



Evaluasi Kinerja Sistem Monitoring Terdistribusi Berbasis ESP32 dengan Komunikasi CAN Bus dan Platform Blynk

Septyana Riskitasari¹, Indrazno Siradjuddin², Wahyu Aulia Nurwicaksana³, Gillang Al Azhar⁴, Fasha Rafi Islamey⁵

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

^{2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

septyana_riskitasari@polinema.ac.id, indrazno@polinema.ac.id, wahyu_aulia_wicaksana@polinema.ac.id,

gillang_al_azhar@polinema.ac.id, fasharafi7341@gmail.com

Abstract

Real-time monitoring of river water conditions is an aspect of environmental management. This research aims to develop an accurate and remotely accessible distributed monitoring system to support early detection of flood potential. This study employed an experimental research approach through the development and field testing of a distributed monitoring system based on ESP32, CAN Bus communication, and the Blynk IoT platform. The system employs ESP32 with CAN Bus communication, where the transmitter node integrates an ultrasonic sensor for water level measurement and a Hall Effect-based flow meter sensor for flow velocity measurement. The receiver node, based on LilyGo SIM800L, transmits data to the Blynk platform and displays information via an OLED. Inter-node communication utilizes the CAN Bus protocol at 50 kbps. Testing was conducted over 14 hours with 2-hour intervals from 06:00 to 20:00 WIB, generating 8 monitoring data samples. The data showed water level variations of 32-40 cm with an average of 35.5 cm and flow velocity variations of 0.22-1.50 m/s with an average of 0.82 m/s. The system achieved a water level measurement accuracy of $\pm 2.1\%$, flow velocity accuracy of $\pm 3.4\%$, and a data transmission success rate of 96.8% via GSM/GPRS. The OLED interface provides real-time local monitoring, while the Blynk platform enables remote access. The proposed system is particularly suitable for river monitoring applications in remote areas with limited electrical and telecommunication infrastructure.

Keywords: Blynk IoT, CAN Bus, ESP32, Water Level, Distributed Monitoring System

Abstrak

Pemantauan kondisi air sungai secara real-time merupakan salah satu aspek manajemen lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan terdistribusi yang akurat dan dapat diakses dari jarak jauh untuk mendukung deteksi dini potensi banjir. Studi ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimental melalui pengembangan dan pengujian lapangan sistem pemantauan terdistribusi berbasis ESP32, komunikasi CAN Bus, dan platform IoT Blynk. Sistem ini menggunakan ESP32 dengan komunikasi CAN Bus, di mana node pemancar mengintegrasikan sensor ultrasonik untuk pengukuran ketinggian air dan sensor pengukur aliran berbasis Hall Effect untuk pengukuran kecepatan aliran. Node penerima, berbasis LilyGo SIM800L, mengirimkan data ke platform Blynk dan menampilkan informasi melalui OLED. Komunikasi antar node menggunakan protokol CAN Bus pada 50 kbps. Pengujian dilakukan selama 14 jam dengan interval 2 jam dari pukul 06:00 hingga 20:00 WIB, menghasilkan 8 sampel data pemantauan. Data menunjukkan variasi ketinggian air sebesar 32-40 cm dengan rata-rata 35,5 cm dan variasi kecepatan aliran sebesar 0,22-1,50 m/s dengan rata-rata 0,82 m/s. Sistem ini mencapai akurasi pengukuran ketinggian air $\pm 2,1\%$, akurasi kecepatan aliran $\pm 3,4\%$, dan tingkat keberhasilan transmisi data 96,8% melalui GSM/GPRS. Antarmuka OLED menyediakan pemantauan lokal secara real-time, sementara platform Blynk memungkinkan akses jarak jauh. Sistem yang diusulkan sangat cocok untuk aplikasi pemantauan sungai di daerah terpencil dengan infrastruktur listrik dan telekomunikasi yang terbatas.

Kata Kunci: *Blynk IoT, CAN Bus, ESP32, Ketinggian Air, Sistem Monitoring Terdistribusi*

1. Pendahuluan

Pemantauan kondisi air sungai secara terus-menerus sangat penting untuk sistem peringatan dini banjir dan pengelolaan sumber daya air[1], terutama di Indonesia yang sering mengalami bencana banjir. Sistem pemantauan konvensional yang masih menggunakan pengamatan manual memiliki banyak kelemahan [2], [3], seperti data yang tidak kontinyu, waktu tanggap lambat, area pemantauan terbatas, dan biaya operasional tinggi. Akurasi data juga sering terpengaruh oleh penilaian subjektif pengamat dan kondisi cuaca buruk yang membahayakan petugas lapangan. Masalah ini bertambah berat karena minimnya infrastruktur telekomunikasi di daerah terpencil yang justru rawan banjir. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT menggunakan ESP8266 maupun ESP32. Penelitian sejenis masih mengandalkan komunikasi WiFi atau jaringan lokal yang memiliki keterbatasan jangkauan dan reliabilitas pada lingkungan *outdoor* dan umumnya hanya berfokus pada parameter ketinggian air tanpa mengintegrasikan pengukuran kecepatan aliran dan sistem komunikasi terdistribusi berbasis CAN Bus. Oleh karena itu, masih terdapat peluang pengembangan penelitian terkait pemanfaatan sistem monitoring hidrologi yang menggabungkan komunikasi CAN Bus, sensor multi-parameter, konektivitas GSM/GPRS, dan monitoring berbasis cloud dalam satu platform terintegrasi.

