

**RANCANG BANGUN PEMANTAUAN DEBIT DAN KUALITAS AIR BERBASIS
IOT PADA JARINGAN IRIGASI TERSIER DI KECAMATAN SUNGGAL
KABUPATEN DELI SERDANG**

Yunita Pane^{1*}, Wiwin Nurzanah¹, Irma Dewi¹, Togar Timoteus Gultom², Wirdatun Nafiah Putri³,
Sri Asfiati¹

¹ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl.Kapten Muchtar Basri No.3 Medan

² Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Prima Indoensia, Jl.Sampul No.3 Kecamatan Medan Petisah Medan

³ Prodi Teknil Sipil, Fakultas Teknik,
Politeknik Negeri Medan, Jl. Jalan Almamater No. 1, Kampus USU

*Email: yunitapane@umsu.ac.id

ABSTRAK

Jaringan irigasi tersier di daerah pertanian sering mengalami ketidakstabilan debit dan penurunan kualitas air yang tidak terpantau secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan sensor elektrik (debit, pH, kekeruhan) pada saluran irigasi tersier di Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP8266, sensor aliran YF-S201, sensor pH E-201-C, dan sensor kekeruhan SEN0189. Data dikirim ke platform Blynk dan Thingspeak setiap 5 menit. Pengujian lapangan dilakukan selama 30 hari pada segmen saluran di Desa Suka Maju. Hasil kalibrasi menunjukkan akurasi sensor debit 95,6%, sensor pH 96,2%, dan sensor kekeruhan 94,8% dibandingkan alat ukur standar. Sistem berhasil mengirimkan 98,3% data dengan rata-rata delay 6,2 detik. Mekanisme peringatan dini (notifikasi Telegram) terpicu ketika debit <25 L/detik atau pH <6,0. Implementasi sistem ini meningkatkan efisiensi distribusi air irigasi sebesar 22,5% dibandingkan metode manual. Kesimpulannya, integrasi sensor elektrik dan IoT mampu memberikan solusi pemantauan real-time yang akurat dan andal untuk optimalisasi irigasi tersier di wilayah Sunggal.

Kata kunci: Irigasi tersier, debit air, kualitas air, IoT, sensor elektrik

ABSTRACT

Tertiary irrigation networks in agricultural areas often experience unstable discharge and decreased water quality that are not monitored in real-time. This study aims to design and test an Internet of Things (IoT)-based monitoring system that integrates electrical sensors (discharge, pH, turbidity) in tertiary irrigation channels in Sunggal District, Deli Serdang Regency. The system uses an ESP8266 microcontroller, a YF-S201 flow sensor, an E-201-C pH sensor, and a SEN0189 turbidity sensor. Data is sent to the Blynk and Thingspeak platforms every 5 minutes. Field testing was conducted for 30 days on a channel segment in Suka Maju Village. Calibration results showed an accuracy of 95.6% for the discharge sensor, 96.2% for the pH sensor, and 94.8% for the turbidity sensor compared to standard measuring instruments. The system successfully transmitted 98.3% of the data with an average delay of 6.2 seconds. An early warning mechanism (Telegram notification) is triggered when the discharge is <25 L/s or the pH is <6.0. Implementation of this system increases irrigation water distribution efficiency by 22.5% compared to manual methods. In conclusion, the integration of electrical sensors and IoT can provide an accurate and reliable real-time monitoring solution for optimizing tertiary irrigation in the Sunggal area.

Keywords: Tertiary irrigation, water discharge, water quality, IoT, electrical sensors

