



Artikel Penelitian

**Kata Kunci:**  
Ketinggian Air Laut;  
NodeMCU ESP32;  
HC-SR04;  
IoT

**Keywords:**  
*Sea Water Level;*  
*NodeMCU ESP32;*  
*HC-SR04;*  
*IoT*

**INDEXED IN**  
SINTA - Science and  
Technology Index  
Crossref  
Google Scholar  
Garba Rujukan Digital: Garuda

**CORRESPONDING  
AUTHOR**

**Muhimmatul Khoiro**  
Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Surabaya  
Indonesia

[muhimmatulkhoiro@unesa.ac.id](mailto:muhimmatulkhoiro@unesa.ac.id)

**OPEN ACCESS**

E ISSN 2623-2022



Copyright (c) 2023 Jurnal Kolaboratif Sains

## Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 DAN HC-SR04

### *IOT-Based Sea Water Level Monitoring Tool with Nodemcu ESP32 and HC-SR04*

Dalilah Salsabila Estu<sup>1</sup>, Meta Yantidewi<sup>1</sup>, Bim Maulana Rusdi<sup>1</sup>, M. Biyadhie Adikuasa<sup>2</sup>,  
Muhimmatul Khoiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Tanjung Perak, Surabaya

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat monitoring ketinggian air laut berbasis NodeMCU ESP32 dan sensor HC-SR04 yang dapat membantu pekerjaan para pengamat BMKG Maritim, yang kemudian membandingkan hasil pengukuran alat monitoring ketinggian air laut menggunakan sensor HC-SR04 dengan data pasang surut air laut BMKG Maritim Tanjung Perak Surabaya untuk mengetahui efisiensi kinerja alat yang dibuat. Pengujian dilakukan di perairan Tanjung Perak, Surabaya setiap satu jam sekali selama 3 hari saat pasang tertinggi dan pasang terendah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat instrumentasi monitoring ketinggian air laut berbasis IoT telah berhasil melakukan pengujian di laboratorium dengan tingkat akurasi tinggi, sehingga dapat digunakan pada pengujian di lapangan. Alat tersebut telah berhasil melakukan pengujian secara *real-time* menggunakan *ThingSpeak* serta dapat mengirim notifikasi peringatan dini banjir rob menggunakan *Bot WhatsApp*. Berdasarkan grafik perbandingan data menggunakan sensor HC-SR04 dengan BMKG terlihat bahwa bentuk gelombang ketinggian air laut telah memiliki bentuk yang hampir sama meskipun terdapat beberapa data yang memiliki perbedaan atau selisih nilai yang cukup jauh. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh cuaca, jaringan internet, penggunaan *breadboard*, letak posisi sensor serta ombak atau gelombang air lebih dari 5-10 cm. Kedepannya data penelitian akan menjadi standart untuk membuat alat yang lebih baik yang akan digunakan oleh BMKG Maritim.

**Abstract:** *This research aims to design and make a sea water level monitoring tool based on NodeMCU ESP32 and HC-SR04 sensors that can help the work of BMKG Maritime observers, which then compares the measurement results of the sea water level monitoring tool using the HC-SR04 sensor with the tidal data of BMKG Maritime Tanjung Perak Surabaya to determine the efficiency of the performance of the tool made. Tests were carried out in the waters of Tanjung Perak, Surabaya every hour for 3 days during the highest and lowest tides. The results of this study show that the IoT-based sea water level monitoring instrumentation tool has successfully tested in the laboratory with a high level of accuracy, so that it can be used in field testing. The tool has successfully conducted real-time testing using Thing Speak and can send tidal flood early warning notifications using WhatsApp Bot. Based on the data comparison graph using the HC-SR04 sensor with BMKG, it can be seen that the waveform of sea water level has almost the same shape, although there are some data that have a considerable difference or difference in value. This can occur due to the influence of weather, internet networks, the use of breadboards, the location of the sensor position and waves or water waves of more than 5-10 cm. In the future, the research data will become a standard for making better tools that will be used by the Maritime BMKG.*

**Jurnal Kolaboratif Sains (JKS)**

Volume 6 Issue 7 Juli 2023

Pages: 585-597

## LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu Negara kepulauan terbesar dengan 17.499 pulau dengan 3,25 juta km<sup>2</sup> berupa wilayah lautan, 2,55 (Kurnia, dkk., 2021). Karena sebagian besar wilayah Indonesia merupakan lautan, sehingga kebutuhan terhadap transportasi laut cukup tinggi untuk menunjang aktivitas perniagaan maupun kegiatan lainnya. Keamanan di pelabuhan merupakan salah satu faktor penting untuk menunjang keselamatan transportasi laut seperti kapal yang akan masuk dan keluar dari dermaga. Hal ini dipengaruhi oleh fenomena pasang surut air laut. Peristiwa pasang surut air laut merupakan fenomena alam yang biasa terjadi setiap hari. Perubahan ketinggian air laut harian penting dikaji untuk keperluan seperti konstruksi pelabuhan, struktur pantai dan lepas pantai, budidaya di daerah pesisir, navigasi, peringatan dini bencana banjir rob, pola pergerakan massa air dan lain sebagainya.

Badan yang menaungi informasi pasang surut air laut adalah BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), khususnya BMKG Maritim. Monitoring pasang surut air laut di BMKG Maritim umumnya menggunakan alat *remote sensing* yaitu HF Radar dengan biaya yang cukup mahal bahkan hingga puluhan juta. Selain itu BMKG juga masih menggunakan metode konvensional yang dilakukan menggunakan metode skala meteran dan hanya mampu mengambil data per jam atau yang biasa dikenal dengan *tide staff*. Metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan sumber daya manusia yang banyak, membutuhkan waktu lama untuk mengamati dan mencatat variasi serta tidak dapat menjangkau semua lokasi (Khomsin an Pratomo, 2021). Selain itu, hasil pengamatan yang diperoleh bersifat subjektif berdasarkan pengamat sehingga rentan terjadi kesalahan pembacaan terutama saat malam hari (Fadly dan Dewi, 2019).