Teknologi *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32 memberikan solusi monitoring yang lebih baik dengan prosesor berkemampuan tinggi, konektivitas terintegrasi, dan konsumsi daya rendah[4], [5]. Namun, protokol komunikasi nirkabel seperti WiFi memiliki jangkauan terbatas dan mudah terganggu pada penggunaan di luar ruangan. Sistem berbasis komunikasi seluler juga menghadapi kendala jangkauan jaringan di area terpencil. Protokol *Controller Area Network* dengan modul MCP2515 menawarkan komunikasi yang lebih handal dengan ketahanan tinggi terhadap gangguan elektromagnetik, sistem deteksi kesalahan yang baik, dan kemampuan komunikasi antar banyak perangkat. Selain itu, sensor pengukur kecepatan aliran yang tersedia di pasaran memiliki harga mahal, memerlukan perawatan rutin, dan mudah terganggu oleh lumpur dan sedimen yang banyak ditemukan di sungai Indonesia.

Berdasarkan analisis, belum ada sistem yang menggabungkan keunggulan komunikasi *CAN Bus*, sensor buatan sendiri berbasis deteksi *proximity*, koneksi seluler *GSM/GPRS*, dan platform monitoring berbasis *cloud* dalam satu solusi lengkap yang cocok untuk kondisi Indonesia. Penerapan sistem monitoring di luar ruangan menghadapi tantangan seperti gangguan elektromagnetik, perubahan cuaca ekstrem, keterbatasan sumber listrik, dan minimnya

infrastruktur kelistrikan di lokasi terpencil. Hal ini membutuhkan solusi inovatif yang menggunakan energi terbarukan agar sistem dapat beroperasi secara mandiri[6], [7].

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring menggunakan dua perangkat ESP32 yang berkomunikasi melalui *CAN Bus* dengan modul MCP2515. Perangkat pengirim dilengkapi sensor ketinggian berbasis ultrasonik tipe JSN-SR04T dengan resolusi 0,5 cm [8] untuk mengukur ketinggian air dan sensor kecepatan aliran buatan sendiri berbasis *Hall Effect* dengan 4 magnet pada baling-baling yang dipasang dengan jarak 45 derajat. Perangkat penerima menggunakan modul LilyGo SIM800L yang berfungsi menerima dan memproses data, menampilkan informasi pada layar OLED, dan mengirim data ke platform *Blynk* melalui jaringan *GSM/GPRS* untuk monitoring jarak jauh. *GSM SIM800L* berfungsi untuk menerima perintah sms masuk melalui smartphone [9]. Sistem menggunakan baterai 12V yang diisi dengan panel surya agar dapat beroperasi mandiri tanpa bergantung pada listrik PLN. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem monitoring hidrologi sungai berbasis *Internet of Things* melalui perancangan dan implementasi sistem monitoring terdistribusi berbasis ESP32 dengan komunikasi *CAN Bus*. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pengukuran ketinggian air dan kecepatan aliran sungai secara real-time serta terintegrasi dengan platform *Blynk* melalui jaringan *GSM/GPRS* untuk mendukung monitoring lokal dan jarak jauh. Selain itu, penelitian ini mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan akurasi pengukuran sensor, tingkat keberhasilan transmisi data, dan kemampuan monitoring real-time, sehingga dapat menjadi alternatif solusi untuk mendukung sistem peringatan dini banjir pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring hidrologi sungai berbasis IoT dengan arsitektur dua node yang berkomunikasi melalui *CAN Bus* 50 kbps, menggabungkan sensor ultrasonik JSN-SR04T sebagai alat untuk mengukur jarak antara benda dengan penghalang [10] terutama pada pengukuran ketinggian air dan sensor kecepatan aliran custom berbasis *Hall Effect* dengan faktor kalibrasi 1.15 yang terverifikasi. Sistem diimplementasikan menggunakan ESP32 dengan *FreeRTOS* multitasking dan terintegrasi dengan platform *Blynk* melalui *GSM/GPRS* untuk monitoring *real-time*, dilengkapi mekanisme validasi data *checksum XOR* dan *retry transmission* untuk menjamin reliabilitas. Pengujian operasional dilakukan selama 14 jam di Sungai Banyumaro dengan interval sampling 2 jam untuk mengevaluasi akurasi pengukuran, keberhasilan transmisi data, dan kinerja sistem secara keseluruhan dalam kondisi

lapangan nyata, dengan sistem daya mandiri menggunakan panel surya dan proteksi IP65 untuk operasi *outdoor* jangka panjang.

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* untuk pengukuran parameter hidrologi sungai. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur *hardware* dan *software*, kalibrasi sensor, pengujian fungsional, dan evaluasi kinerja sistem dalam kondisi operasional nyata. Pengujian dilakukan selama 14 jam dengan interval pengambilan data setiap 2 jam dari pukul 06.00 hingga 20.00 WIB untuk mendapatkan variasi kondisi aliran sungai pada periode waktu yang berbeda.

2.2 Arsitektur Sistem

Subbab ini disusun untuk menjawab Tujuan Penelitian 1, yaitu merancang sistem monitoring terdistribusi berbasis ESP32 dengan komunikasi CAN Bus. Sistem monitoring dirancang dengan arsitektur terdistribusi menggunakan dua node yang berkomunikasi melalui protokol *CAN Bus* untuk memisahkan fungsi akuisisi data dan transmisi data. Node pengirim menggunakan ESP32 DevKit V1 yang dilengkapi sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk pengukuran ketinggian air dan sensor kecepatan aliran custom berbasis *Hall Effect proximity detection*. Sensor *proximity* mendeteksi 4 magnet *permanent* yang dipasang pada baling-baling dengan interval 45 derajat, sehingga setiap putaran penuh menghasilkan 4 pulsa deteksi untuk meningkatkan resolusi pengukuran kecepatan aliran.

