

## PROTOTYPE DEVICE FOR MEASURING WATER LEVEL HEIGHT WITH SOLAR PANEL AND BATTERY POWER SOURCE IN CENTRAL KALIMANTAN PEATLAND

### ALAT PROTOTIPE PENGUKUR TINGGI MUKA AIR DENGAN SUMBER ENERGI PANEL SURYA DAN BATERAI DI LAHAN GAMBUT KALIMANTAN TENGAH

Elvan<sup>1</sup>, Fherdika Boy<sup>2</sup>, Julian Prakarsa<sup>3</sup>, Muhammad Firza<sup>4</sup>, Fajar Sukmawan Aritama H.P<sup>5</sup>, Lola Cassiophea<sup>6</sup>, Vontas Alfenny Nahan<sup>7</sup>

<sup>1 2 3 4 5</sup> Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

<sup>6</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

<sup>7</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Palangka Raya

e-mail: elvanloy@gmail.com, ferdikaboy12@gmail.com, prakarsajulian@gmail.com, firzam720@gmail.com, fajarsukmawan888@gmail.com

#### ABSTRACT

*This research aims to develop a prototype tool for measuring water level (TMA) in the peatlands of Central Kalimantan by utilizing renewable energy from solar panels and batteries as the main environmentally friendly power source. The system is designed based on the ESP32 microcontroller integrated with a submersible transducer sensor based on the hydrostatic principle to improve measurement accuracy and stability compared to ultrasonic sensors, which tend to be affected by temperature and humidity conditions. This device is also equipped with a data logger and IoT connectivity for real-time data monitoring through the Firebase platform, enabling remote supervision without the need for direct presence in the field. The research process includes the design of wiring diagrams and PCBs, physical assembly of components, system programming, as well as testing voltage, current, and power parameters to evaluate the efficiency and performance of the device's energy system. The test results show that the prototype is capable of operating independently, with a TMA measurement accuracy of  $\pm 2.5$  cm and a high correlation between electrical parameters and system performance ( $R^2 = 0.94$ ). This tool is expected to be an effective, cost-efficient, and sustainable solution for monitoring water surface levels in remote and hard-to-reach areas.*

**Keywords:** Water Level Measurement, Peatland, Solar Energy

#### PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan kawasan yang terbentuk dari akumulasi bahan organik dalam waktu lama, dengan luas mencapai 13,43 juta hektare di Indonesia, tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi (Nusantara et al., 2023). Kalimantan Tengah, khususnya Kota Palangka Raya, memiliki ekosistem gambut  $\pm 115.873$  hektare atau sekitar 75% wilayah kota dengan dominasi tipe hemik dan kedalaman hingga 20 meter (Dinas Lingkungan Hidup Kota Palangka raya, 2024) (Raya, 2024) Lahan gambut ini tidak hanya menyimpan keanekaragaman hayati khas, tetapi juga sangat rentan terhadap kebakaran dan degradasi akibat alih fungsi lahan, sehingga memerlukan pengelolaan serta pemantauan yang berkelanjutan (Nomeritae et al., 2023).

Permukaan lahan gambut mudah kehilangan kelembapan saat musim kemarau dan menjadi sangat rawan terbakar, sehingga api dapat menjalar ke lapisan bawah yang relatif lembap (Gunawan et al., 2020). Pada tahun 2019, kebakaran gambut di Indonesia mencapai 994.450 hektare dengan emisi 12,51 juta ton CO<sub>2</sub> (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Kebakaran ini mengancam kelestarian ekosistem rawa gambut, habitat satwa liar, serta berdampak buruk pada kesehatan masyarakat (Cassiophea & Vontas Alfenny

Nahan, 2023). Oleh karena itu, pemantauan tinggi muka air tanah (TMA) sangat penting untuk pencegahan kebakaran, sebagaimana diatur dalam PP No. 71 Tahun 2014 bahwa TMA harus dijaga tidak lebih dari 0,4 meter di bawah permukaan untuk mempertahankan fungsi hidrologis lahan gambut (Febrianti et al., 2018).