Untuk mendapatkan informasi mengenai pasang surut air laut yang bisa diakses dengan mudah dan praktis bagi semua orang, maka dilakukan pembuatan alat yang dapat memonitoring atau mengetahui ketinggian air laut yang dapat diakses datanya menggunakan penyimpanan online berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan sensor HC-SR04. Dalam sistem pengukuran ini ketinggian lokasi penempatan sensor yaitu 2,41 meter dari acuan LWL dan jenis sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai variabel kontrol. Waktu pengambilan data sebagai variabel manipulasi yaitu setiap lima menit sekali selama 3 hari. Nilai ketinggian air laut sebagai variabel respon.

Pada perancangan dan implementasi sistem monitoring ketinggian air laut yang dilakukan pada penelitian ini terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang menjadi acuan. Beberapa penelitian terkait diantaranya penelitian yang dilakukan oleh R. Fadly dan C. Dewi pada tahun 2019 yang berjudul “Pengembangan Sensor Ultrasonik Guna Pengukuran Pasang Surut Air Laut Secara Otomatis dan Real Time” dengan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Arduino Uno dengan mengirimkan notifikasi melalui SMS dan data disimpan dalam Micro SD card, namun data hasil penelitian tidak dapat diakses melalui internet secara *real-time*. Tahun 2021 terdapat penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Level Ketinggian Air Laut Berbasis Internet Of Thing” oleh R. Akram dan L. Fitria dengan menggunakan sensor water level dan NodeMCU ESP8266 dengan data yang dikirimkan melalui Telegram berupa informasi peringatan, namun alat tersebut tidak dapat menyimpan data hasil pengukuran. Tahun 2022 terdapat penelitian yang dilakukan oleh R. D. Agustin, I. Sucahyo dan M. Yantidewi yang berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Pasang Surut Air Laut Berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan HC-SR04” dengan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 dan NodeMCU ESP8266 dengan data yang dikirimkan melalui *software ThingSpeak*, namun penelitian tersebut tidak terdapat LCD, sehingga apabila sedang terjadi masalah pada sinyal, pengamat tidak dapat melihat data yang masuk serta tidak dapat menampilkan informasi peringatan bahaya secara langsung.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat monitoring ketinggian air laut berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan sensor HC-SR04 yang dapat membantu pekerjaan para pengamat di BMKG Maritim, yang kemudian membandingkan hasil pengukuran alat monitoring ketinggian air laut menggunakan sensor HC-SR04 dengan data pasang surut air laut daerah Pelabuhan Surabaya dari BMKG Maritim Tanjung Perak Surabaya untuk mengetahui efisiensi kinerja alat yang dibuat. Hal pembeda yang dilakukan penulis yaitu menggunakan sistem mikrokontroler ESP32 yang merupakan pengembangan lebih lanjut dari mikrokontroler ESP8266 (Muliadi, 2020) yang memiliki

kelebihan yaitu dapat mengeksekusi program lebih cepat dibandingkan mikrokontroler 8 bit lainnya. Selain itu, penelitian ini menggunakan *ThingSpeak* yang berfungsi sebagai basis data untuk menyimpan data

## TINJAUAN LITERATUR

**Pasang Surut Air Laut.** Pasang surut air laut merupakan sebuah fenomena alam yang ditandai dengan proses naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik menarik dari benda-benda angkasa, terutama disebabkan oleh gaya tarik Matahari dan gaya tarik Bulan terhadap massa air di permukaan Bumi, serta adanya gaya gravitasi oleh Bumi (Safi, dkk., 2017).

Menurut web resmi dari BMKG ([bmkg.go.id](http://bmkg.go.id)), peringatan dini gelombang tinggi merupakan informasi prakiraan gelombang untuk 2 hari ke depan yang akan diinformasikan jika terjadi gelombang tinggi lebih dari 1,30 meter dan bertahan selama 12 jam ke depan di sekitar perairan Indonesia dan berlaku maksimal 2 hari sejak dikeluarkan dan diperbaharui setiap ada perubahan dan sebelum masa berlakunya habis. Gelombang tinggi air laut ini sering menyebabkan terjadinya banjir rob di daerah pesisir pantai. Sehingga perlu adanya alat peringatan dini saat terjadi banjir rob.

**Mikrokontroler NodeMCU ESP32.** NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang bertipe baru dari mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (Riyansyah, 2021). Kelebihan dari perangkat ESP32 yaitu dapat *running stand alone* tanpa perlu dihubungkan pada mikrokontroler, dan dapat mengeksekusi program lebih cepat dibandingkan mikrokontroler 8 bit (Mulya, 2021), pin out nya yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat *bluetooth 4.0 low energy* (Muliadi, 2020).

**Sensor Ultrasonik HC-SR04.** Sensor ultrasonik tipe HC-SR04 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek. Jarak yang bisa ditangani yaitu berkisar antara 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat presisi sebesar 0,3 cm. Sudut deteksi yang bisa ditangani yaitu tidak lebih dari 15°. Arus yang dibutuhkan tidak lebih dari 2 mA dan tegangan yang dibutuhkan sebesar +5V serta jumlah pin adalah 4. Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar atau *transmitter* dan penerima atau *receiver*. Prinsip kerja sensor ini yaitu *transmitter* akan menembakkan gelombang ultrasonik ke arah targetnya. Setelah gelombang ultrasonik menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut, kemudian akan ditangkap oleh *receiver*. Setelah itu sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang ultrasonik dan waktu pantulan yang diterima (Puspasari, dkk., 2019).