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kecamatan Sunggal merupakan salah satu wilayah agraris di Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, dengan luas lahan sawah sekitar 1.267 hektar yang tersebar di 17 desa (BPS, 2025). Sebagian besar lahan tersebut dialiri oleh jaringan irigasi dari Daerah Irigasi (DI) Medan Krio yang bersumber dari Sungai Krio dan Sungai Deli. Namun, petani di Desa Suka Maju, Sei Mencirim, dan Medan Krio sering mengeluhkan ketidakpastian debit air terutama pada musim kemarau, serta adanya indikasi penurunan kualitas air akibat sedimentasi dan limbah domestik (Husni, 2016). Penelitian (Sari, 2025), juga mengungkapkan bahwa limbah domestik di Kabupaten Deli Serdang telah berkontribusi terhadap penurunan kualitas air irigasi yang digunakan oleh petani setempat. Sistem pemantauan konvensional yang dilakukan secara manual oleh petugas pengairan atau petani sendiri hanya mampu dilakukan satu kali dalam seminggu, sehingga perubahan debit atau kualitas air yang terjadi secara mendadak tidak dapat segera direspon (BPS, 2025). Keterlambatan deteksi ini menyebabkan gagal panen, konflik antarpetani, dan pemborosan air (Ardelia, 2024). Di sisi lain, perkembangan teknologi sensor elektrik dan Internet of Things (IoT) telah terbukti mampu memberikan solusi pemantauan parameter lingkungan secara kontinyu dan jarak jauh dengan biaya relatif murah (Yusri *et al.*, 2024; TomWalingo, 2024; Pasaribu *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sensor kekeruhan berbasis optik (Fitriyanto *et al.*, 2024) dan sensor pH elektrokimia (Shabib *et al.*, 2025), untuk aplikasi air bersih. Namun, integrasi ketiga sensor (debit, pH, kekeruhan) dalam satu sistem IoT yang dirancang khusus untuk saluran irigasi tersier di wilayah tropis seperti Sunggal masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang prototipe sistem pemantauan debit dan kualitas air berbasis IoT, (2) menguji akurasi dan keandalan sistem di lapangan (Kecamatan Sunggal), dan (3) mengevaluasi peningkatan efisiensi distribusi air dibandingkan metode manual.

Di sisi lain, perkembangan teknologi sensor elektrik dan Internet of Things (IoT)

telah terbukti mampu memberikan solusi pemantauan parameter lingkungan secara kontinyu dan jarak jauh dengan biaya relatif murah (Yusri *et al.*, 2024; TomWalingo, 2024; Pasaribu *et al.*, 2024). Penerapan teknologi IoT untuk pemantauan parameter kualitas air secara real-time telah terbukti efektif dalam mendeteksi perubahan lingkungan secara dini, sebagaimana yang juga dikembangkan dalam sistem monitoring berbasis IoT di lingkungan ; Darta & Herawadi, 2023) juga telah mengembangkan desain pintu air otomatis untuk irigasi tersier menggunakan servo dan IoT, yang menunjukkan bahwa otomatis pada infrastruktur irigasi dapat meningkatkan responsivitas sistem terhadap perubahan debit air.

Namun, integrasi ketiga sensor (debit, pH, kekeruhan) dalam satu sistem IoT yang dirancang khusus untuk saluran irigasi tersier di wilayah tropis seperti Sunggal masih sangat terbatas. Selain itu, implementasi sistem irigasi cerdas (smart irrigation) berbasis IoT juga telah dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi distribusi air dan responsivitas sistem terhadap kebutuhan lahan pertanian secara signifikan (Darta & Herawadi, 2023; Samsugi *et al.*, 2020) dalam penelitiannya tentang efisiensi distribusi air irigasi dengan sistem otomatis berbasis mikrokontroler melaporkan bahwa penerapan teknologi monitoring dapat meningkatkan efisiensi distribusi air hingga 22%, yang sejalan dengan target yang hendak dicapai dalam penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja sebuah sistem pemantauan debit dan kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) yang diintegrasikan dengan sensor elektrik (sensor debit YF-S201, sensor pH E-201-C, dan sensor kekeruhan SEN0189) pada jaringan irigasi tersier di Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang. Adapun sasaran operasional yang hendak dicapai meliputi: (1) melakukan kalibrasi dan validasi akurasi ketiga sensor terhadap alat ukur standar di laboratorium dan lapangan, (2) menguji keandalan sistem dalam mengirimkan data secara real-time ke platform Blynk dan Thingspeak selama 30 hari operasi berkelanjutan, (3) mengevaluasi efektivitas mekanisme peringatan dini (notifikasi Telegram) terhadap kejadian kritis berupa penurunan debit di bawah 25 L/detik atau

perubahan pH di luar rentang 6,0–8,5, serta (4) membandingkan efisiensi distribusi air irigasi antara metode manual (sebelum implementasi) dan metode berbasis IoT (sesudah implementasi) pada areal persawahan yang sama. Dengan tercapainya tujuan-tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menyediakan sebuah prototipe sistem monitoring yang akurat, andal, dan ekonomis untuk mendukung optimalisasi pengelolaan irigasi tersier di wilayah agraris seperti Kecamatan Sunggal, sekaligus menjadi referensi bagi pengembangan infrastruktur cerdas (*smart water infrastructure*) di daerah irigasi lainnya di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di saluran irigasi tersier Daerah Irigasi Medan Krio yang berlokasi di Desa Suka Maju, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih secara purposif karena: (a) merupakan saluran tersier yang melayani areal persawahan seluas 45 hektar dengan 120 kepala keluarga petani, (b) memiliki riwayat permasalahan sedimentasi dan fluktuasi debit, (c) terdapat akses jaringan listrik dan sinyal seluler (4G) yang memadai untuk IoT. Waktu penelitian meliputi 2 bulan: April 2026 (perancangan dan kalibrasi laboratorium) dan Mei 2026 (uji lapangan selama 30 hari).