Seiring perkembangan teknologi, telah dikembangkan berbagai alat pemantauan TMA, seperti *Hobo water level logger* yang akurat tetapi mahal (Wakhid & Zainudin, 2019), serta sensor ultrasonik yang lebih terjangkau namun terkadang kurang akurat akibat bias pantulan dinding lubang pemantauan (Rahman et al., 2024). Untuk menjawab tantangan ini, penulis menawarkan penggunaan sensor transduser dengan prinsip kerja serupa *logger* otomatis namun lebih ekonomis dan mudah diperoleh. Penelitian ini juga akan memantau komponen penting seperti daya, arus, voltase, dan kondisi baterai guna memastikan alat bekerja optimal dalam mendukung pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin sebagai subjek utama dan dilaksanakan di lima lokasi di Palangka Raya, Kalimantan Tengah, yaitu KHDTK Tumbang Nusa, Repeat, Kanal Ruslan, Cimtrop, dan KM 13. Kegiatan penelitian berlangsung selama enam bulan, mulai dari penyusunan proposal pada November 2024 hingga penyelesaian laporan pada April 2025. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan desain *pre-eksperimental* untuk mengevaluasi penggunaan sensor Transduser dalam memantau tinggi muka air gambut.



Gambar 1. Titik Koordinat Penempatan Alat

Tabel 1. Lokasi Pemasangan

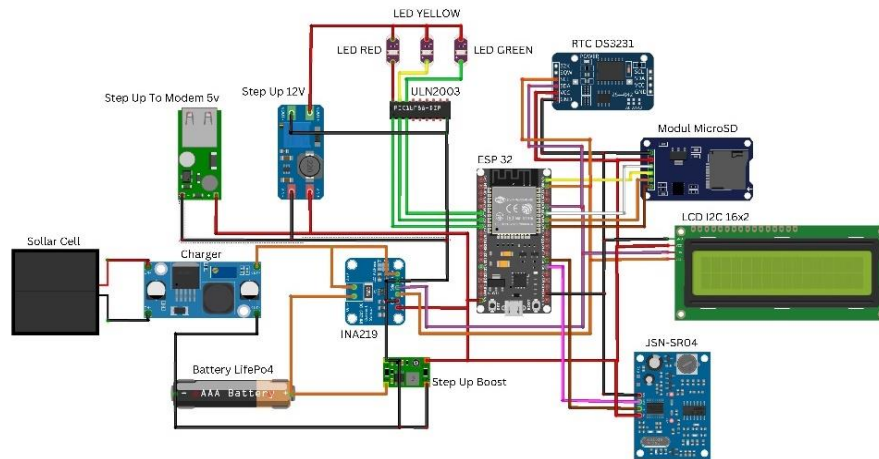
No	Lokasi Monitoring	Koordinat Geografis	Karakteristik Lingkungan
1	Cimtrop	-2.316451, 113.8992	Laboratorium Hutan, kawasan konservasi
2	Kanal Ruslan	-2.322024, 113.917294	Dalam kawasan Taman Nasional Sebangau
3	KHDTK	-2.336982, 113.801167	Hutan pendidikan, konservasi
4	REPEAT	-2.351097, 114.09317	Area rehabilitasi, lembab sepanjang tahun
5	KM 13	-2.154561, 113.814261	Lahan eks-bakaran, restorasi kanal

(Sumber: Penelitian, 2025)

## SKEMA ALAT

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk memantau tinggi muka air gambut yang terhubung ke web Firebase dan telah dipasang di wilayah Palangka Raya. Desain alat pemantauan ini memanfaatkan berbagai jenis mikroprosesor dan transduser. Seperti terlihat pada Gambar 1, salah satu

komponen utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 yang terhubung langsung dengan sensor melalui beberapa kabel. Mikrokontroler ESP32 ini juga berperan dalam mengatur daya pada sensor, dengan sumber energi terbarukan yang berasal dari panel surya dan aki. Setiap bagian dari perangkat ini memiliki fungsi tersendiri, baik sebagai komponen utama maupun sebagai pendukung. Proses perakitan harus dilakukan secara cermat untuk mencegah kerusakan komponen akibat kesalahan saat pemasangan.