**Layar OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) 0.96".** Layar OLED 0.96" adalah *graphic display* berukuran 0.96 inci dengan resolusi 128x64 menggunakan teknologi OLED dan komunikasi serial I2C (hanya perlu 2 pin IO untuk koneksi ke Arduino atau NodeMCU). Berbeda dengan teknologi LCD, layar OLED dapat menghasilkan cahaya sendiri dari masing-masing pixelnya dan tidak membutuhkan tambahan *backlight* lagi, sehingga tampilan dari layar OLED terlihat lebih terang dan jernih. OLED membuat tampilan lebih jelas di banding LCD (Ratna, 2020).

**ThingSpeak.** *ThingSpeak* adalah platform aplikasi dan API *Internet of Things (IoT) open source* untuk menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran pada *web server*, data sensor dapat dikirimkan dari Arduino, NodeMCU, *Raspberry Pi* dan perangkat keras lainnya. *ThingSpeak* memungkinkan pembuatan aplikasi perekaman sensor dengan pembaruan status, aplikasi pelacakan lokasi, dan konten jejaring sosial. Hasil pembacaan data sensor disimpan pada *database ThingSpeak* secara *real-time* yang dapat diakses melalui web serta smartphone yang telah terpasang aplikasi *ThingView* (Akbar, dkk., 2019).

**WhatsApp Messenger.** *Whatsapp messenger* merupakan aplikasi *instant messaging* melalui internet untuk berkomunikasi satu sama lainnya dalam berbagi file, teks, suara, video, ataupun lokasi. Keamanan yang dimiliki oleh aplikasi *Whatsapp messenger* menggunakan *enkripsi end-to-end*, dimana keseluruhan data pengguna *Whatsapp messenger* diberi keamanan agar hanya dapat dibaca oleh pengirim dan penerima pesan (Kurniawan, dkk., 2021). *WhatsApp Messenger* adalah salah satu aplikasi

yang mendukung adanya bot ini. Karena dengan hadirnya bot ini meringankan kita mengolah sejenis aplikasi chatting khusus dan juga menggantikan pekerjaan moderasi di dalam sebuah grup. Bot bisa dijalankan atas dasar perintah yang dibuat melalui bahasa pemrograman, apabila Bot diberi perintah akan berjalan sesuai bahasa pemrograman yang sudah dibuat sesuai perintah yang ingin kita jalankan.

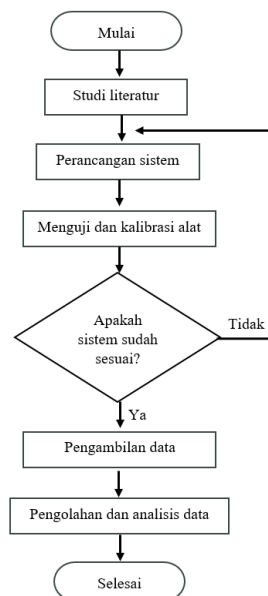
## METODE

Penelitian dilaksanakan di Kantor Syahbandar Utama Tanjung Perak yang berada di Jalan Kalimas Baru No. 194, Perak Utara, Kecamatan Pabean Cantikan, Surabaya. Tinggi dermaga pada kantor Syahbandar dari acuan LWL adalah 1,9 meter. Penempatan alat dilakukan di tempat yang tidak terkena pengaruh gelombang secara langsung. Untuk alat yang dibuat ditempatkan di area dermaga dengan posisi tegak lurus agar tidak terkena gelombang secara langsung. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 5-8 Mei 2023 karena diperkirakan akan terjadi bulan purnama dan akan terjadi pasang tertinggi.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Beberapa alat yang digunakan adalah mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, OLED, laptop, mistar, dan aki. *Software* yang digunakan yaitu *ThingSpeak* sebagai server basis data untuk menyimpan data serta aplikasi *Bot WhatsApp* sebagai pemberi notifikasi informasi peringatan secara langsung dan cepat. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu air laut.

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketinggian lokasi penempatan sensor yaitu 2,41 meter dari acuan LWL dan jenis sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai variabel kontrol. Waktu pengambilan data sebagai variabel manipulasi yaitu setiap lima menit sekali selama 3 hari.

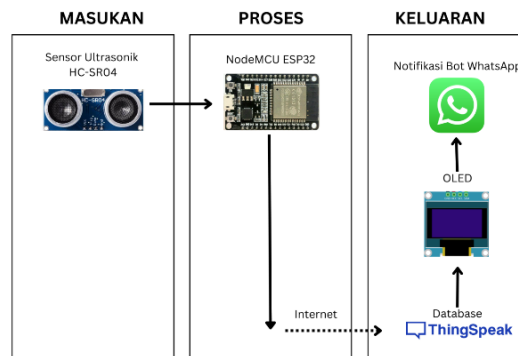
Tahapan penelitian alat monitoring pasang surut air laut berbasis IoT dengan NodeMCU ESP32 dan sensor HC-SR04 dilakukan dalam lima tahap penelitian, yakni studi literatur, perancangan sistem, menguji dan kalibrasi alat, pengambilan data, serta pengolahan dan analisis data seperti pada diagram alir Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Diagram Alir Tahapan Penelitian

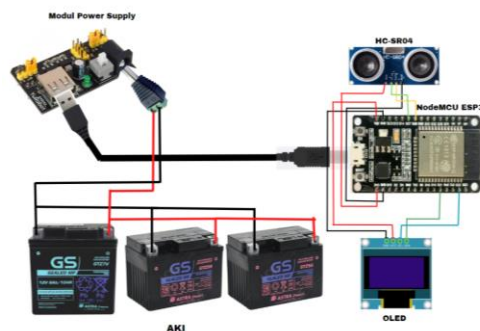
Pada perancangan perangkat keras dilakukan pengkabelan dan pengaturan tata letak dari semua komponen dan modul. NodeMCU ESP32 menjadi pusat pemrosesan informasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan diolah menjadi informasi agar dapat dikirim ke *ThingSpeak* sebagai media penyimpanan data sensor, OLED yang menampilkan nilai ketinggian air laut dan *WhatsApp* sebagai media penyampaian peringatan dini. Perancangan dan implementasi pemrograman di NodeMCU ESP32

menggunakan *sketch* dan bahasa C++ pada Arduino IDE. Adapun diagram blok proses kerja perangkat lunak dan keras penelitian monitoring ketinggian air laut dibawah ini.