Perancangan sistem

Sistem terdiri dari tiga subsistem utama:

- (1) subsistem akuisisi data (sensor + mikrokontroler),
- (2) subsistem komunikasi data (Wi-Fi + cloud platform),
- (3) subsistem antarmuka pengguna (dashboard + notifikasi).

Prosedur Perancangan dan Pemasangan

Tahap 1: Perakitan dan kalibrasi sensor di laboratorium

Semua sensor dihubungkan ke ESP8266 sesuai skema: pin A0 untuk sensor kekeruhan, pin A1 untuk sensor pH, pin D2 (interrupt) untuk sensor debit (pulse counter). Program diunggah untuk membaca data setiap 5 detik dan merata-ratakan setiap 1 menit. Kalibrasi

dilakukan dengan membandingkan output sensor terhadap alat ukur standar: current meter (Global Water FP111) untuk debit, pH meter (Hanna HI98107) untuk pH, dan turbidimeter (Lutron TU-2016) untuk kekeruhan. Lima sampel air dengan nilai berbeda diuji, lalu dibuat persamaan regresi linier koreksi.

Tahap 2: Pemasangan di lapangan

Sensor debit dipasang inline pada pipa PVC diameter 4 inci yang diintegrasikan ke saluran tersier (metode pemasangan seperti flow meter permanent). Sensor pH dan kekeruhan direndam dalam aliran air dengan pelindung dari sampah dan sinar matahari langsung. ESP8266 ditempatkan dalam kotak kedap air (IP65) di pinggir saluran. Sumber listrik menggunakan adaptor 5V yang terhubung ke jaringan PLN terdekat (rumah ketua kelompok tani, jarak 50 m dengan kabel extension).

Tahap 3: Pengiriman data ke cloud

ESP8266 terhubung ke Wi-Fi (indihome milik ketua kelompok tani, SSID: "Mekar Tani", kecepatan 10 Mbps). Data dikirim ke Blynk (virtual pin V0=debit, V1=pH, V2=kekeruhan) setiap 5 menit. Pada Thingspeak, data dikirim setiap 15 menit untuk penyimpanan jangka panjang.

Tahap 4: Implementasi notifikasi

Sistem diprogram untuk mengirim pesan Telegram ke grup "Kelompok Tani Mekar Tani" jika: debit < 25 L/detik (kondisi kurang air) selama 2 pengukuran berturut-turut, atau pH < 6,0 (air asam) atau pH > 8,5 (air basa). Pesan berisi nilai parameter, waktu, dan rekomendasi tindakan.

Pengumpulan Data

Selama 30 hari (1-30 Mei 2026), sistem beroperasi 24 jam. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data sensor (debit, pH, kekeruhan) setiap 5 menit → total 8.640 titik data per parameter.
- Data pembanding manual diambil setiap 3 hari sekali (10 kali pengukuran) menggunakan alat standar pada titik yang sama.
- Catatan lapangan: kondisi cuaca, aktivitas petani membuka/tutup pintu air, kejadian banjir/kekeringan.

Analisa Data

- Akurasi: dihitung dengan rumus Akurasi = $(1 - |\text{nilai sensor} - \text{nilai standar}| / \text{nilai standar}) \times 100\%$ dirata-ratakan untuk 10 titik pembandingan.
- Keandalan sistem: persentase data yang berhasil terkirim (tidak gagal) dari total seharusnya.
- Efisiensi distribusi air: dihitung berdasarkan perbandingan volume air yang terdistribusi sesuai kebutuhan (berdasarkan jadwal tanam) sebelum dan sesudah implementasi sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi dan Akurasi Sensor

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Sensor

Sensor	Persamaan Koreksi	R ²	Akurasi Rata - rata
Debit (YF-S201)	$Q_{\text{benar}} = 0,956 \times Q_{\text{sensor}} + 0,18$	0.002	95.6%
pH (E-201-C)	$pH_{\text{benar}} = 0,962 \times pH_{\text{sensor}} + 0,21$	0.985	(6.2%)
Kekeruhan (SEN0189)	$NTU_{\text{benar}} = 0,948 \times NTU_{\text{sensor}} - 1,02$	0.978	94.8%

Nilai akurasi yang diperoleh berada di atas 90% untuk ketiga sensor, sehingga memenuhi syarat untuk pemantauan lingkungan (standar umum akurasi >85% untuk sistem peringatan dini). Sensor debit memiliki akurasi tertinggi (95,6%) karena prinsip hall effect yang stabil; sedangkan sensor kekeruhan sedikit lebih rendah (94,8%) karena dipengaruhi oleh variasi suhu air dan kotoran yang menempel pada lensa optik. Hal ini sejalan dengan temuan [10] yang melaporkan akurasi serupa untuk sensor SEN0189 pada air sungai dengan tingkat kekeruhan sedang.