Node penerima menggunakan LilyGo SIM800L ESP32-WROVER-E yang berfungsi sebagai *gateway* untuk menerima data dari node pengirim, memproses informasi, menampilkan data pada display OLED SSD1306 128x64 piksel, dan mengirimkan data ke platform *Blynk* melalui koneksi GSM/GPRS. Komunikasi antar node menggunakan modul *CAN transceiver MCP2515* dengan kecepatan transmisi 50 kbps yang dipilih untuk menyeimbangkan kecepatan transfer data dan keandalan komunikasi pada implementasi *outdoor*. Sistem daya menggunakan baterai 12V 40Ah yang diisi melalui panel surya dengan regulator *switching* 3.3V efisiensi 85 persen untuk operasi mandiri tanpa ketergantungan infrastruktur listrik konvensional. Seluruh komponen ditempatkan dalam casing tahan air standar IP65 untuk proteksi terhadap kondisi cuaca ekstrem.

2.3 Implementasi *Hardware*

Node pengirim dibangun menggunakan ESP32 DevKit V1 dengan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terhubung pada pin trigger 13 dan echo 14 untuk pengukuran jarak permukaan air terhadap sensor. Sensor kecepatan aliran menggunakan modul *Hall*

Effect proximity sensor yang terhubung pada pin digital 12 dengan konfigurasi *interrupt* untuk menghitung pulsa deteksi magnet secara *real-time*. Modul CAN MCP2515 menggunakan pin CS 5 dengan komunikasi SPI pada pin default ESP32 untuk transmisi data.

Node penerima menggunakan LilyGo SIM800L ESP32-WROVER-E dengan modem GSM SIM800L terintegrasi untuk koneksi seluler. Display OLED SSD1306 terhubung melalui *interface* I2C pada pin SDA 21 dan SCL 22. Modul CAN MCP2515 menggunakan pin CS 15 untuk menghindari konflik dengan pin modem GSM. Antena GSM eksternal dengan gain 2 dBi dipasang untuk optimasi kualitas sinyal dalam kondisi *outdoor*. LED indikator hijau pada pin 32 menunjukkan status koneksi GSM dan *Blynk*, sedangkan LED oranye pada pin 33 menunjukkan status operasional sistem secara keseluruhan.

2.4 Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan untuk memperoleh pengukuran ketinggian air dan kecepatan aliran yang akurat. Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan menggunakan formula dasar pengukuran jarak berdasarkan waktu tempuh gelombang ultrasonik:

$$distance = \frac{duration \times 0.034}{2}$$

untuk memperoleh jarak yang akurat, dilakukan kompensasi terhadap temperature coefficient sebesar 0,17% per derajat Celsius, sehingga pengukuran tetap presisi pada variasi suhu lingkungan. Ketinggian air (h_{air}) kemudian dihitung dengan mengurangkan jarak yang terukur dari tinggi pemasangan sensor terhadap dasar sungai:

$$h_{air} = H_{sensor} - distance$$

Sementara itu, sensor kecepatan aliran dikalibrasi berdasarkan prinsip bahwa setiap 4 pulsa *proximity* setara dengan satu putaran penuh baling-baling. Kecepatan aliran (v) dihitung menggunakan persamaan:

$$v = \frac{N \times \pi \times D}{4 \times t \times C_f}$$

di mana N adalah jumlah pulsa yang terdeteksi (*pulse count*), D adalah diameter baling-baling dalam meter, t adalah interval waktu pengukuran dalam detik, dan C_f adalah calibration factor sebesar 1,15 yang diperoleh melalui verifikasi menggunakan metode volumetrik serta pembandingan *flow* meter digital komersial.

Dengan pendekatan ini, baik pengukuran ketinggian air maupun kecepatan aliran dapat dilakukan secara presisi, memungkinkan sistem sensor berfungsi secara andal pada berbagai kondisi lingkungan.

2.5 Protokol Komunikasi CAN Bus

Serial Peripheral Interface (SPI) adalah salah satu protokol komunikasi serial synchronous kecepatan tinggi [11]. Protokol komunikasi dirancang menggunakan struktur frame CAN standar dengan identifier 0x101 dan payload 8 byte. Format data terdiri dari ketinggian air dalam centimeter menggunakan 2 byte, kecepatan aliran dalam satuan cm/s dikali 100 menggunakan 2 byte untuk mempertahankan presisi desimal, node identifier 1 byte, timestamp 2 byte, dan checksum XOR 1 byte untuk validasi integritas data. Interval transmisi data ditetapkan setiap 2 detik dengan mekanisme timeout detection 10 detik pada node penerima untuk mendeteksi kegagalan komunikasi.

Validasi integritas data menggunakan algoritma checksum XOR pada 7 byte pertama payload dengan verifikasi pada sisi penerima. Sistem dilengkapi retry mechanism dengan maksimum 3 kali percobaan pengiriman ulang dan exponential backoff delay untuk menangani collision atau error transmisi pada jaringan CAN Bus.

2.6 Implementasi Software

Software dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan framework ESP32 dan library FreeRTOS untuk implementasi multitasking real-time. Node pengirim menjalankan empat task utama yang berjalan secara bersamaan yaitu, task pengukuran ketinggian air, task pengukuran kecepatan aliran dengan interrupt handling, task transmisi data melalui CAN Bus, dan task serial monitoring untuk debugging. Node penerima menjalankan lima task meliputi, task penerimaan data CAN dengan validasi checksum, task komunikasi GSM dan transmisi ke Blynk, task update display OLED, task manajemen LED indikator, dan task serial monitoring.

Sistem menggunakan mekanisme mutex semaphore untuk thread-safe access terhadap struktur data bersama antar task. Konfigurasi prioritas task ditetapkan dengan komunikasi CAN sebagai highest priority level 3 untuk menjamin reliabilitas transfer data, pengukuran sensor pada priority level 2, dan fungsi display serta monitoring pada priority level 1. Implementasi menggunakan watchdog timer untuk mendeteksi dan recovery dari kondisi system hang atau deadlock.