Gambar 2. Desain Skema Alat



Gambar 3. Tampak Alat Desain dan Penerapan di Lapangan

Tabel 2. Jobdesk Prototipe

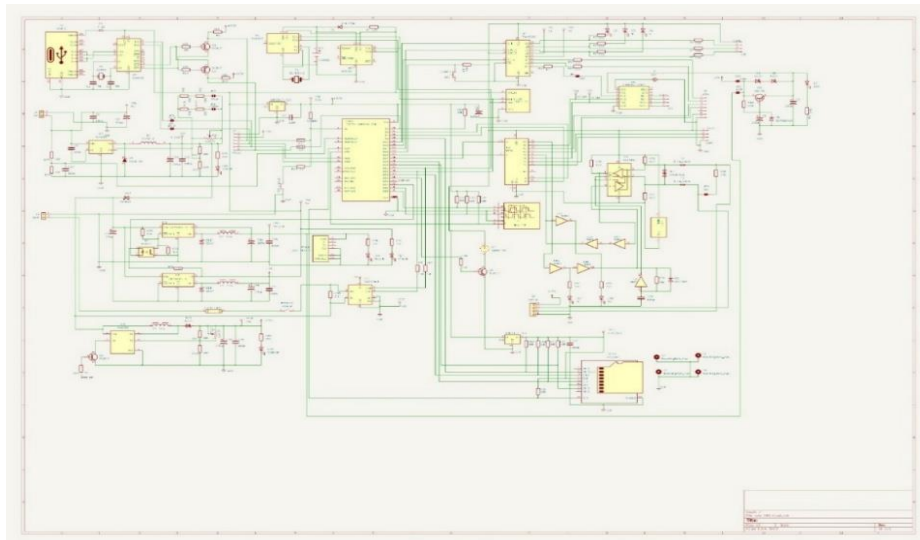
No	Nama Tim	Jobdesk	Alokasi Waktu
1	Julian Prakarsa	Desain Wiring Diagram	5 Minggu
2	Muhammad Firza	Desain Papan Sirkuit Cetak	5 Minggu
3	Elvan	Perakitan Alat	5 Minggu
4	Fajar Sukmawan	Proses Pemograman	5 Minggu
5	Fherdika Boy	Pengujian Alat	6 Minggu
<b>Total</b>			<b>26 Minggu</b>

(Sumber: Penelitian, 2025)

Dalam proses perancangan dan pengembangan alat prototipe, setiap tahapan kerja dibagi ke dalam lima bagian utama, yaitu perancangan wiring diagram, perancangan papan sirkuit cetak (PCB), perakitan alat, pemrograman sistem, dan pengujian alat. Tahap perancangan wiring diagram dan desain PCB masing-masing dijadwalkan selama 5 minggu. Selanjutnya, tahap perakitan alat dan proses pemrograman juga dilaksanakan dalam jangka waktu yang sama, yaitu 5 minggu. Sementara itu, tahap pengujian alat membutuhkan waktu 6 minggu untuk memastikan performa sistem berjalan sesuai dengan rancangan. Secara keseluruhan, total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan tersebut adalah 26 minggu. Pembagian tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja dan mendukung kelancaran dalam pengembangan alat prototipe.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### DESAIN WIRING DIAGRAM

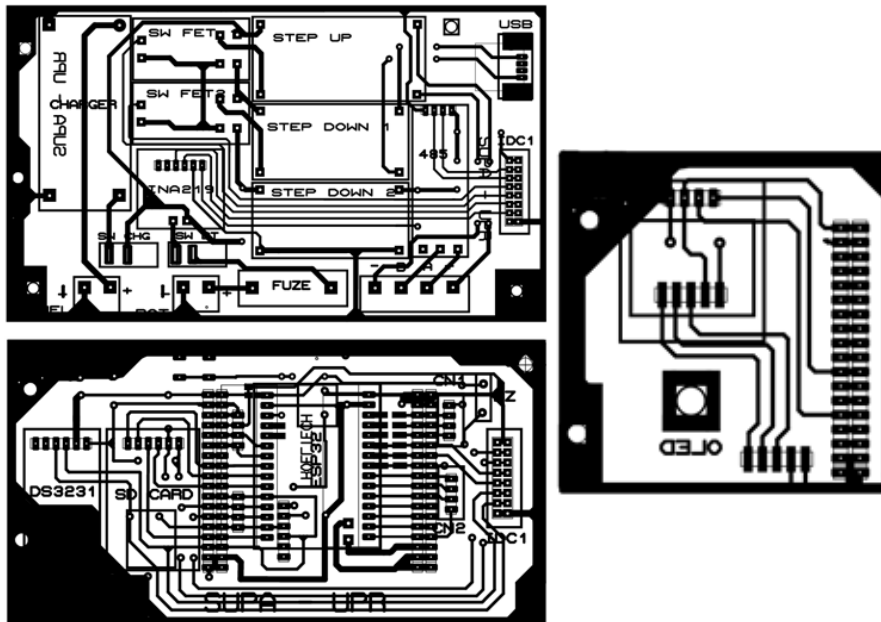


Gambar 4. Wiring Diagram Software Proteus

Gambar 4. di atas merupakan diagram skematik rangkaian elektronik yang dirangkai dengan software Proteus, digunakan dalam perancangan dan sistem pengukuran tinggi muka air berbasis mikrokontroler. Rangkaian ini mencakup berbagai komponen utama seperti mikrokontroler, sensor, pengatur tegangan, rangkaian komunikasi, serta sistem catu daya yang mendukung operasional seluruh perangkat. Integrasi komponen-komponen tersebut bertujuan untuk menghasilkan sistem baik dan siap digunakan.

