampaknya memiliki pengaruh terhadap selisih yang dihasilkan. Selisih gelombang akhir (0,36 cm) cenderung lebih besar dibandingkan dengan selisih gelombang awal (0,29 cm), menunjukkan kemungkinan adanya variabilitas yang lebih besar dalam pengukuran pada tahap akhir.

Tabel 4. 5 Penolakan Selang - Seling

No	Metode Penolak Selang Seling	Ketinggian Gelombang Awal (Sensor)	Ketinggian Gelombang Akhir (Sensor)	Ketinggian Gelombang Awal (Alat Ukur Standar)	Ketinggian Gelombang Akhir (Alat Ukur Standar)	Selisih Gelombang Awal (Sensor dan Alat Ukur)	Selisih Gelombang Akhir (Sensor dan Alat Ukur)	Nilai error Gelombang Awal	Nilai Error Gelombang Akhir
1	Pelan	2,33 cm	2,50 cm	2,1 cm	2,4 cm	0,23 cm	0,10 cm	0,10%	0,04%
2	Sedang	2,92 cm	2,52 cm	2,7 cm	3,1 cm	0,22 cm	0,42 cm	0,075%	0,23%
3	Kuat	3,09 cm	3,79 cm	2,9 cm	2,8 cm	0,19 cm	0,99 cm	0,06%	0,26%
RATA-RATA						0,213 cm	0,503 cm	0,08%	0,17%

Spesifikasi akurasi sensor sebesar 0.3 cm + 1% pada data yang diberikan tidak selalu memenuhi batas akurasi tersebut. Beberapa metode memiliki selisih gelombang di atas batas akurasi yang ditetapkan. Untuk menganalisis perbandingan akurasi pada data pengukuran

dengan spesifikasi akurasi 0.3 cm + 1%, terdapat perbedaan antara pengukuran ketinggian gelombang yang dilakukan oleh sensor dengan alat ukur standar, Metode penolakan selang-seling yang digunakan dalam pengukuran memiliki pengaruh terhadap hasil yang diperoleh, selisih gelombang awal cenderung lebih kecil dibandingkan dengan selisih gelombang akhir. Metode penolakan selang-seling yang digunakan untuk mengukur ketinggian gelombang tampaknya memiliki pengaruh terhadap selisih yang dihasilkan. Selisih gelombang akhir (0,670 cm) cenderung lebih besar dibandingkan dengan selisih gelombang awal (0,213 cm), menunjukkan kemungkinan adanya variabilitas yang lebih besar dalam pengukuran pada tahap akhir.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, telah dirancang purwarupa alat penghasil riak gelombang air dengan beberapa temuan penting. Pertama, dengan memanfaatkan perubahan sudut pada penolak motor servo, dihasilkan tiga gaya dorong berbeda, yaitu pelan (15°/0,005 detik, dengan ketinggian riak 1 hingga 2 cm), sedang (20°/0,005 detik, dengan ketinggian 2,5 cm hingga 3 cm), dan kuat (60°/0,005 detik, dengan ketinggian 3 cm). Kedua, untuk memaksimalkan gelombang air dalam menghasilkan energi, alat ini dapat beroperasi dalam dua mode penolakan, yakni secara bersamaan atau selang-seling. Riak gelombang tertinggi tercapai saat metode penolakan selang-seling digunakan pada kecepatan dorong kuat, menghasilkan ketinggian riak hingga 3 cm.

purwarupa alat penghasil riak gelombang ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi salah satu sumber energi terbarukan, karena energi terbarukan dapat mengurangi emisi karbon, ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta risiko kehabisan sumber daya alam. Selain itu, pengembangan teknologi ini dapat meningkatkan keamanan energi dan menciptakan lapangan kerja baru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustina, S., Hamdadi, A., Yuniarti, D., Simatupang, D. T., Fortuna, A. D., & Wahab, H. (2022). *Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang*

- Sungai Menggunakan Gerak Translasi Magnet Permanen. Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 4, 133–142. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v4i1.3349>
- [2] Briyan Dimas Pangestu, (2021). *Rancang Bangun Perangkat Keras Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Otomatis Pada kandang Anak Ayam Usia 0 – 21 Hari*. Tugas Akhir Program Studi D3 Teknik Komputer, Politeknik Harapan Bersama.
- [3] Eni. (1967). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., Mi, 5–24. Kasmawati, Indriyanti, Latif, F. (2022). "Teknik Hidro". <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/hidro/article/view/4240/0> , diakses tanggal 16 desember 2023.
- [4] Kevin Dean Willem, (2022). *Analisis Sensor Ultrasonik Pada Benda Padat dan Cair di Berbagai Waktu*. Skripsi. Fakultas Teknologi Dan Informatika, Universitas Dinamika.
- [5] Mahendra, G., & Sukardi, S. (2021). *Rancang Bangun Kontrol Pintu Air Dan Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Internet of Things (IoT)*. JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 2(1), 98–106. <https://doi.org/10.24036/jtein.v2i1.134>.
- [6] Nurhabibah Naibaho1, R. (2019). Rancang Bangun Konversi Gelombang Air Laut Menjadi Energi Listrik Di Pantai Anyer. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 7(3), 86–92.
- [7] Prasetyo, A, E. 2022 *Cara Interface Arduino Uno dengan Hardware I2C LCD 16x2* <https://www.arduinoindonesia.id/2017/02/cara-interface-arduino-uno-dengan.html>, diakses tanggal 14 juli 2023
- [8] Prasetyo, A, E. 2022 *Pengertian dan Prinsip Kerja Sensor Ultrasonic*. <https://www.andalanelektro.id/2018/09/cara-kerja-dan-karakteristik-sensor-ultrasonic-hcsr04.html>, diakses tanggal 14 juli 2023.
- [9] Pristiandaru, L, D. *Menegnal Energi Ombak Laut yang Potensial Kompas.com:inspirasi-energi-mengenal-energi-ombak-laut-yang-potensial*.
- [10] Roghib m., (2018). *Menara Ilmu Mikrokontroller*, Universitas Gadjah Mada. <https://mikrokontroler.mipa.ugm.ac.id/2018/10/02/program-lcd-i2c/>.
- [11] Simanjuntak, Henni, T. (2020). *Desain dan pembuatan alat pendeteksi ketinggian air sungai berbasis arduino uno*. Seminar Nasional Ilmu Terapan IV 2020, 1–6.
- [12] Ulinnuha L., Joko S. S., Perancangan Robot ARM Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antar Muka Labview. *Jurnal Barometer*, Vol.3, No.2, Juli 2018. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/barometer/article/view/1395> .