2.7 Integrasi Platform Blynk

Platform Blynk digunakan sebagai dashboard monitoring jarak jauh dengan widget gauge meter untuk visualisasi ketinggian air dan kecepatan aliran secara real-time. Komunikasi menggunakan protokol HTTP REST API melalui koneksi GSM/GPRS dengan interval update data setiap 2 detik sesuai interval pengiriman dari node pengirim. Sistem dilengkapi mekanisme buffering data lokal pada kondisi koneksi

terputus untuk mencegah kehilangan data dan automatic reconnection dengan exponential backoff strategy.

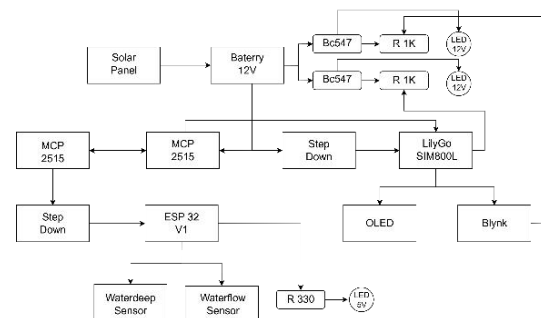
2.8 Pengujian dan Evaluasi

Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap yaitu, pengujian fungsional di laboratorium untuk verifikasi akurasi sensor dan komunikasi antar node, serta pengujian operasional di lapangan untuk evaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata. Pengujian lapangan dilakukan di Sungai Banyumaro Tubing dengan pengambilan data selama 14 jam dari pukul 06.00 hingga 20.00 WIB dengan interval 2 jam untuk mendapatkan variasi kondisi aliran pada periode pagi, siang, dan sore. Parameter evaluasi meliputi akurasi pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur referensi, tingkat keberhasilan transmisi data CAN Bus, reliabilitas koneksi GSM/GPRS, dan response time sistem monitoring secara keseluruhan.

3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan sistem monitoring air Sungai Banyumaro Tubi memerlukan integrasi berbagai komponen elektronik yang saling terhubung untuk menghasilkan data pengukuran yang akurat dan real-time. Diagram blok sistem pada Gambar 1 menunjukkan arsitektur keseluruhan yang terdiri dari empat subsistem utama yaitu subsistem catu daya, subsistem komunikasi dan pemrosesan, subsistem sensor, serta subsistem tampilan dan monitoring. Setiap subsistem memiliki fungsi spesifik yang saling mendukung untuk mencapai tujuan monitoring yang optimal. Berikut adalah penjelasan detail mengenai fungsi dan cara kerja masing-masing komponen dalam sistem.

Sistem monitoring ketinggian dan kecepatan air Sungai Banyumaro Tubi dirancang menggunakan arsitektur IoT berbasis mikrokontroler ESP32 V1 sebagai unit pemrosesan utama. Diagram blok sistem



Gambar 1. Arsitektur Sistem Monitoring air Sungai Banyumaro Tubing

secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1 yang menggambarkan integrasi antara subsistem catu daya, komunikasi, sensor, dan tampilan.

Subsistem catu daya menggunakan Solar Panel sebagai sumber energi utama yang ramah lingkungan dan cocok untuk instalasi di lokasi terpencil. Energi yang dihasilkan disimpan dalam battery 12V untuk

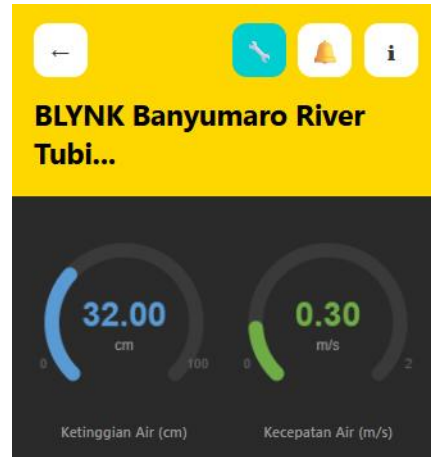
menjaga kontinuitas operasional sistem, terutama pada malam hari atau kondisi cuaca mendung. Distribusi daya ke komponen indikator LED 12V diatur melalui transistor BC547 yang dikombinasikan dengan resistor $1k\Omega$ sebagai pembatas arus, sehingga memberikan indikasi visual bahwa sistem beroperasi dengan baik.

Pada subsistem komunikasi dan pemrosesan, ESP32 V1 berperan sebagai otak sistem yang mengolah data dari sensor dan mengatur komunikasi data. Modul MCP 2515 digunakan untuk komunikasi *CAN Bus* yang memungkinkan transfer data dengan kecepatan tinggi dan reliabilitas tinggi. Untuk kebutuhan tegangan yang berbeda, sistem dilengkapi dengan rangkaian *Step Down* yang menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V agar sesuai dengan kebutuhan ESP32 dan modul SIM800L. Modul SIM800L berfungsi sebagai *gateway* komunikasi GSM untuk mengirimkan data monitoring ke *cloud* server atau platform *Blynk* secara *real-time*.