Rangkaian ini dirancang untuk memastikan pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan secara akurat dan real-time dengan pengolahan data yang cepat oleh mikrokontroler. Selain itu, sistem komunikasi yang terintegrasi memungkinkan data hasil pengukuran dikirim secara langsung ke perangkat penyimpanan atau tampilan jarak jauh, sehingga memudahkan pemantauan dan analisis kondisi muka air secara berkelanjutan. Penggunaan pengatur tegangan yang stabil juga menjamin komponen elektronik beroperasi optimal tanpa gangguan, terutama dalam lingkungan lapangan yang mungkin memiliki variasi catu daya.

## DESAIN PAPAN SIRKUIT CETAK (PCB)

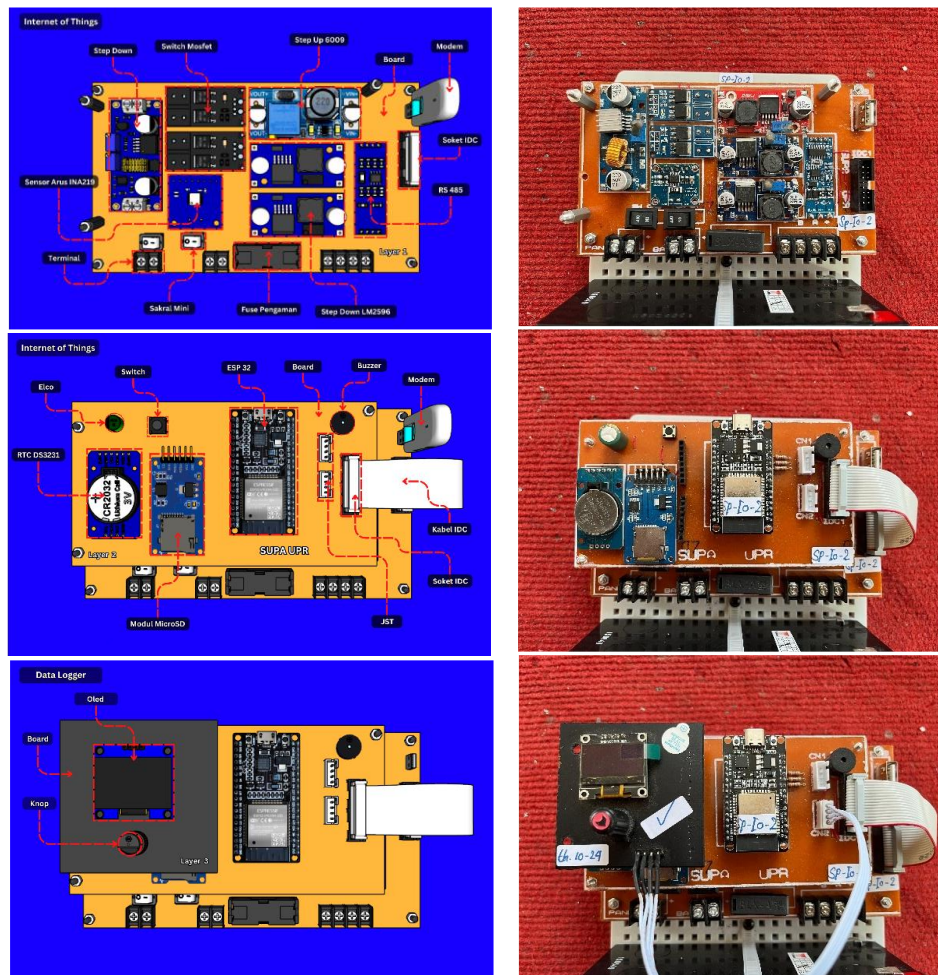


Gambar 5. Desain Papan Sirkuit Cetak

Desain PCB dalam penelitian ini dibuat menggunakan software Proteus yang umum digunakan untuk simulasi dan tata letak rangkaian elektronika. Proses dimulai dari penyusunan skematik yang mencakup regulator tegangan, sensor arus, modul komunikasi, mikrokontroler, dan media penyimpanan, kemudian dilanjutkan ke tahap layout PCB dengan memperhatikan efisiensi ruang, kestabilan koneksi, dan kemudahan perakitan. PCB terdiri dari tiga bagian utama: bagian atas memuat modul pengelolaan daya dan komunikasi (step-up, regulator step-down, sensor INA219, RS485, sekring), bagian tengah untuk board ESP32, RTC DS3231, dan SD Card, serta bagian kecil terakhir untuk OLED sebagai tampilan informasi real-time, dengan jalur yang dirancang untuk stabilitas arus dan minim kebisingan.

