

Sistem Monitoring Persawahan terhadap Pencemaran Limbah Pabrik berbasis *Internet of Things*

FALAH MUYASSAR, SUJONO, NIFTY FATH

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur, Indonesia
Email : nifty.fath@budiluhur.ac.id

Received 13 September 2023 | *Revised* 20 Oktober 2023 | *Accepted* 29 Oktober 2023

ABSTRAK

Sektor pertanian merupakan salah satu tulang punggung perekonomian di Indonesia. Terdapat suatu tantangan dalam mengelola infrastruktur pertanian yakni lahan sawah yang masih tercemar limbah pabrik. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu sistem untuk memantau kualitas air dan udara serta sistem proteksi persawahan. Dalam penelitian ini, sistem monitoring berbasis Internet of Things dan prototipe sistem proteksi persawahan dirancang secara komprehensif. Parameter yang dipantau adalah pH air irigasi menggunakan sensor pH V2 electrode probe dan konsentrasi gas CO dengan sensor MQ7. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dihubungkan dengan sensor-sensor dan diproses untuk mengendalikan pintu air irigasi sebagai sistem proteksi persawahan. Jika terdeteksi adanya limbah cair, maka pintu irigasi akan otomatis tertutup. Data yang diperoleh dikirim ke server dan dapat diakses melalui aplikasi dan web Blynk. Waktu respons sensor dan kerja aktuator motor stepper adalah 25,8 detik.

Kata kunci: *pencemaran, monitoring, sensor pH, sensor gas CO, IoT*

ABSTRACT

The agricultural sector is one of the backbones of the economy in Indonesia. There are challenges in managing agricultural infrastructure such as rice fields which are still polluted by factory waste. Therefore, a system is needed to combine air and air quality and a rice field protection system. In this research, an Internet of Things-based monitoring system and a rice field protection system prototype were designed comprehensively. The parameters detected are the pH of the irrigation water using the V2 pH sensor electrode probe and the CO gas concentration using the MQ7 sensor. The NodeMCU ESP32 microcontroller is connected to sensors and processed to control irrigation water gates as a rice field protection system. If liquid waste is detected, the irrigation door will automatically close. The data obtained is sent to the server and can be accessed via the Blynk application and web. The sensor response time and stepper motor actuator work is 25.8 seconds.

Keywords : *pollution, monitoring pH sensor, CO gas sensor, IoT*

1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, pemerintah Indonesia sedang melakukan pengembangan sektor pertanian yang berkelanjutan dan terintegrasi dengan memanfaatkan teknologi. Upaya ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas infrastruktur pertanian (**Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2022**). Namun, terdapat suatu tantangan dalam mengelola infrastruktur pertanian yakni lahan sawah yang masih sering tercemar oleh limbah cair dari pabrik. Sebagai contoh, di desa Tirtonirmolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, terdapat sebuah sawah yang tercemar limbah cair pabrik gula. Limbah tersebut mencemari ±33,39% tanah sawah. Keberadaan limbah pada air irigasi dapat mempengaruhi kualitas tanah sawah (**Septia, 2021**). Hal ini dapat mengurangi luas areal pertanian serta menurunkan kualitas dan kuantitas dari hasil pertanian (**Fabiana, dkk, 2017**). Selain limbah cair, terdapat pula limbah berupa polusi udara pabrik yang dapat memberikan dampak negatif pada pertumbuhan tanaman. Kerusakan secara morfologis dan fisiologis akibat polusi udara pabrik akan mengancam kehidupan tanaman (**Hasna, dkk, 2020**).

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan suatu usaha untuk memproteksi lingkungan persawahan dari limbah pabrik di sekitar sawah dengan menerapkan teknologi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Reza dkk (**Reza, dkk, 2021**), monitoring air bersih dari PDAM dilakukan pada persawahan menggunakan sensor pH. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada aplikasi android yang terkoneksi dengan TCP/IP dan Wemos D1. Haji dkk (**Haji, dkk, 2019**) juga meneliti tentang monitoring konsentrasi gas CO pada cerobong asap industri menggunakan sensor MQ7. Hasil pembacaan sensor dapat dipantau melalui *handphone* dengan komunikasi *bluetooth*. Pemakaian sensor pH dan MQ7 secara bersamaan juga pernah dilakukan dalam penelitian alat pemantau lingkungan sungai, danau, dan pantai menggunakan kapal tanpa awak menggunakan navigasi *waypoint* yang terhubung ke PC dengan modul GPS (**Saputra & Rivai, 2018**). Namun, beberapa penelitian tersebut belum menggunakan sistem proteksi untuk mengurangi efek limbah pabrik.