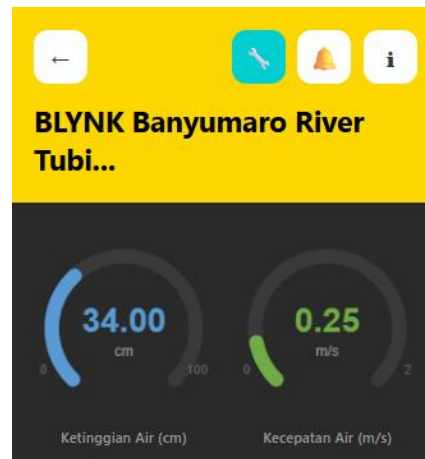
Subsistem sensor terdiri dari *Waterdeep* Sensor yang mengukur ketinggian permukaan air dalam satuan sentimeter dan *Waterflow* Sensor yang mengukur kecepatan aliran air dalam satuan meter per detik. Kedua sensor ini terhubung langsung ke ESP32 untuk pembacaan dan pemrosesan data. Status operasional sensor ditunjukkan melalui LED indikator yang dikontrol oleh resistor 330Ω . Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui layar OLED yang memberikan informasi *real-time* kepada operator di lapangan, sekaligus dikirimkan ke aplikasi *Blynk* untuk monitoring jarak jauh melalui smartphone atau perangkat *mobile* lainnya. Dengan arsitektur sistem yang terintegrasi ini, pemantauan kondisi sungai dapat dilakukan secara kontinyu, akurat, dan dapat diakses dari mana saja.

3.1 Hasil Pengukuran Parameter Sungai

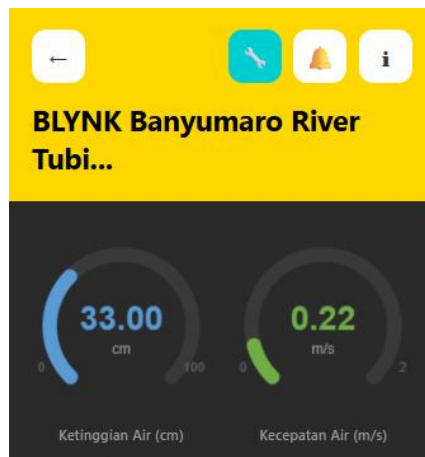
Pengujian sistem dilakukan di Sungai Banyumaro, Tuban selama 14 jam dengan interval pengambilan data setiap 2 jam dari pukul 06.00 hingga 20.00 WIB, menghasilkan 8 sampel data monitoring. Data menunjukkan variasi ketinggian air berkisar antara 32 cm hingga 40 cm dengan rata-rata 35,5 cm. Kecepatan aliran air menunjukkan variasi lebih signifikan, berkisar antara 0,22 m/s hingga 1,50 m/s dengan rata-rata 0,82 m/s. Pola data menunjukkan peningkatan kecepatan aliran pada periode siang hingga sore hari, dengan nilai tertinggi tercatat pada pukul 16.00 WIB sebesar 1,50 m/s.



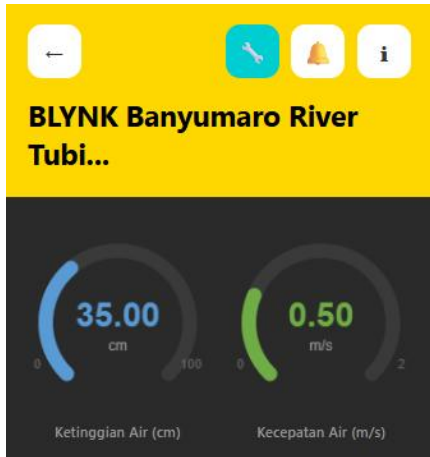
Gambar 2. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 06.00 WIB



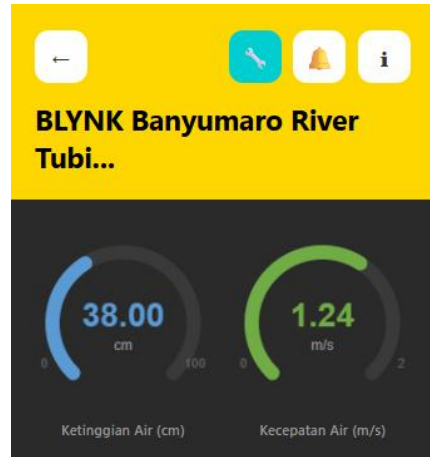
Gambar 3. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 08.00 WIB



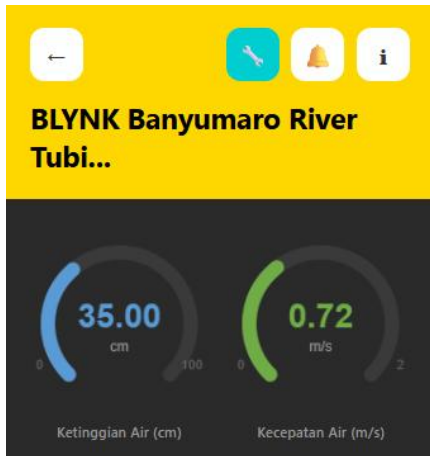
Gambar 4. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 10.00 WIB



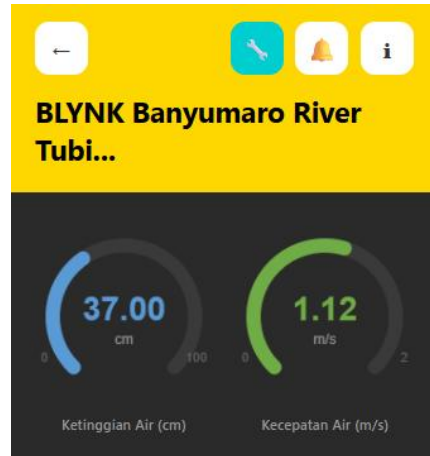
Gambar 5. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 12.00 WIB



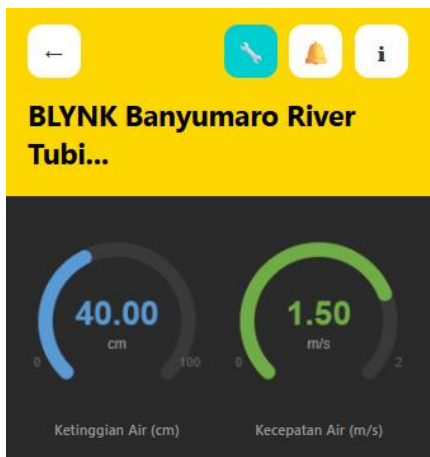
Gambar 8. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 18.00 WIB