Selain desain fisik, perhatian khusus juga diberikan pada pemilihan komponen agar tahan terhadap kondisi lingkungan lapangan, seperti kelembaban dan suhu yang bervariasi. Penggunaan sensor INA219 untuk monitoring arus dan tegangan secara real-time membantu menjaga kestabilan catu daya serta mendeteksi potensi gangguan sedini mungkin. Sistem komunikasi RS485 yang digunakan memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan tingkat interferensi yang rendah, sangat cocok untuk aplikasi pengukuran tinggi muka air di lokasi terpencil. Dengan desain PCB yang terintegrasi dan komponen yang dipilih secara cermat, sistem ini diharapkan dapat beroperasi secara andal dan efisien dalam jangka waktu lama.

## PERAKITAN ALAT PROTOTIPE



Gambar 6. Desain Software Sketchup

Gambar 6. menunjukkan desain modular tiga lapisan dari sistem perangkat monitoring tinggi muka air, dengan visualisasi komponen dibuat menggunakan SketchUp untuk mempermudah penempatan, perencanaan posisi, dan penyesuaian dimensi komponen seperti sensor, regulator, mikrokontroler, serta konektor. Lapisan pertama memuat modul akuisisi daya (step-up, step-down, sensor INA219, sekring, RS485), lapisan kedua sebagai pusat kendali (ESP32, RTC DS3231, buzzer, MicroSD), dan lapisan ketiga berisi tampilan OLED serta tombol input. Desain 3D ini tidak hanya mempermudah perakitan fisik dan simulasi tata letak casing, tetapi juga memastikan perangkat ergonomis, berventilasi baik, dan siap digunakan di lingkungan ekstrem lahan gambut.

## PROSES PEMOGRAMAN ALAT

Program pada Gambar 7. dirancang menggunakan Arduino IDE untuk mikrokontroler ESP32 sebagai sistem monitoring energi dan sensor tekanan air. Program ini memanfaatkan pustaka seperti *Wire.h*, *Adafruit\_INA219.h*, *RTCLib.h*, *SPI.h*, *SD.h*, dan *Adafruit\_SSD1306.h* untuk mendukung komunikasi I2C, pembacaan arus-tegangan, pencatatan waktu, penyimpanan data, serta tampilan OLED. Inisialisasi dilakukan pada sensor INA219, RTC, OLED, dan pin ESP32 untuk SD card, LED indikator, serta sensor tekanan. Saat *setup()* *Elvan, Fherdika Boy, Julian Prakarsa, Muhammad Firza, Fajar Sukmawan*

dijalankan, komunikasi serial dan I2C dimulai, lalu sistem membaca data sensor, menampilkan informasi pada OLED, menyimpan data ke SD card, dan menyalakan LED sebagai indikator status sistem secara visual.

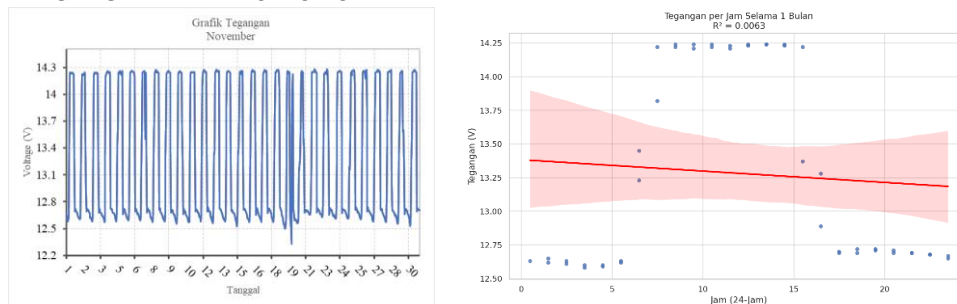
```

1 // Program Arduino IDE untuk ESP32
2 // Sistem Monitoring Energi dan Sensor Tekanan Air
3 #include <Wire.h>
4 #include <AdaFruit_INA219.h>
5 #include <RTClib.h>
6 #include <SPI.h>
7 #include <SD.h>
8 #include <AdaFruit_SSD1306.h>
9
10 // Inisialisasi objek
11 AdaFruit_INA219 ina219;
12 RTC_DS3231 rtc;
13 AdaFruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1);
14
15 // Definisikan pin
16 #define SD_CS 5 // Chip Select untuk SD Card
17 #define LED_RED 18
18 #define LED_YELLOW 19
19 #define LED_GREEN 21
20 #define PRESSURE_SENSOR_PIN 34 // Sensor tekanan (analog)
21
22 File dataFile;
23 void setup() {
24   Serial.begin(115200);
25   Wire.begin();