Beberapa penelitian terkait sistem kualitas lingkungan juga telah terintegrasi dengan *Internet of Things*, seperti yang dilakukan oleh (**Pasika & Gandla, 2020**) (**Jan, dkk, 2021**) (**Chakraborty, dkk, 2017**) untuk mendeteksi kualitas air dan (**Kumar, dkk, 2012**) (**Nasution, dkk, 2020**) (**Múnera, dkk, 2021**) untuk mendeteksi kualitas udara. Teknologi *Internet of Things* dapat diterapkan dalam sistem monitoring untuk mendukung sistem yang lebih efisien, aman, murah, dengan kemampuan monitoring yang *real-time*.

Oleh karena itu, pada penelitian ini sebuah prototipe sistem telemetri berbasis *Internet of Things* dirancang untuk memonitoring dan memproteksi suatu area persawahan. Objek dalam penelitian ini adalah persawahan yang dekat dengan pabrik pengolahan ban di Desa Kelapa Nunggal, Kecamatan Kelapanunggal, Kota Bogor. Pada lingkungan persawahan tersebut, ditemukan limbah cair dan gas yang mencemari area persawahan, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu petani, diketahui bahwa kualitas dan kuantitas produksi padi menurun akibat pencemaran limbah pabrik. Jika hujan besar datang, dapat terjadi gagal panen karena seluruh limbah cair yang akan masuk ke sawah dan merusak tanaman padi beserta tanah.

Pada sistem yang dirancang, terdapat dua jenis sensor yang digunakan yakni sensor pH V2 *electrode probe* untuk mengidentifikasi tingkat asam-basa air dan sensor MQ7 untuk mengidentifikasi gas CO. Sistem telemetri digunakan karena daerah persawahan mempunyai area yang luas dan jauh dari rumah petani sehingga pembacaan nilai pH dan CO harus dilakukan dari jarak jauh (**Pratama, 2022**). Hasil pembacaan kedua sensor dan kondisi sawah dapat dipantau oleh petani secara *realtime* melalui aplikasi Blynk. Jika limbah cair

terdeteksi, maka sistem proteksi akan mengaktifkan motor *stepper* sebagai aktuator untuk menutup pintu air irigasi sehingga air yang tercemar tidak dapat masuk ke sawah.



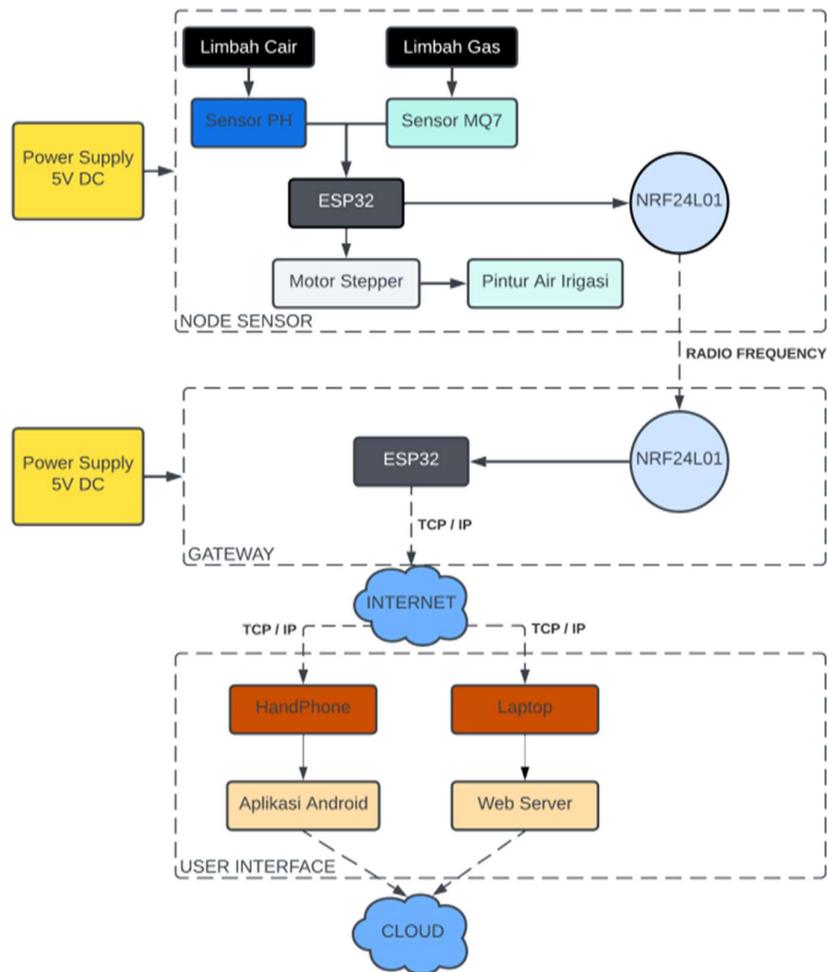
(a) (b)
Gambar 1. Dua Jenis Pencemaran Limbah pada Area Persawahan di Desa Kelapa Nunggal, Kecamatan Kelapanunggal, Kota Bogor (a) Limbah Cair dari Pabrik Ban (b) Limbah Gas