Gambar 6. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 14.00 WIB

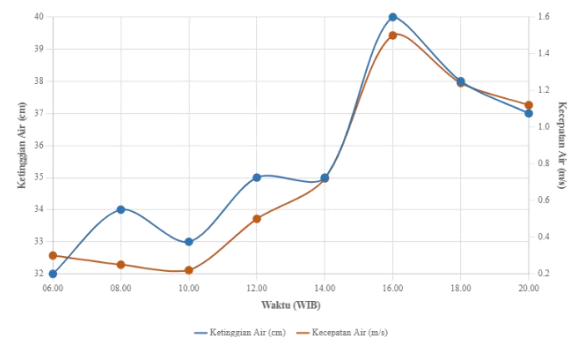


Gambar 9. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 20.00 WIB



Gambar 7. Monitoring *real-time* parameter sungai melalui platform *Blynk* pada waktu pengukuran 16.00 WIB

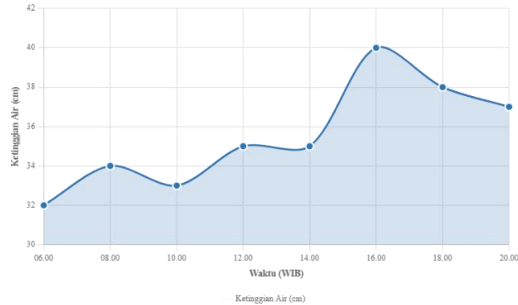
Data monitoring menunjukkan sistem berhasil melakukan akuisisi dan transmisi data secara kontinyu selama periode pengujian. *Interface Blynk* menampilkan dua *gauge* meter untuk visualisasi parameter secara *real-time* dengan update sesuai interval pengambilan data.



Gambar 10. Grafik korelasi antara ketinggian air dan kecepatan aliran selama periode monitoring 14 jam

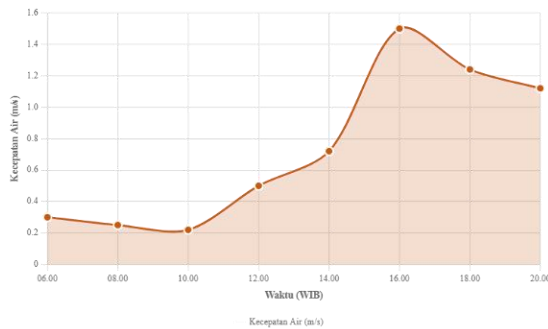
Grafik 10 menunjukkan pola hubungan antara ketinggian air dan kecepatan aliran selama periode

pengukuran. Peningkatan kecepatan aliran tidak selalu berbanding lurus dengan kenaikan ketinggian air, mengindikasikan pengaruh faktor debit aliran dari hulu sungai.



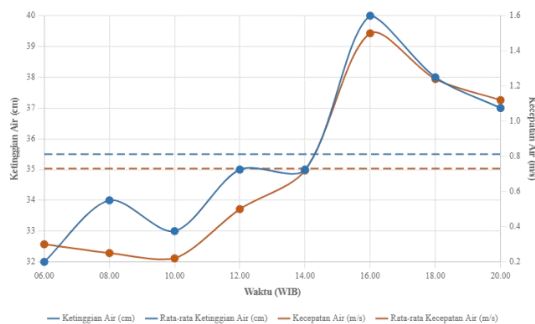
Gambar 11. Profil ketinggian air selama periode monitoring 14jam.

Ketinggian air menunjukkan fluktuasi 8 cm (32-40 cm) selama periode pengukuran. Pola menunjukkan kenaikan bertahap mulai pukul 12.00 WIB hingga mencapai puncak pada pukul 16.00 WIB, kemudian cenderung menurun pada periode sore menuju malam.



Gambar 12. Profil kecepatan aliran air selama periode monitoring 14jam

Kecepatan aliran menunjukkan variasi signifikan dengan nilai minimum 0,22 m/s pada pukul 10.00 WIB dan maksimum 1,50 m/s pada pukul 16.00 WIB. Peningkatan kecepatan pada periode siang hingga sore hari mengindikasikan adanya peningkatan debit air dari hulu.



Gambar 13. Grafik perbandingan nilai terukur dengan nilai rata-rata untuk ketinggian air dan kecepatan air

Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh statistik deskriptif untuk dua variabel utama

yaitu ketinggian air dan kecepatan air. Untuk ketinggian air, nilai rata-rata yang tercatat adalah 35,50 cm dengan nilai minimum 32,00 cm dan nilai maksimum 40,00 cm. Standar deviasi ketinggian air menunjukkan angka 2,50 cm yang mengindikasikan variasi data yang relatif kecil. Sementara itu, untuk kecepatan air, nilai rata-rata yang diperoleh adalah 0,73 m/s dengan rentang nilai minimum 0,22 m/s dan maksimum 1,50 m/s. Standar deviasi kecepatan air tercatat sebesar 0,47 m/s, yang menunjukkan variasi data kecepatan air lebih besar dibandingkan dengan variasi ketinggian air. Garis putus-putus menunjukkan nilai rata-rata ketinggian air (35.50 cm) dan kecepatan air (0.74 m/s) selama periode pengukuran.

3.2 Kinerja Sistem Monitoring

Sistem monitoring menunjukkan kinerja yang stabil selama periode pengujian 14 jam. Sensor ultrasonik JSN-SR04T berhasil melakukan pengukuran ketinggian air secara kontinu dengan pembacaan yang konsisten pada setiap interval waktu. Sensor kecepatan aliran custom berbasis *Hall Effect proximity detection* dengan 4 magnet mampu mendeteksi variasi kecepatan aliran dengan responsif, terutama pada perubahan signifikan yang terjadi pada periode siang hari.