**Gambar 2.** Diagram Blok Alat Monitoring Ketinggian Air Laut

Berdasarkan Gambar 2, dapat dijelaskan bahwa awal masukan dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang mendeteksi ketinggian air laut kemudian mengirimkan sinyal hasil pengukuran ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan kemudian hasil pengukuran ketinggian air laut ditampilkan pada layar OLED. Data ketinggian air laut juga disimpan pada *database* berupa *software* *ThingSpeak* yang akan muncul hasil berupa grafik serta apabila nilai ketinggian air laut melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu 130 cm, maka akan muncul notifikasi peringatan bahaya pada aplikasi *WhatsApp*. Data yang ditampilkan berupa data ketinggian air laut setiap tiga menit sekali selama 3 hari pasang dan 3 hari surut. Rancangan alat ini menggunakan sumber tegangan berupa aki. Gambar 3 merupakan gambar skematik rangkaian alat monitoring ketinggian air laut.

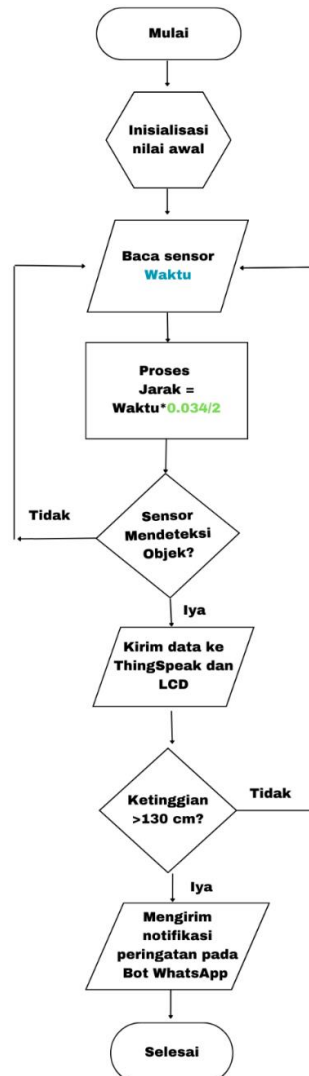


**Gambar 3.** Skema Rangkaian Alat

Setelah membuat skematik rangkaian alat, dilanjutkan dengan merancang sistem program pada perangkat lunak menggunakan aplikasi arduino IDE, kemudian program atau koding akan diimplementasikan ke rancangan alat ukur dan pengiriman data ketinggian air laut yang diupload pada mikrokontroler NodeMCU ESP32. Selanjutnya melakukan pemrograman yang menghubungkan sistem perangkat keras (*hardware*) dengan perancangan sistem program pada perangkat lunak (*software*) yaitu *ThingSpeak* dengan memasukkan kode *channel ID* dan *API Key* serta aplikasi *WhatsApp* dengan memasukkan token *chatbot WhatsApp* yang diunggah dalam pemrograman Arduino IDE sebagai aplikasi monitoring.

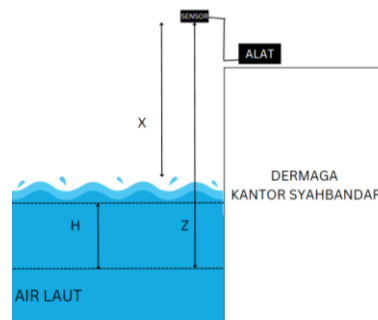
Diagram alir sistem yang menunjukkan komponen dan alur kerjanya dinyatakan dalam Gambar 4. Proses inisiasi (*setup*) di awal program dilakukan dengan memanggil pustaka yang diperlukan untuk mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, dan OLED, penentuan kaki pin yang digunakan, konstanta dan isi variabel. Fungsi pengulangan (*loop*) melakukan pembacaan data-data sensor, konversi data pembacaan sensor menjadi variabel string dan menampilkannya ke OLED,

mengirimkan data-data tersebut ke *ThingSpeak* serta mengirim notifikasi peringatan pada *WhatsApp*. Di bawah merupakan diagram alir perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak alat monitoring ketinggian air laut.



**Gambar 4.** Diagram Alir Alat Monitoring Ketinggian Air Laut

Gambar 4 merupakan diagram alir dari sistem perangkat lunak. Alat monitoring ketinggian air laut hanya dapat bekerja ketika sudah terkoneksi dengan jaringan internet. Ketika koneksi internet terputus, maka alat akan berhenti bekerja dan jika waktu terputus lebih dari 2 menit, maka alat akan otomatis mereset. Setelah alat terhubung dengan sumber daya dan internet, maka sensor akan mulai membaca ketinggian air laut. Kemudian, hasil pembacaan akan ditampilkan pada OLED serta dikirimkan ke server *ThingSpeak* dan *Bot WhatsApp* pengguna. Sehingga, pada *ThingSpeak* pengguna akan muncul data nilai ketinggian air laut berupa grafik dan data pada tabel. Selain itu juga akan muncul notifikasi peringatan pada *Bot WhatsApp* pengguna apabila melewati nilai ambang batas yaitu 130 cm. Gambar 5 merupakan gambaran penempatan alat monitoring ketinggian air laut beserta rumus pengukurannya.



**Gambar 5.** Penempatan Alat Monitoring Ketinggian Air Laut (Sumber: Pribadi)

Rumus pengukuran yaitu  $(H) = Z - X$  (1)

Keterangan: H = Perubahan ketinggian air laut (cm)

X = Jarak yang terukur oleh sensor (cm)

Z = Jarak dari titik LWL (*Low Water Level*) atau muka air laut surut terendah ke sensor (241 cm) (cm)

Selanjutnya yaitu pengujian sistem. Pada tahap ini dilakukan dengan membandingkan hasil yang terukur pada sensor dengan mistar. Tahap awal pengujian alat monitoring ketinggian air laut dilakukan di laboratorium yang memiliki bak penampungan air, jika pengujian berhasil maka selanjutnya dilakukan pengujian langsung ke lapangan yaitu langsung ke wilayah laut Tanjung Perak, Surabaya.