2. METODE

2.1 Perancangan Sistem

Diagram blok sistem secara keseluruhan terlihat pada Gambar 2. Sistem terbagi menjadi tiga bagian utama yakni *sensor node*, *gateway node*, dan *user interface*. Pada *sensor node*, hasil pembacaan dari sensor pH dan sensor MQ7 akan dikirim ke modul mikrokontroler NodeMCU ESP32. *Set point* nilai pH yang ditetapkan adalah 6 - 9 untuk pH normal. Nilai pH yang berada di luar rentang tersebut menandakan adanya pencemaran limbah cair. Gas CO yang diizinkan adalah kurang dari 5 ppm. Jika gas CO yang terdeteksi berada di luar ambang batas maka menunjukkan adanya pencemaran limbah udara.

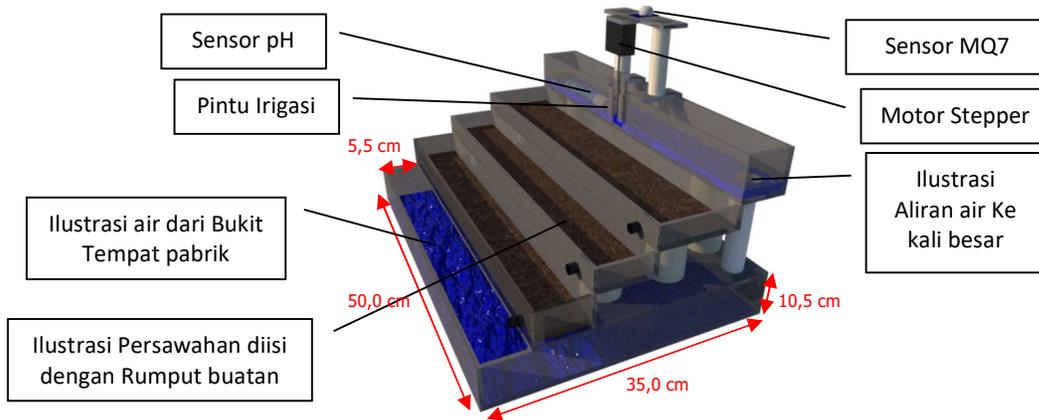
Apabila terdeteksi adanya limbah cair, maka mikrokontroler akan menggerakkan aktuator berupa motor *stepper* untuk membuka pintu air irigasi. Data hasil pembacaan sensor, kondisi persawahan, dan status pintu air irigasi ditransmisikan ke *gateway node* melalui komunikasi *point to point* gelombang radio menggunakan antena NRF24L01 pada frekuensi 2,4 GHz. *Gateway node* menerima data dari *transceiver*, kemudian data diunggah ke platform Blynk *webserver* melalui koneksi TCP/IP. Pada Blynk *webserver*, data masuk ke *database* menggunakan protokol HTTPS/SS dan diolah dengan *Database Management System* (DBMS). Proses DBMS dilakukan oleh *broker* dari Blynk yang mengatur dan melayani alur penyajian data dengan menginisialisasi data untuk disajikan pada *interface* sebelum ditampilkan di *interface* Blynk *webserver*. *User* dapat mengakses dan memonitoring melalui aplikasi Blynk di *handphone* dan *web* Blynk dengan perangkat keras PC/laptop.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.2 Perancangan Model Desain 3D