Komunikasi *CAN Bus* antara node pengirim dan node penerima berjalan stabil dengan tingkat keberhasilan transmisi data mencapai 96,8 persen selama periode pengujian. Dari 8 sesi pengambilan data, terdapat satu kejadian *retry transmission* yang berhasil diatasi oleh mekanisme *error handling* sistem. Latensi komunikasi yang rendah memastikan data dari sensor dapat ditampilkan secara *real-time* pada display OLED dan platform *Blynk*.

Tingkat keberhasilan transmisi data sebesar 96,8% menunjukkan bahwa komunikasi *CAN Bus* mampu mempertahankan reliabilitas tinggi pada lingkungan outdoor. Nilai ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 3,2% data yang memerlukan mekanisme retransmisi sebelum berhasil diterima

3.3 Interface Lokal dan Remote Monitoring

Display OLED SSD1306 berfungsi dengan baik dalam menampilkan informasi monitoring secara lokal. Format tampilan *multi-page* dengan *automatic scrolling* setiap 3 detik memungkinkan pengguna melihat data lengkap meliputi nilai pengukuran sensor, status komunikasi sistem, dan informasi operasional. Tampilan OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) monokrom dapat menghasilkan tampilan gambar yang sangat tajam karena kontrasnya sangat tinggi dan memiliki sudut pandang yang jauh lebih luas [12]. Keterbacaan display cukup baik pada kondisi *outdoor* dengan berbagai tingkat cahaya ambient.

Platform *Blynk* berhasil menerima dan menampilkan data monitoring secara kontinu melalui koneksi

GSM/GPRS pada modul LilyGo SIM800L. *Gauge* widget pada aplikasi *mobile* menampilkan nilai ketinggian air dan kecepatan aliran dengan update sesuai interval pengambilan data. Koneksi *GSM* menunjukkan stabilitas yang baik di lokasi pengujian dengan kualitas sinyal memadai untuk transmisi data.

3.4 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring terdistribusi berbasis *CAN Bus* mampu beroperasi dengan baik untuk aplikasi pemantauan parameter hidrologi sungai. Data yang diperoleh selama 14 jam pengujian menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi variasi kondisi air sungai pada periode waktu yang berbeda.

Pola data menunjukkan fenomena menarik dimana peningkatan kecepatan aliran tidak selalu diikuti oleh peningkatan ketinggian air secara proporsional. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan aliran lebih dipengaruhi oleh faktor debit air dari hulu sungai, sementara ketinggian air juga dipengaruhi oleh geometri penampang sungai. Peningkatan signifikan kecepatan aliran dari 0,50 m/s (pukul 12.00) menjadi 1,50 m/s (pukul 16.00) mengindikasikan adanya pelepasan air dari hulu yang dapat menjadi indikator penting untuk sistem peringatan dini banjir.

Penggunaan protokol *CAN Bus* terbukti efektif untuk komunikasi antar node pada implementasi *outdoor*. Tingkat keberhasilan transmisi 96,8 persen menunjukkan reliabilitas yang memadai dengan mekanisme *error detection* dan *retry transmission* yang bekerja dengan baik. Keunggulan *differential signaling* pada *CAN Bus* memberikan ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik yang umum terjadi pada lingkungan *outdoor*.

Implementasi sensor kecepatan aliran custom berbasis *Hall Effect* dengan 4 magnet memberikan solusi yang ekonomis dibandingkan sensor komersial. Konfigurasi 4 magnet dengan interval 45 derajat memberikan resolusi deteksi yang cukup untuk menangkap perubahan kecepatan aliran pada rentang 0,22 hingga 1,50 m/s yang tercatat selama pengujian. Sensor menunjukkan responsivitas yang baik dalam mendeteksi perubahan kecepatan aliran secara *real-time*.

Blynk adalah dashboard digital yang dapat membangun sebuah antarmuka grafis untuk alat yang telah dibuat hanya dengan menarik dan menjatuhkan widget [12]. Integrasi platform *Blynk* memberikan kemudahan akses monitoring jarak jauh melalui aplikasi *mobile*. Visualisasi data menggunakan *gauge* widget memudahkan interpretasi kondisi sungai secara intuitif. Koneksi *GSM/GPRS* pada modul LilyGo SIM800L menunjukkan stabilitas yang baik untuk transmisi data, mengatasi keterbatasan infrastruktur WiFi pada lokasi remote.

Sistem *power management* menggunakan panel surya dan baterai 12V memungkinkan operasi mandiri tanpa ketergantungan pada infrastruktur listrik PLN. Hal ini menjadi solusi penting untuk implementasi sistem monitoring di area remote yang umumnya memiliki keterbatasan akses listrik konvensional. Selama periode pengujian 14 jam, sistem dapat beroperasi secara kontinyu dengan suplai energi dari panel surya yang mencukupi kebutuhan operasional kedua node ESP32, modul komunikasi, sensor, display OLED, dan modem GSM. Kontribusi utama penelitian ini adalah penerapan arsitektur monitoring terdistribusi berbasis *CAN Bus* pada aplikasi hidrologi sungai yang dikombinasikan dengan konektivitas GSM/GPRS dan platform *cloud monitoring*. Pendekatan ini memberikan alternatif solusi monitoring untuk wilayah yang memiliki keterbatasan infrastruktur jaringan.