Pengukuran ketinggian air di laboratorium dilakukan menggunakan ember yang berisi air. Ember tersebut di beri tanda ukur setiap 1 cm, dimana tinggi ember adalah 36 cm. Alat diletakan sedemikian rupa di atas ember yang masih kosong dengan jarak 40 cm dari dasar ember. Selanjutnya ember diisi air secara bertahap tiap lever air 5 cm hingga 30 cm. Pencatatan level air tersebut merupakan hasil pembacaan sensor dan hasil pembacaan manual. Hasil dari pencatatan di masukan dalam tabel dan divisualisasikan dalam grafik garis lurus. Hasil pembacaan sensor akan di nilai akurasi yang kemudian memperhitungkan eror rata-rata dan akurasi alat, terhadap nilai pencatatan manual sebagai nilai yang dianggap benar. Perhitungan akurasi dilakukan untuk mengetahui ketelitian alat yang dibuat dengan alat ukur konvensional. Jika selisih masih dalam batas toleransi dan sesuai dengan spek ketelitian sensor ultrasonik yang dipakai, maka dapat dikatakan alat yang dibuat dapat digunakan.

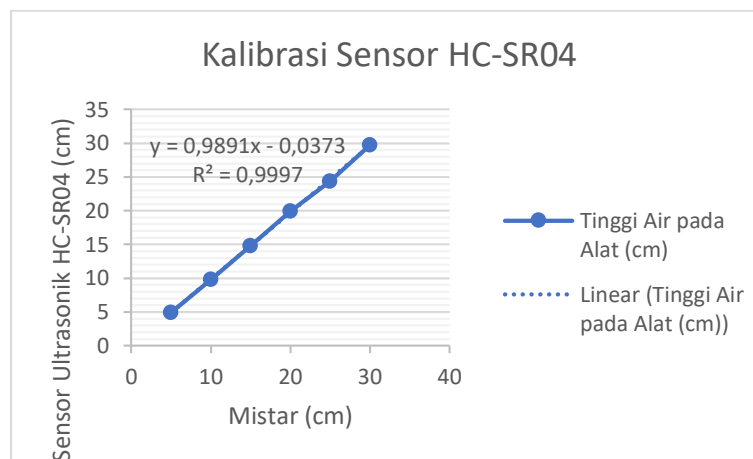
Setelah pengujian di laboratorium berhasil dan mendapatkan nilai pembacaan yang akurat, maka selanjutnya dilakukan pengujian ke lapangan yaitu sekitar Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya, tepatnya di area Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Pengujian ini dilakukan selama tiga hari yaitu tanggal 5-8 Mei 2023. Pengujian dilakukan dengan memasang peralatan sensor di dermaga yang ada. Pencatatan pembacaan ketinggian air laut dilakukan setiap tiga menit sekali. Selama proses pengujian diamati secara keseluruhan kinerja dari peralatan seperti ketahanan aki yang digunakan, tampilan di OLED serta hasil yang dikirim melalui *website ThingSpeak* dan *Bot WhatsApp*. Dari data yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan data ketinggian air laut milik BMKG Maritim Tanjung Perak Surabaya yang dapat diakses melalui *website* <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>.

Alat ini menghasilkan data berupa ketinggian air laut dengan satuan centimeter dari permukaan air laut terendah. Data yang ditampilkan merupakan data kuantitatif berupa data ketinggian air setiap lima menit sekali dalam 3 hari pasang dan 3 hari surut. Serta apabila nilai ketinggian air melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu 130 cm, maka akan muncul notifikasi peringatan pada aplikasi *WhatsApp*. Data disimpan dengan format *.csv*.

Setelah data selesai diolah, selanjutnya dilakukan analisis mengenai hasil yang telah diperoleh. Terakhir dilakukan penulisan kesimpulan mengenai rumusan masalah yang telah diambil pada penelitian ini.

## HASIL DAN DISKUSI

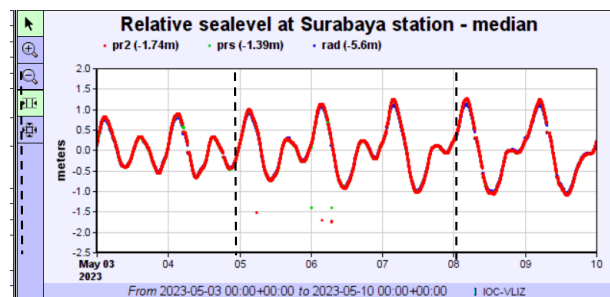
Pengujian di laboratorium dilakukan dengan mengukur ketinggian air menggunakan dua alat ukur, yaitu alat sensor ultrasonik HC-SR04 yang telah dibuat dan mistar atau pengaris. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 didapatkan 6 nilai, yaitu 5-30 cm dengan kelipatan 5 cm. Data hasil uji sensor ultrasonik HC-SR04 dan mistar dapat dilihat pada lampiran. Grafik perbandingan hasil pengujian menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mistar ditunjukkan oleh Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Sensor Dengan Mistar

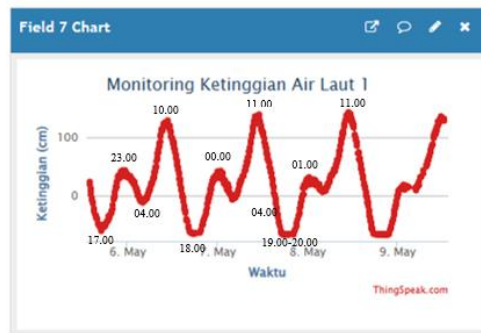
Berdasarkan Gambar 6 diatas dapat dianalisis bahwa persamaan  $y$  menunjukkan hasil dari gradien (m) sebesar 0,9891 dengan konstanta (c) sebesar 0,0373, dimana untuk mendapatkan pembacaan nilai sensor ultrasonik HC-SR04 dihasilkan dari nilai gradien dikali dengan nilai mistar dikurangi dengan nilai konstanta. Dengan demikian didapatkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9997, dimana perbandingan hasil pengujian menggunakan sensor suhu dan suhu meter digital adalah 99,97%. Dengan kata lain alat ukur ini memiliki nilai akurasi cukup tinggi, sehingga dapat digunakan pada pengujian di lapangan.