Komposisi prototipe sistem terdiri dari 60% akrilik, 20% pipa paralon untuk struktur, 10% pipa untuk irigasi, dan 5% besi mur dan 5% drat untuk pintu air. Panel rangkaian elektronik diletakkan pada bagian bawah prototipe. Gambar desain 3D dapat dilihat pada Gambar 3. Aliran air dari bawah dipompa ke atas untuk merepresentasikan sungai irigasi. Sensor pH dipasang di aliran air untuk menilai tingkat asam-basa air. Jika air tercemar, maka pintu irigasi akan tertutup. Pintu irigasi terbuat dari bahan akrilik yang ditempelkan ke drat. Jika baut diputar, maka akrilik (pintu air) akan turun dan air akan kembali mengalir ke sungai besar tanpa melewati persawahan. Pintu air baru akan terbuka kembali jika nilai pH telah memenuhi *setpoint*.



Gambar 3. Desain Prototipe

2.3 Perancangan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini terdapat dua instalasi rangkaian yakni pada *sensor node* dan *gateway node*, seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pada modul NodeMCU ESP32, terdapat sebuah proses konversi pembacaan data analog berupa tegangan dari sensor pH V2. Proses konversi nilai pH diperoleh dari beberapa kali percobaan kalibrasi dengan data yang tertampil pada Tabel 1. Data tersebut diolah untuk mendapatkan persamaan regresi linear pada Persamaan (1).

$$Y = 28,193 - 4,8192 X \quad (1)$$

dengan X adalah hasil pembacaan tegangan dan Y adalah nilai pH.

Tabel 1. Konversi Nilai Tegangan menjadi Nilai pH pada Sensor pH

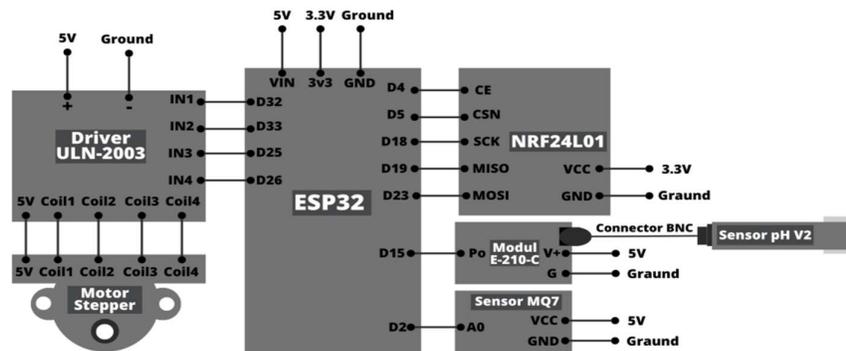
Cairan Uji	pH meter (pH)	Tegangan Output Sensor (V)
Cairan Uji 1	4,06	5,00
Cairan Uji 2	6,72	4,47
Cairan Uji 3	9,51	3,87

Proses konversi juga dilakukan pada hasil pembacaan sensor MQ7. Berdasarkan *datasheet* dari sensor MQ7 (**Hanwei Electronics, 2023**), nilai yang terbaca oleh sensor MQ7 adalah nilai tegangan *output* sensor. Besar nilai tegangan akan menentukan perbandingan resistansi R_s/R_o , di mana R_s adalah resistansi sensor pada saat gas CO terdeteksi 100 ppm dan R_o adalah resistansi sensor pada saat udara bersih. Nilai R_s akan berubah-ubah sesuai konsentrasi gas CO yang terbaca. Tabel 2 adalah nilai karakteristik gas CO terhadap resistansi R_s/R_o yang kemudian direpresentasikan dalam persamaan *power regression* pada Persamaan (2).