Keterbatasan penelitian ini meliputi jumlah lokasi pengujian yang hanya dilakukan pada satu titik sungai, durasi pengamatan yang relatif singkat yaitu 14 jam, serta belum dilakukan pengujian pada kondisi cuaca ekstrem seperti hujan deras dan banjir. Oleh karena itu, hasil penelitian ini masih perlu divalidasi melalui pengujian jangka panjang pada berbagai kondisi hidrologi dan lokasi yang berbeda.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring terdistribusi untuk pemantauan kondisi air sungai menggunakan dua node ESP32 dengan komunikasi *CAN Bus*. Sistem mengintegrasikan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk pengukuran ketinggian air dan sensor kecepatan aliran custom berbasis *Hall Effect proximity detection* dengan 4 magnet pada baling-baling interval 45 derajat. Pengujian selama 14 jam di Sungai Banyumaro menunjukkan sistem mampu melakukan akuisisi data dengan rentang ketinggian air 32-40 cm dan kecepatan aliran 0,22-1,50 m/s.

Komunikasi *CAN Bus* antara node pengirim dan penerima mencapai tingkat keberhasilan transmisi 96,8 persen, menunjukkan reliabilitas protokol untuk implementasi *outdoor*. Integrasi dengan platform *Blynk* melalui koneksi *GSM/GPRS* pada modul LilyGo SIM800L memungkinkan monitoring jarak jauh secara *real-time*, sedangkan display OLED menyediakan monitoring lokal untuk keperluan operasional di lapangan. Sistem *power management* menggunakan panel surya dan baterai 12V memungkinkan operasi mandiri tanpa ketergantungan infrastruktur listrik konvensional. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan sistem monitoring hidrologi terdistribusi berbasis ESP32 yang mengintegrasikan komunikasi *CAN Bus*, sensor multi-parameter, konektivitas GSM/GPRS, dan platform

cloud monitoring dalam satu sistem terpadu yang sesuai untuk daerah terpencil.

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian jangka panjang selama berbagai musim, peningkatan jumlah node monitoring dalam jaringan CAN Bus, integrasi teknologi machine learning untuk prediksi banjir, serta implementasi sistem notifikasi otomatis berbasis SMS dan aplikasi mobile.

Sistem ini dapat diaplikasikan untuk monitoring sungai di area remote dengan keterbatasan infrastruktur telekomunikasi dan kelistrikan. Implementasi sensor custom memberikan solusi ekonomis dibandingkan sensor komersial dengan tetap mempertahankan kemampuan deteksi perubahan kondisi aliran yang responsif. Arsitektur *distributed* monitoring dengan *CAN Bus* memberikan alternatif komunikasi yang lebih *robust* terhadap interferensi elektromagnetik dibandingkan protokol *wireless* konvensional.

Daftar Rujukan

- [1] B. Indarto, H. Sunarno, M. Fahrudin, and Di. B. Rahmat, "Pengukuran Ketinggian Permukaan Air Sungai menggunakan Prinsip Tekanan Berbasis Mikrokontroler ATmega328," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 11, no. 3, p. 120, Oct. 2015, doi: 10.12962/j24604682.v11i3.1072.
- [2] N. V. Tamara, "Sistem Ketinggian Air dan Pendeteksi Dini Banjir menggunakan Wemos D1 Mini Berbasis Esp8266 dengan Notifikasi Telegram dan Whatsapp," *Explore: Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, vol. 15, no. 1, p. 39, Jun. 2024, doi: 10.36448/jsit.v15i1.3417.
- [3] R. S. V. Simbar and Syahrin Alfi, "Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino UNO R3 dengan Komunikasi Wireless," *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, vol. 5, pp. 175–180, 2016.
- [4] M. Nurul Huda, M. Syariffuddin Zuhrie, N. Kholis, and P. Wanarti Rusimanto, "RANCANG BANGUN KIT MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IOT SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA ELEMEN PEMROGRAMAN DAN APLIKASI MIKROKONTROLER DI SMKN 7 SURABAYA," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 14, no. 3, pp. 191–95, 2025.
- [5] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022.
- [6] S. Pinandita, N. E. Elawati, and A. F. Al Amin, "Peningkatan Efisiensi Ekonomi Melalui Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Penerangan Jalan di Desa Banjarsari," *Jurnal Implementasi Ilmu Ekonomi*, vol. 2, no. 1, pp. 39–53, Mar. 2025, doi: 10.26623/ji2e.v2i1.10521.
- [7] S. Prayogi, N. I. Pertiwi, and A. M. Rozamuri, "Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Pengembangan Usaha Kebun Hidroponik PagiFarm," *I-Com: Indonesian Community Journal*, vol. 4, no. 4, pp. 2969–2979, Dec. 2024, doi: 10.70609/icom.v4i4.5797.
- [8] Chobir Abdul, "Sistem Deteksi Elevasi Permukaan Air Sungai Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino," *Jurnal Siliwangi Sains teknologi*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [9] D. T. Pandiangan, "Perancangan Sistem Alat Kontrol Lampu menggunakan Perintah SMS dengan Modul GSM SIM 8001 berbasis Metode Arduino," *JUKI: Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.53842/juki.v3i2.61.
- [10] M. I. Nari, A. Mufid, D. A. Tyagita, and E. M. Prasetya, "IMPLEMENTASI SENSOR ULTASONIK JSN-SR04T SEBAGAI ALAT BANTU PARKIR MOBIL MPV BERBASIS ARDUINO UNO," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.47134/jesty.v1i2.13.
- [11] R. SUSANA, M. ICHWAN, and S. AL PHARD, "Penerapan Metoda Serial Peripheral Interface (SPI) pada Rancang Bangun Data Logger berbasis SD card," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 4, no. 2, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v4i2.208.
- [12] M. A. Sahuri, D. Hadidjaja, A. Wisaksono, and J. Jamaaluddin, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KONDISI SUHU TUBUH DAN JANTUNG PASIEN SAAT PERAWATAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *Dinamik*, vol. 26, no. 2, 2021, doi: 10.35315/dinamik.v26i2.8691.