Pada pengujian alat pertama dilakukan mulai pada tanggal 5 Mei 2023 pukul 14.00 WIB hingga 8 Mei 2023 pukul 13.00 WIB. Gambar 7 merupakan grafik data pasang surut air laut berdasarkan alat monitoring BMKG serta Gambar 8 merupakan *field* grafik data pengamatan yang sudah terkirim melalui web *Thingspeak*.



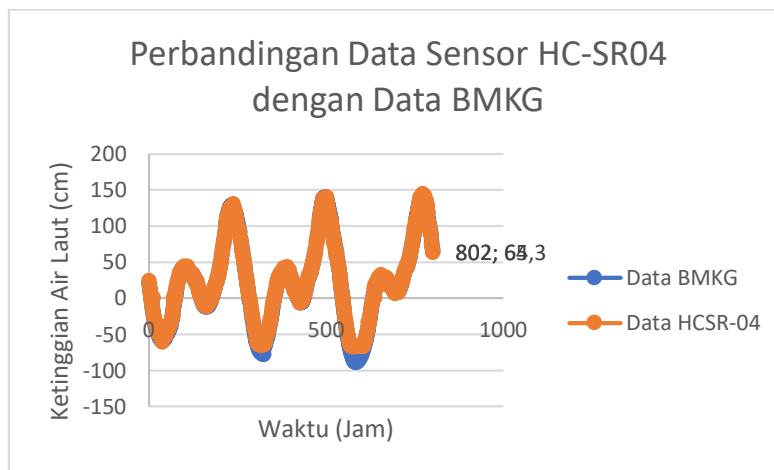
**Gambar 7.** Grafik Data BMKG Tanggal 5-8 Mei 2023 (Sumber: <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/map.php>)





**Gambar 8.** Field Grafik Data Tanggal 5-8 Mei 2023

Gambar 8 merupakan data yang telah terekam pada pengujian tanggal 5-8 Mei 2023 dengan ketinggian air laut minimum sebesar -67 cm pada tanggal 7 Mei 2023 pukul 19.00-20.00 WIB serta ketinggian air laut maksimum sebesar 140 cm pada tanggal 8 Mei 2023 pukul 11.00. Grafik perbandingan antara data ketinggian air laut menggunakan sensor HC-SR04 dengan data BMKG Maritim Tanjung Perak Surabaya ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Data Monitoring Ketinggian Air Laut 5-8 Mei 2023 BMKG dengan Data Sensor HC-SR04

Berdasarkan grafik perbandingan data menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan BMKG terlihat bahwa bentuk gelombang ketinggian air laut telah memiliki bentuk yang hampir sama meskipun terdapat beberapa data yang memiliki perbedaan atau selisih nilai yang cukup jauh.

Perubahan cuaca adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sensor HC-SR04. Menurut data cuaca dari [bmgk.go.id](http://bmgk.go.id), pada tanggal 6-7 Mei 2023 jam 16.00-21.00 WIB, suhu udara pada daerah Tanjung Perak Surabaya berada pada rentang 27,2-26,4°C dengan nilai kelembaban udara pada rentang 87-94%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Haryani, dkk. (2016) yang menyatakan bahwa suhu pada sistem berakibat terhadap cepat atau lambatnya gelombang bunyi yang merambat di udara. Dengan demikian perubahan pada tingkat kekuatan sinyal yang dikirimkan dan diterima oleh sensor, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi akurasi pengukuran jarak. Kelembaban juga mempengaruhi kinerja sensor HC-SR04. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Luomala dan Hakala (2015) yang menyatakan bahwa perubahan kelembaban lebih berpengaruh pada kinerja sensor ultrasonik. Keakuratan sensor akan menurun apabila kondisi kelembaban tinggi yaitu lebih dari 90%.

Nilai rata-rata eror yang tinggi juga disebabkan karena data pada alat instrumen monitoring ketinggian air laut berbasis IoT tidak ter-*upload* dengan baik, dengan kata lain terdapat beberapa data yang hilang baik pada data penelitian menggunakan sensor HC-SR04 maupun data BMKG. Selain karena faktor alam, gangguan jaringan internet pada *Wi-Fi* juga mempengaruhi kinerja alat monitoring ketinggian air laut berbasis IoT. Pada lokasi penempatan alat, jaringan internet atau koneksi data tidak stabil yang menyebabkan data tidak dapat diunggah secara *real-time*. Hal ini dapat terjadi karena alat instrumentasi ketinggian air laut berada jauh dari penempatan *router Wi-Fi*. Selain itu, terlalu banyak pengguna yang menggunakan jaringan secara bersamaan atau terdapat lalu lintas data yang sangat tinggi, sehingga kapasitas jaringan dapat menjadi terbatas. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas koneksi atau bahkan kegagalan koneksi.