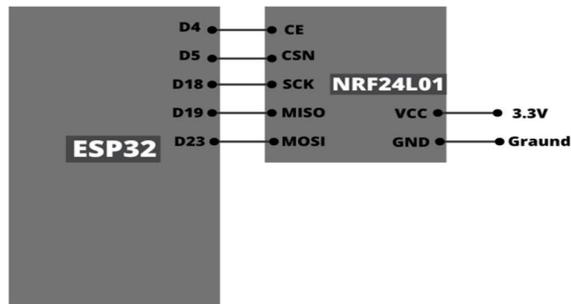
$$Y = 98,93 X^{-1,534} \quad (2)$$

Tabel 2. Konversi Nilai R_s/R_o menjadi Nilai pH pada Sensor pH

R_s/R_o	Konsentrasi gas CO (ppm)
1,599	49,821
1	100
0,383	397,769
0,218	1008,533
0,092	4045,862



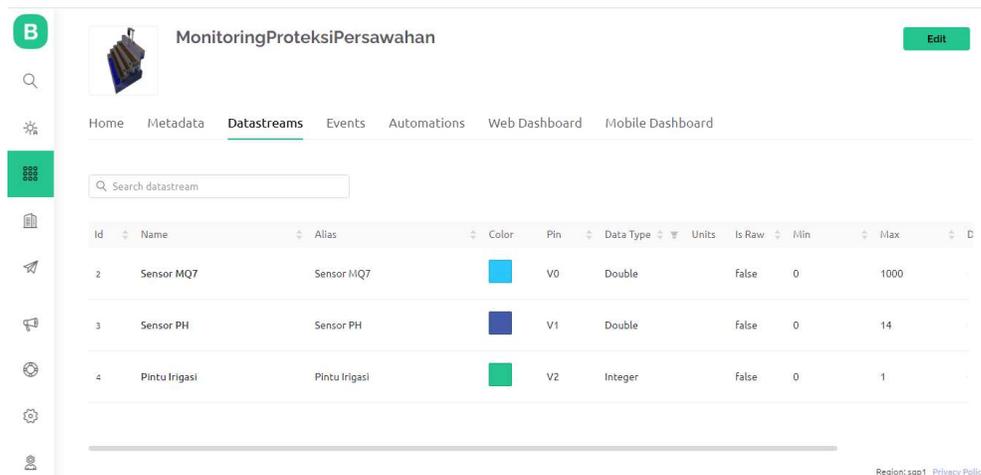
Gambar 4. Rangkaian *Sensor Node*



Gambar 5. Rangkaian *Gateway Node*

2.4 Perancangan Blynk

Blynk adalah salah satu platform pendukung sistem IoT yang dapat digunakan untuk mengontrol beberapa jenis mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi, dan NodeMCU. *User interface* dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan sistem. Pada penelitian ini, data yang ditampilkan adalah *datastream* dari pembacaan sensor pH, sensor gas CO, dan kondisi pintu air irigasi, seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaturan *Datastream* pada Platform Blynk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

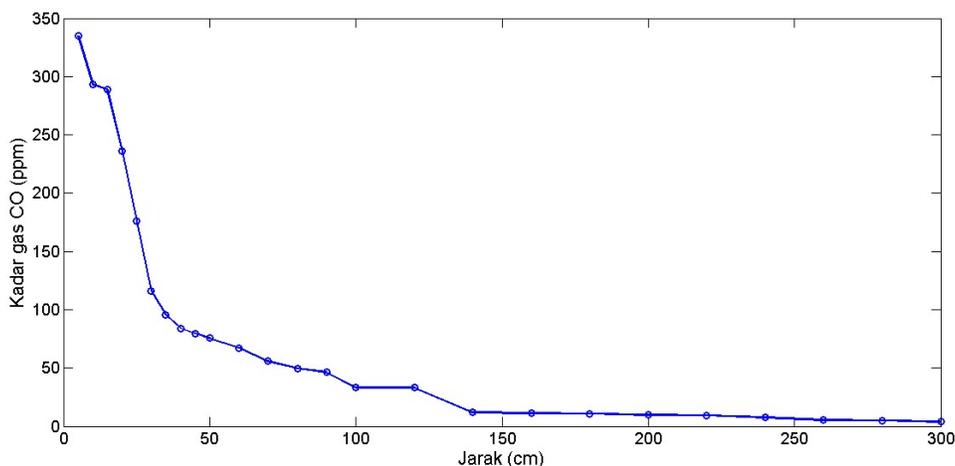
3.1 Pengujian Sensor pH (pH V2) dan Sensor Gas CO MQ7