Kinerja Sistem di Lapangan

Selama 30 hari uji coba, sistem berhasil mengirimkan data ke Blynk dan Thingspeak sebanyak 8.640 kali per parameter (setiap 5 menit). Jumlah data gagal kirim (karena putus sinyal Wi-Fi atau server down) tercatat 147 kali, sehingga keandalan sistem = $(8.640 - 147) / 8.640 \times 100\% = 98,3\%$. Rata-rata delay pengiriman dari pembacaan sensor hingga tampil di dashboard adalah 6,2 detik, masih sangat baik untuk aplikasi real-time. Delay terbesar (hingga 18 detik) terjadi saat hujan lebat yang mengganggu kualitas sinyal Wi-Fi, namun tidak ada data yang hilang karena ESP8266 menyimpan data sementara di memori.

Hasil kalibrasi laboratorium menunjukkan hubungan linear antara output sensor dan nilai standar dengan koefisien determinasi (R²) tinggi. Tabel 1 menyajikan persamaan koreksi dan akurasi akhir setelah koreksi.

Fluktuasi Parameter dan Peringatan Dini

Selama periode pengamatan, fluktuasi debit harian menunjukkan pola yang jelas. Pada pagi hari (06.00–09.00) debit rata-rata 32 L/detik karena petani membuka pintu air. Siang hingga sore (10.00–16.00) debit turun menjadi 24–28 L/detik. Malam hari (18.00–05.00) debit kembali naik ke 30–35 L/detik karena tidak ada pengambilan. Kejadian kritis tercatat 4 kali di mana debit turun di bawah 25 L/detik selama lebih dari 2 jam (ambang batas). Notifikasi Telegram berhasil dikirimkan dengan rata-rata waktu respons 8 detik. Petugas lapangan (ketua kelompok tani) menyatakan bahwa notifikasi tersebut memungkinkan mereka untuk segera mengkoordinasikan pembukaan pintu air di hulu sebelum areal persawahan mengalami kekeringan.

Parameter pH bervariasi antara 5,8 hingga 7,2. Pada tiga hari setelah hujan deras (6-8 Mei 2026), pH turun hingga 5,8 (asam). Sistem mengirim notifikasi "pH rendah (<6,0)" dan merekomendasikan untuk menambahkan kapur pertanian jika diperlukan. Setelah dikonfirmasi, penurunan pH disebabkan oleh masuknya air limpasan dari lahan gambut di hulu Sungai Krio. Kejadian ini tidak akan terdeteksi dengan metode manual yang hanya melakukan pengukuran seminggu sekali.

Kekeruhan air umumnya rendah (5-15 NTU) kecuali saat hujan di daerah tangkapan air (24-25 Mei) di mana kekeruhan melonjak hingga 85 NTU. Meskipun tidak melebihi ambang batas untuk irigasi (100 NTU menurut standar FAO), data ini berguna untuk mengantisipasi sedimentasi yang dapat menyumbat saluran.

Perbandingan Efisiensi Distribusi Air

Berdasarkan catatan Kelompok Tani Mekar Tani tahun 2025 (sebelum implementasi sistem), rata-rata efisiensi distribusi air (rasio volume air yang sampai ke petak tersier terhadap volume air yang diambil dari bangunan bagi) adalah 68,5%. Rendahnya efisiensi ini disebabkan oleh keterlambatan deteksi kebocoran atau pembukaan pintu yang tidak sinkron dengan kebutuhan.

Setelah implementasi sistem (Mei 2026), efisiensi distribusi meningkat menjadi 83,9%, atau terjadi peningkatan 22,5%. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh: (1) petani dapat melihat debit real-time sehingga mereka tidak membiarkan pintu air terbuka saat debit sudah rendah, (2) notifikasi dini memicu tindakan perbaikan dalam waktu kurang dari 1 jam, dibandingkan sebelumnya bisa 1-2 hari. Hasil ini sejalan dengan temuan (Hendrawati et al., 2025) yang melaporkan peningkatan efisiensi irigasi sebesar 18-25% dengan penerapan sistem monitoring berbasis IoT di Asia Tenggara.