Secara umum, nilai eror yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa hal. Sensor HC-SR04 bekerja dengan prinsip pemantulan gelombang, namun terkadang pantulan gelombang yang dihasilkan tersebut kurang sesuai, sehingga menyebabkan hasil pengukuran yang kurang maksimal, maka saat pemasangan sensor harus diperhatikan letak posisi sensor agar pantulan gelombang yang dihasilkan akurat (Yakob, dkk., 2019). Adanya selisih antara hasil pengukuran ketinggian pada alat dengan data milik BMKG Tanjung Perak Surabaya disebabkan karena sensor kurang sensitif, sensor dapat bekerja maksimal jika diletakkan pada tempat yang stabil dan dengan posisi sudut  $<15^\circ$  (Cytron, 2013). Untuk mendeteksi keberadaan suatu objek, gelombang ultrasonik dipantulkan pada objek. Karena sifat material suatu bahan memiliki tingkat pantulan gelombang ultrasonik yang berbeda, sehingga pantulan yang diperoleh akan menghasilkan jumlah pulsa yang diterima oleh sensor berbeda pula (Haryani, dkk., 2016). Nilai eror ini wajar adanya dikarenakan pengujian dilakukan di lapangan sehingga juga terdapat faktor alam yang mengganggu seperti ombak atau gelombang air lebih dari 5-10 cm serta terdapat limbah rumah tangga yang lewat mengenai sensor.

Selain itu, penggunaan *breadboard* juga mempengaruhi kinerja alat instrumen monitoring ketinggian air laut. Hal ini disebabkan karena penggunaan *breadboard* hanya cocok digunakan untuk membuat dan menguji sirkuit elektronik sementara, khususnya untuk menguji keluaran karena harganya yang murah dan dapat mengganti komponen serta menguji rangkaian yang berbeda. Penggunaan *breadboard* untuk sirkuit elektronik memiliki beberapa kelemahan, antara lain sifat rangkaian yang tidak permanen, sehingga memungkinkan terdapat rangkaian yang tidak terhubung dengan baik. Penggunaan terlalu banyak kabel jumper juga dapat mempengaruhi pembacaan karena kabel jumper memiliki hambatan pada materialnya. Selain itu, eror pada rangkaian elektronik disebabkan karena radiasi elektromagnetik dari elemen sirkuit terdekat lainnya, kabel catu daya, koneksi yang longgar, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, disarankan untuk merangkai rangkaian elektronik menggunakan PCB. PCB atau *Printed Circuit Board* merupakan papan berlapis tembaga yang digunakan untuk membuat jalur rangkaian elektronik pada pembuatan projek permanen. Rangkaian dirakit langsung pada PCB untuk mengurangi kesalahan yang dihasilkan saat menggunakan *breadboard*. PCB memiliki daya dukung arus yang jauh lebih baik dibandingkan dengan *breadboard* karena jalurnya yang lebih lebar untuk mengalirkan lebih banyak arus, sedangkan *breadboard* menyalurkan lebih sedikit kapasitas arus ke sirkuit karena komponen dihubungkan dengan kabel jumper. PCB mendukung dan menghubungkan sirkuit secara mekanis dan elektrik, sedangkan pada *breadboard* hanya secara mekanis (Yahya dan Ihlis, 2020).

Rancangan alat monitoring ketinggian air laut berbasis IoT yang telah dibuat juga memiliki sistem peringatan dini (*early warning*), dimana jika kondisi ketinggian air laut lebih dari 130 cm, maka akan secara otomatis mengirim notifikasi peringatan pada bot *WhatsApp* yang menandakan bahwa akan terjadi banjir rob seperti pada Gambar 10. Perubahan ketinggian air laut yang dapat dideteksi oleh sensor sehingga peringatan dini kepada penduduk setempat akan perubahan ketinggian air laut dapat lebih efisien dan cepat serta mengurangi dampak negatif dari perubahan ketinggian air laut dapat sedikit terbantu dengan adanya alat ini.



**Gambar 10.** Notifikasi Peringatan pada *Bot WhatsApp*

Data yang diperoleh pada bot *WhatsApp* melalui jaringan internet terjadi keterlambatan pengiriman. Hal ini karena pengiriman data dilakukan dengan mengandalkan *Wi-Fi* dengan jaringan internet yang tidak cukup kuat sehingga terdapat data yang mengalami keterlambatan perekaman hingga beberapa menit (Haqq, dkk., 2021). Agar alat instrumen dapat mengukur ketinggian air laut dan mengirim data secara *real-time* dengan baik, koneksi internet harus dipastikan dalam kondisi yang stabil sehingga tidak ada kendala dalam pengiriman data.

## KESIMPULAN

Alat instrumentasi monitoring ketinggian air laut berbasis IoT dengan NodeMCU ESP32 dan HC-SR04 telah berhasil melakukan pengujian di laboratorium dengan tingkat akurasi 99,97%, sehingga dapat digunakan pada pengujian di lapangan. Alat tersebut dirancang untuk memonitoring ketinggian permukaan air laut secara online pada *website ThingSpeak* serta dapat mengirim peringatan dini apabila ketinggian air laut berpotensi terjadi banjir rob di daerah pesisir laut tempat pengamatan melalui *Bot WhatsApp* yang mampu bekerja secara *real-time* yang dapat terhubung ke pc atau laptop maupun *smartphone*, praktis dan lebih ekonomis.

Alat monitoring ketinggian air laut telah berhasil melakukan pengujian selama 72 jam. Berdasarkan grafik perbandingan data menggunakan sensor HC-SR04 dengan BMKG terlihat bahwa bentuk gelombang ketinggian air laut telah memiliki bentuk yang hampir sama meskipun terdapat beberapa data yang memiliki perbedaan atau selisih nilai yang cukup jauh. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh cuaca, jaringan internet, penggunaan *breadboard*, letak posisi sensor, ombak atau gelombang air lebih dari 5-10 cm serta terdapat limbah rumah tangga yang lewat mengenai sensor.

## IMPLIKASI

Implikasi dari penelitian ini adalah kedepannya data penelitian diatas akan menjadi standart untuk membuat alat yang lebih baik yang akan digunakan oleh BMKG Maritim yang dapat diakses dengan mudah dan praktis bagi semua orang untuk mengurangi dampak negatif bencana alam yang terjadi.