Pada penelitian ini, jenis sensor yang digunakan adalah sensor pH V2 dan sensor gas MQ7. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan hasil pembacaan pH meter dengan hasil pembacaan sensor pH. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh *error* sebesar 0,755% seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Pengujian sensor MQ7 dilakukan untuk mencari jarak maksimum sensitivitas kadar CO (ppm). Sumber gas CO diperoleh dari pembuangan gas sepeda motor. Terdapat 25 hasil eksperimen pembacaan gas CO dengan variasi jarak pengukuran seperti yang terlihat pada Gambar 7. Semakin jauh jarak antara sumber gas dengan sensor, maka nilai CO yang terbaca pada sensor akan semakin kecil.

Tabel 3. Pengujian Akurasi Sensor pH V2

pH meter (pH)	Sensor pH V2 (pH)	Error (%)
4,060 (kondisi asam)	4,096	0,887
6,720 (kondisi netral)	6,650	1,041
9,510 (kondisi basa)	9,542	0,336
Rata-rata error		0,755



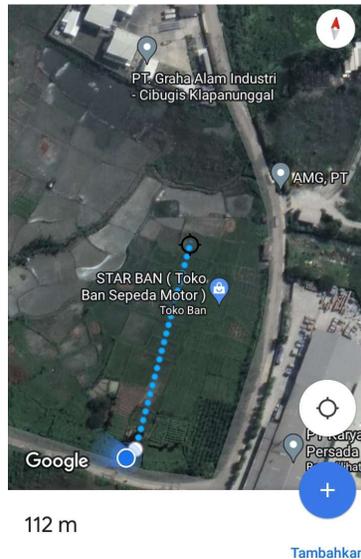
Gambar 7. Kadar Gas CO terhadap Variasi Jarak Pengukuran

3.2 Pengukuran Jangkauan Transmisi NRF24L01

Jangkauan transmisi NRF24L01 diuji untuk mendapatkan jarak maksimum antara *gateway node* dengan *sensor node*. Pengukuran dilakukan karena pada umumnya lingkungan persawahan memiliki area yang luas. Pengukuran dilakukan secara bertahap, dimulai dengan jarak 10 m, 20 m, 40 m, 80, dan 120 m. Lokasi pengujian terlihat pada Gambar 8. Data percobaan yang dikirim adalah data hasil pembacaan sensor gas CO. Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4 terlihat bahwa pada jarak 120 meter data berhasil terkirim 100%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa komunikasi dengan NRF24L01 cocok digunakan untuk lingkungan persawahan dengan area yang luas dengan kondisi *line of sight*.

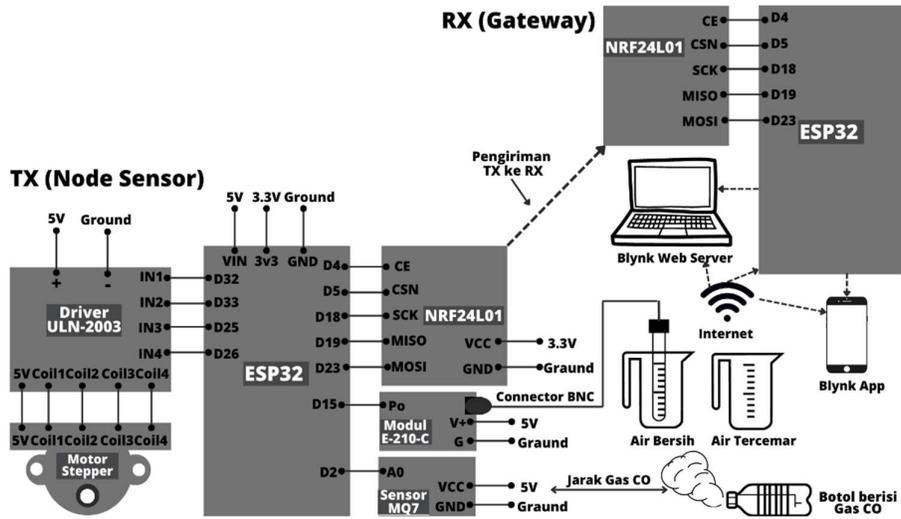
Tabel 4. Hasil Pengukuran Jangkauan Transmisi NRF24L01