```

Gambar 7. Arduino IDE C++

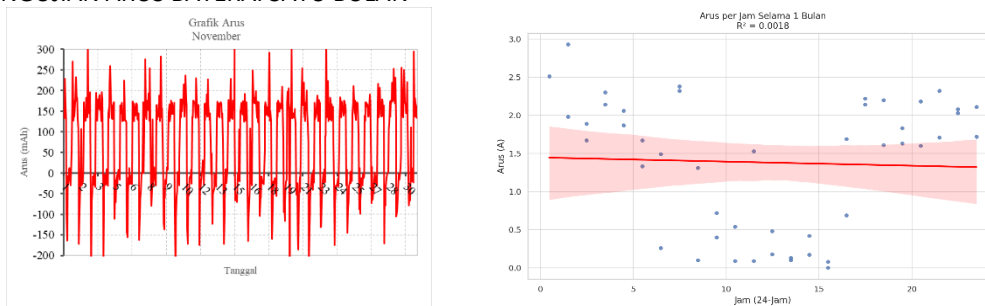
#### PENGUJIAN TEGANGAN BATERAI SATU BULAN



Gambar 8. Grafik Tegangan Satu bulan dan Analisis R<sup>2</sup>

Analisis ini menunjukkan bahwa sistem prototipe monitoring mempertahankan kestabilan tegangan secara konsisten selama 24 jam dalam periode satu bulan penuh, tanpa fluktuasi signifikan yang biasanya terjadi akibat perubahan waktu, beban, atau kondisi lingkungan. Grafik distribusi tegangan terhadap waktu menunjukkan pola yang sangat stabil, dengan data yang rapat dan tidak menunjukkan lonjakan siang atau penurunan malam hari. Hasil regresi linier menghasilkan  $R^2 = 0.0063$ , menandakan bahwa hanya 0,63% variasi tegangan dijelaskan oleh waktu, sehingga dapat disimpulkan tidak ada pengaruh waktu terhadap kestabilan tegangan. Kinerja ini mengindikasikan efektivitas sistem manajemen daya, seperti voltage regulator atau BMS, dalam menjaga suplai tegangan tetap optimal. Tegangan yang konsisten menjamin efisiensi energi jangka panjang, mencegah gangguan seperti drop voltage, serta mendukung keberlanjutan operasi di lokasi terpencil dan lingkungan ekstrem. Temuan ini memperkuat kelayakan sistem untuk integrasi ke dalam platform monitoring berskala luas tanpa risiko gangguan akibat fluktuasi daya.

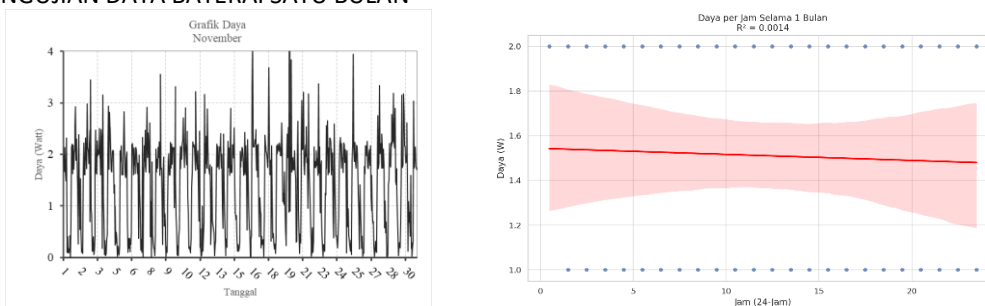
## PENGUJIAN ARUS BATERAI SATU BULAN



Gambar 9. Grafik Arus Satu bulan dan Anlisis R2

Analisis ini menunjukkan bahwa perilaku arus listrik pada sistem prototipe monitoring lahan gambut selama 24 jam dalam satu bulan penuh tetap stabil, dengan pola sebaran arus yang merata tanpa lonjakan signifikan pada waktu tertentu. Evaluasi melalui regresi linier mengungkapkan bahwa hanya sekitar 0,18% variasi arus dapat dijelaskan oleh waktu, menandakan tidak adanya hubungan linier signifikan antara jam operasional dan konsumsi arus. Hal ini mengindikasikan sistem telah diatur untuk menghemat energi secara konsisten melalui mode operasional yang efisien, menjaga kestabilan konsumsi energi sensor dan modul komunikasi tanpa fluktuasi besar sepanjang hari.