## BATASAN

Keterbatasan yang terjadi dalam penelitian ini yaitu kurangnya kapasitas sumber daya yang digunakan, sehingga waktu pengamatan terbatas. Koneksi internet yang buruk juga menghambat proses pengamatan yang menyebabkan data sering tidak ter-*upload*. Selain itu penggunaan *breadboard* juga mempengaruhi kinerja alat instrumen monitoring ketinggian air laut.

## REKOMENDASI

Alat instrumentasi monitoring pasang surut air laut ini bekerja pada kondisi perairan air laut yang tenang dan sudah bekerja dengan baik, hanya saja perlu untuk meoptimalkan prinsip kerja, maka perlu dilakukan pengembangan bagi peneliti selanjutnya agar alat bisa bekerja secara optimal dalam memonitoring ketinggian air laut dalam jangka waktu yang lebih lama. Maka harus dilakukan pengembangan sebagai berikut: memakai daya yang lebih besar agar dapat menentukan komponen harmonik ketinggian air laut yang kompleks minimal 3 bulan, penambahan fitur modul SD card untuk mem-backup data apabila terjadi kehilangan data saat koneksi internet tidak stabil. menggunakan PCB board untuk membuat jalur rangkaian elektronik, kotak pada alat instrumentasi agar dibuat lebih *safety*, serta tempat penelitian diharapkan lebih *support* dalam sarana dan prasarana.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Safi, D. G. Pratomo dan M. N. Cahyadi. (2017). *Pengamatan Pasang Surut Air Laut Sesaat Menggunakan GPS Metode Kinematik. Jurnal Teknik ITS: Vol. 6 No. 2.* Bmkg.go.id. *Peringatan Gelombang Tinggi.* Diakses pada 19 Maret 2023, dari <https://www.bmkg.go.id/cuaca/peringatan-gelombang-tinggi.bmkg>.
- Cytron Technologies. (2013). *Hc-Sr04.* [Online]. Available: <http://raspoid.com/download/datasheet/HCSR04%0A2019-05-24>.
- F. F. Haryani, R. Lestari dan Y. A. Rezeki. (2016). *Pengaruh Suhu Terhadap Tingkat Akurasi Sensor Ultrasonik Ping Parallax. Tesis S2.* Institut Teknologi Bandung.
- F. Puspasari, I. Fahrurrozi, T. P. Satya, G. Setyawan, M. R. A. Fauzan, dan E. M. D. Admoko. (2019). *Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya: Vol. 15, No. 2.*
- IOC Sea Level Monitoring. Diakses pada tanggal 26 Mei 2023, dari <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>.
- J. Luomala dan I. Hakala. (2015). *Effects of Temperature and Humidity on Radio Signal Strength in Outdoor Wireless Sensor Networks. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems: Vol. 5, 1247-1255.*
- M. H. Kurnia, R. E. Saputra dan C. Setianingsih. (2021). *High-Low Detection of SeaWater Waves With Multi-Sensor System Based on Iot. e-Proceeding Eng: Vol. 8, No. 5, 6175–6182.*
- Muliadi, Dkk. (2020). *Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. Jurnal Media Elektrik.* Makassar.
- Mulya, Ridhwan Darmawan. (2021). *Rancang Bangun Alat Rekayasa Iklim Mikro Untuk Tanaman Kaktus Pada Daerah Beriklim Tropis Di Indonesia Berbasis Internet Of Things.* Jurnal Komputer Dan Aplikasi, Pontianak.
- M. Yakob, N. Sagita dan R. A. Putra. (2019). *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ketinggian Permukaan Air Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. J. Ilm. Jurutera: Vol. 06, 10–13.* [Online]. Available: [ejournalunsam.id/index.php/jurutera](http://ejournalunsam.id/index.php/jurutera).
- N. A. Haqq, Khomsin dan D. G. Pratomo. (2021). *The Design of an Arduino Based Low-Cost Ultrasonic Tide Gauge with the Internet of Things (Iot) System. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci: Vol. 698, No. 1, 1–9.*
- N. Yahya dan A. Ihlas. (2020). *Pemantau Tegangan Baterai Ion Litium dalam Rangkaian Empat Seri pada Aplikasi Penyimpan Energi Berdaya Tinggi. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.*
- R. Akram dan L. Fitria. (2021). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Level Ketinggian Air Laut Berbasis Internet Of Thing. JITE (Journal Informatics Telecommun.Eng: Vol. 4, 1–9.*
- Ratna, Silvia. (2020). *Sistem Monitoring Kesehatan Berbasis Internet Of Things (IoT). Al Ulum Sains dan Teknologi: Vol. 5, No. 2.*

- R. D. Agustin, I. Suchyo dan M. Yantidewi. (2022). *Rancang Bangun Alat Monitoring Pasang Surut Air Laut Berbasis Iot Dengan NodeMCU ESP8266 Dan HC-SR04*. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika: Vol. 06, No. 02*, 147 – 157.
- R. Fadly dan C. Dewi. (2019). *Pengembangan Sensor Ultrasonic Guna Pengukuran Pasang Surut Laut Secara Otomatis dan Real Time*. *J. Rekayasa: Vol. 23, No. 1*, 1–16.
- Riyansyah, Raden Gumilar., Dkk. (2021). *Smart Monitoring Alat Infus Pasien Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Mikrokontroler Esp32*. *Scientific Student Journal For Information, Technology And Science*. Karawang.
- R. N. Kurniawan, R. Munadi, dan I. H. Santoso. (2021). *Sistem Monitoring Kwh Meter Dengan Media Komunikasi Instan Messaging Whatsapp Berbasis Internet Of Things*. *e-Proceeding of Engineering: Vol. 8, No. 5*, 5505.
- S. A. Akbar, D. B. Kalbuadi dan A. Yudhana. (2019). *Monitoring Kualitas Air Waduk Berbasis ThingSpeak*. *Transmisi: Vol. 21, No. 4*, 109-115.