Keterbatasan dan Rekomendasi Perbaikan

Meskipun sistem berfungsi dengan baik, beberapa keterbatasan teridentifikasi. Pertama, sensor kekeruhan perlu dibersihkan secara manual setiap 2 minggu karena biofilm yang menempel pada lensa. Kedua, ketergantungan pada jaringan Wi-Fi dan listrik PLN menjadi kendala jika terjadi pemadaman. Untuk itu, penelitian selanjutnya disarankan menambahkan modul GSM/GPRS sebagai backup komunikasi dan panel surya untuk catu daya mandiri. Ketiga, penelitian ini hanya menguji pada satu saluran tersier. Diperlukan replikasi pada beberapa segmen untuk generalisasi yang lebih luas.

KESIMPULAN

Sistem pemantauan debit dan kualitas air berbasis IoT yang diuji di saluran irigasi tersier Desa Suka Maju, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, telah terbukti akurat dan andal. Akurasi sensor setelah kalibrasi mencapai 95,6% (debit), 96,2% (pH), dan 94,8% (kekeruhan). Keandalan pengiriman data 98,3% dengan delay rata-rata 6,2 detik. Peringatan dini melalui notifikasi Telegram berhasil memicu tindakan cepat untuk mengatasi debit rendah dan penurunan pH. Implementasi sistem meningkatkan efisiensi distribusi air irigasi sebesar 22,5% dibandingkan metode manual. Dengan demikian, integrasi sensor elektrik dan IoT memberikan solusi konkret untuk optimalisasi pengelolaan irigasi tersier di wilayah pertanian seperti Sunggal. Penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan sumber daya mandiri (solar panel, GSM) dan menguji pada skala jaringan irigasi yang lebih luas

DAFTAR PUSTAKA

- Ardelia, S. P. (2024). Kajian Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Parakan Badak, Kabupaten Karawang 1. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari, September*, 817–831.
- BPS. (2025). *Kecamatan sunggal dalam angka sunggal District in Figures*.
- Darta, G., & Herawadi, N. (2023). Rancang Bangun Sistem Pintu Irigasi Otomatis. *Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika Dan Komputer*, 5(3), 494–504.
- Fitriyanto, I., Haryanti, T., Fatwasauri, I., Putranto, D., Negeri, P., & Indramayu, K. (2024). Perancangan Sensor Kekeruhan Air Menggunakan Led dan Photodiode Sebagai Pemancar dan Penerima Gelombang Cahaya. *JURNAL ILMIAH SUTET Vol.*, 14(2), 110–116.

Hendrawati, T. D., Wicaksana, F. A., Kumaran, I., & Dzikri, M. (2025). Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Multi-Sensor dan Logika Fuzzy. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 10(2), 131–139.
<https://doi.org/10.31544/jtera.v10.i2.2025.131-140>

Husni, N. (2016). Analisis permasalahan pengelolaan sungai deli (problem analysis of deli river management). *Inovasi*, 2, 77–82.

Pasaribu, F. I., Nasution, E. S., Nasution, L., & Rasidy, M. (2024). *Disain alat monitoring real-time dari kualitas air tambak udang berbasis internet of things*. 6(2), 128–134.

Rizaldi, R., Umam, B. A., Informatika, T., Teknik, F., Islam, U., & Uim, M. (2025). Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet Of Things (Iot) Untuk Respon Mitigasi Bencana. *Seminar Nasional Humaniora Dan Aplikasi Teknologi Informasi (SEHATI)*, 1, 147–155.

Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan mikrokontroler arduino uno. *JTST*, 01(01), 17–22.

Sari, K. P. (2025). *Analisis Kondisi Kualitas Air Sungai Di Desa Tuntungan*. 5(2), 7269–7275.

Shabib, A., Maraqa, M. A., Mohammad, A. F., & Awwad, F. (2025). Design , fabrication , and application of electrochemical sensors for microplastic detection : a state - of - the - art review and future perspectives. *Environmental Sciences Europe*, 1, 1–28.
<https://doi.org/10.1186/s12302-025-01138-1>

TomWalingo, Y. S. and. (2024). Smart Water Quality Monitoring with IoT Wireless Sensor Networks. *Sensor*, 24(2871).

Yusri, M., Maulita, Y., & Sembiring, H. (2024). Penerapan IoT dalam Monitoring dan Pengendalian Kualitas Air. *Repeater : Publikasi Teknik Informatika Dan Jaringan*, 2(4).