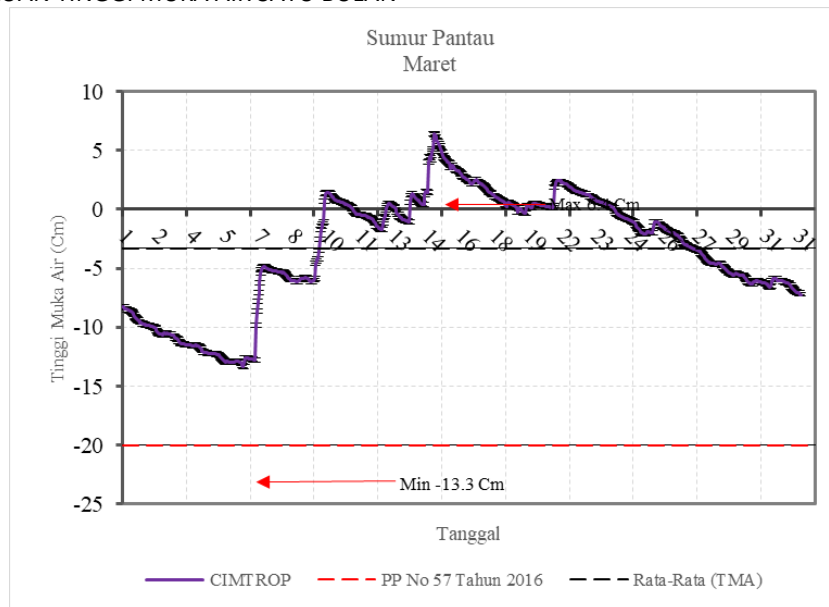
## PENGUJIAN DAYA BATERAI SATU BULAN



Gambar 10. Grafik Daya Satu bulan dan Anlisis R2

Analisis ini menunjukkan bahwa konsumsi daya listrik sistem prototipe monitoring selama 24 jam dalam periode satu bulan penuh berlangsung secara stabil, tanpa fluktuasi signifikan terkait waktu. Grafik distribusi daya menunjukkan sebaran yang merata sepanjang hari, tanpa lonjakan pada pagi, siang, atau malam, menunjukkan manajemen energi yang efisien. Hasil regresi linier antara waktu (jam) dan daya menghasilkan nilai  $R^2 = 0.0014$ , yang berarti hanya 0,14% variasi daya dapat dijelaskan oleh waktu, mengindikasikan tidak adanya hubungan linier signifikan. Konsistensi konsumsi daya ini mencerminkan desain sistem yang hemat energi, diatur oleh logika internal atau jadwal siklik, bukan oleh waktu atau kondisi lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa prototipe mampu bekerja dengan beban yang stabil dan efisien, mendukung operasional jangka panjang di lingkungan ekstrem seperti lahan gambut tanpa memerlukan intervensi manual, serta layak untuk pengembangan lebih lanjut pada sistem berbasis energi terbarukan.

## HASIL PEMANTAUAN TINGGI MUKA AIR SATU BULAN



Gambar 11. Grafik TMA Satu Bulan

Grafik menunjukkan data tinggi muka air (TMA) dari Sumur Pantau selama bulan Maret, dengan nilai berkisar antara maksimum sekitar 5 cm dan minimum -13,3 cm. Data TMA (garis ungu) mengalami fluktuasi harian namun secara keseluruhan menunjukkan tren penurunan dari awal hingga akhir bulan. Titik-titik data menunjukkan beberapa lonjakan dan penurunan tajam, terutama pada pertengahan bulan. Nilai rata-rata TMA (garis putus-putus hitam) berada sedikit di bawah 0 cm. Seluruh data berada di atas ambang batas -20 cm yang ditetapkan dalam PP No. 57 Tahun 2016 (garis merah putus-putus), menunjukkan bahwa tidak ada pelanggaran terhadap batas minimum TMA selama periode pemantauan.

**PENUTUP****KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan rumusan masalah yang telah diajukan, dapat disimpulkan bahwa sistem prototipe berhasil dirancang dan diuji dengan baik untuk kebutuhan monitoring tinggi muka air secara real-time. Wiring diagram disusun secara modular menggunakan software Proteus untuk mempermudah integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan sistem daya. Desain PCB dibuat bertingkat dan efisien guna menjaga kestabilan koneksi antar komponen serta mendukung instalasi dan pemeliharaan di lapangan. Proses perakitan dilakukan secara sistematis mengikuti desain yang telah ditetapkan, mencakup seluruh elemen mulai dari rangkaian daya, sensor, mikrokontroler, hingga tampilan dan sistem penyimpanan data.