Jarak (m)	Data Dikirim (PPM CO)	Pengiriman Data	Data Diterima (PPM CO)	Persentase Keberhasilan (%)
10	0,14	Berhasil	0,14	100%
20	0,03	Berhasil	0,03	100%
40	0,05	Berhasil	0,05	100%
80	0,04	Berhasil	0,04	100%
120	0,19	Berhasil	0,19	100%

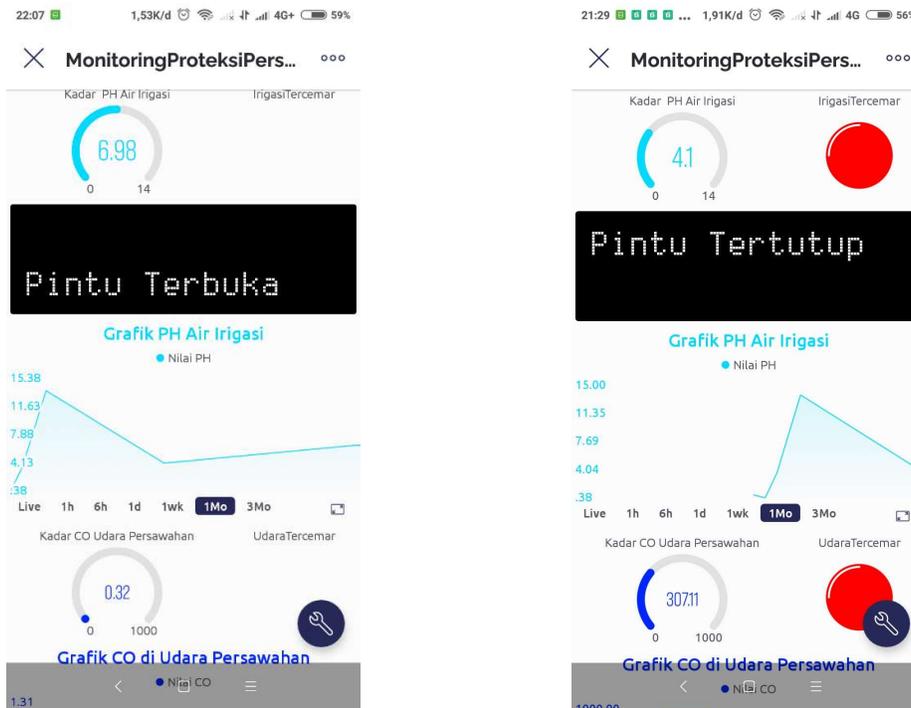
**Gambar 8. Lokasi Pengujian Jangkauan Transmisi NRF24L01**

3.3 Pengujian Sistem Monitoring

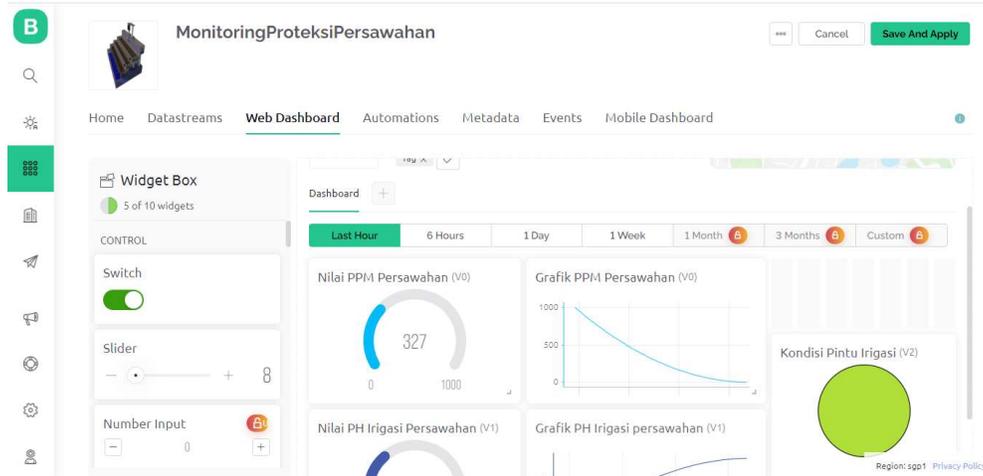
Sistem monitoring dirancang untuk memudahkan pemilik sawah memantau area persawahan serta mengontrol pintu irigasi secara otomatis. Pada pengujian sistem monitoring, dilakukan suatu skenario untuk menciptakan lingkungan persawahan yang aman dan yang tercemar, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Pemilik sawah atau *user* dapat mengakses sistem melalui Blynk *web server* dan Blynk App. Pada kondisi awal, kadar pH air irigasi masih berada di dalam rentang *setpoint* yakni 6,98, seperti yang terlihat pada Gambar 10(a). Pada tampilan aplikasi Blynk, *user* dapat melihat status pintu air irigasi yakni 'pintu terbuka'. Kondisi pintu irigasi dilambangkan dengan lingkaran berwarna hijau, seperti yang terlihat pada tampilan Blynk *web server* Gambar 11. Skenario persawahan tercemar dilakukan dengan mencampur air dengan air cuka untuk mendapatkan pH 4,1 dan menghembuskan gas CO sehingga kandungan gas CO menjadi 307,11 ppm. Pada kondisi ini, pintu irigasi akan tertutup sehingga informasi status pintu irigasi pada Blynk akan diperbarui, seperti yang terlihat pada Gambar 10(b) dan Gambar 12.