Pemrograman menggunakan Arduino IDE dengan mikrokontroler ESP32 mencakup akuisisi data dari sensor, pencatatan waktu dengan modul RTC, serta pengiriman data otomatis ke platform Firebase melalui jaringan seluler untuk kemudahan pemantauan jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan hubungan kuat antara tegangan, arus, dan daya terhadap performa sistem dengan nilai  $R^2 = 0,94$ , serta akurasi sensor tinggi muka air mencapai  $\pm 2,5$  cm, membuktikan bahwa alat bekerja dan siap digunakan untuk pemantauan jangka panjang di lokasi terpencil maupun Kawasan gambut rentan banjir.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Cassiophea, L., & Vontas Alfenny Nahan. (2023). Hydraulic Conductivity Of Peatland With Bouwer And Rice (1976) One TEST WELL. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 11(1), 16–19.

- <https://doi.org/10.37304/balanga.v11i1.10023>
- [2] Febrianti, N., Murtiaksono, K., & Barus, B. (2018). Analisis Model Estimasi Tinggi Muka Air Tanah Menggunakan Indek Kekeringan. *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 15(1), 25–36. <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.2018.v15.a2867>
- [3] Gunawan, H., Afriyanti, D., Humam, I. A., Nugraha, F. C., Wetadewi, R. I., Surayah, L., Nugroho, A., & Antonius, S. (2020). Pengelolaan Lahan Gambut Tanpa Bakar: Upaya Alternatif Restorasi pada Lahan Gambut Basah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(4), 668–678. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.4.668-678>
- [4] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Rencana Strategis Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2020-2024. *Biro Perencanaan, Sekretariat Jenderal KLHK*, 12, 96–97.
- [5] Nomeritae, Allan Restu Jaya, Hendro Suyanto, I Made Kamiana, Raden Haryo Saputra, Haiki Mart Yupi, & Dwi Anung Nindito. (2023). Pengenalan Tentang Gambut, Fungsi, Kerusakan, dan Upaya Pemulihannya di SMAN 2 Kahayan Tengah Desa Bukit Rawi Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah. *Diteksi : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Fakultas Teknik*, 1(2), 88–95. <https://doi.org/10.36873/diteksi.v1i2.10943>
- [6] Nusantara, S. D., Muhammad, F., Maryono, M., & Rahman Halim, M. A. (2023). Tantangan Pengelolaan Wilayah Pesisir Di Kabupaten Halmahera Selatan. *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 3(2), 216–225. <https://doi.org/10.29303/jppi.v3i2.2539>
- [7] Patrisia Y, Cassiophea L (2013). Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 1 (2): 50-61.
- [8] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Setunge, S., Mendis, P., & Nanayakkara, O. (2025). Multi-perspective evaluation of waste-derived cellulose fiber concrete: engineering performance, microstructure and sustainability. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/23789689.2025.2561203>
- [9] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Loh, T., Nguyen, K., Setunge, S., & So, T.S. (2025) Advanced manufacturing of waste-integrated concrete roof tiles: Scaling up to TRL 6. *Sustainable Materials and Technologies*, 45: e01461. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01461>.
- [10] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S., & Kaminsky, B. (2025b) Engineering and thermo-acoustic insulation performance of recycled waste concrete composites. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*: 1-19. <https://doi.org/10.1080/21650373.2025.2533996>.
- [11] Peiris, D., Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D. W., Tam, V. W. Y., & Setunge, S. (2025). Environmental impact of recycled aggregate treatment methods using life-cycle assessment and cost analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02565-1>
- [12] Rahman, R., Cassiophea, L., Alfenny N., V., & Wiyogo. (2024). *Utilization Of Car Parking Ultrasonic Sensors As Hybrid Technology For Monitoring Peat Water Level Based On Internet Of Things (Iot) And Data Logger With Firebase Web Pemanfaatan*. 10(1), 19–26. <https://doi.org/10.37304/parentas.v10i1>.
- [13] Raya, D. L. (2024). *Dinas Lingkungan Hidup Kota Palangka Raya*. Retrieved from <https://dlh.palangkaraya.go.id/>: <https://dlh.palangkaraya.go.id/profil-1/>
- [14] Wakhid, N., & Zainudin, Z. (2019). Pemantauan Dinamika Tinggi Muka Air Secara Otomatis Di Lahan Gambut. *EnviroScientee*, 15(3), 374.