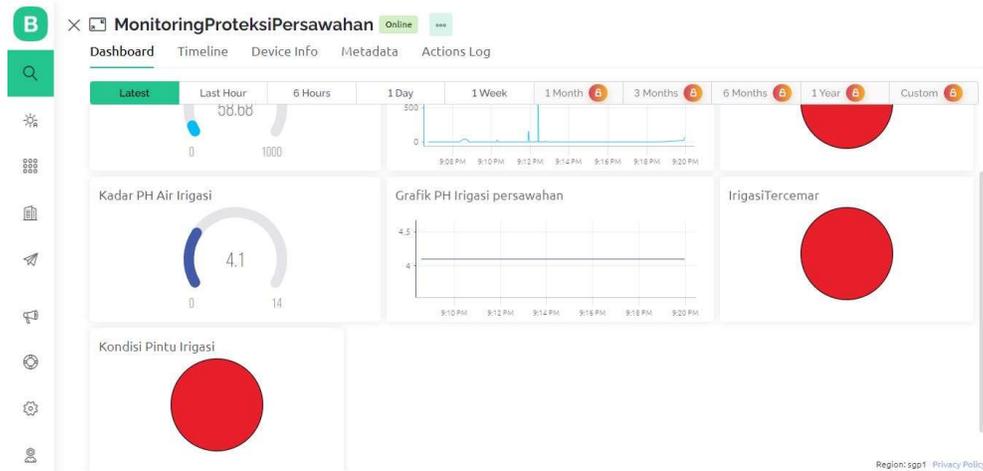
Gambar 9. Skema Pengujian Sistem Monitoring



Gambar 10. Tampilan Aplikasi Blynk pada Saat (a) Kondisi Sawah Aman dan (b) Kondisi Sawah Tercemar



Gambar 11. Tampilan Blynk *Web Server* pada Saat Kondisi Sawah Aman



Gambar 12. Tampilan Blynk *Web Server* pada Saat Kondisi Sawah Tercemar

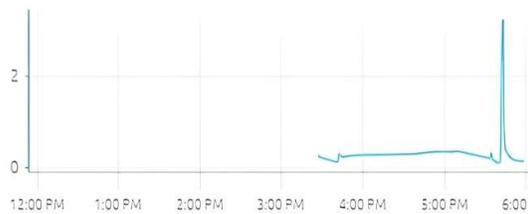
3.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui performa dari sistem monitoring, sistem kendali pintu irigasi, dan sistem komunikasi yang dirancang. Hasil perancangan alat terlihat pada Gambar 13. Data dari *sensor node* ditransmisikan ke *gateway node* dengan jarak pengiriman 15 meter. Setiap data dari *sensor node* dikirimkan tiap 500 ms dengan tambahan *address* untuk menghindari adanya tabrakan antar data. Keseluruhan data digabungkan di dalam *gateway node*. Ketika data sampai di *gateway node*, data tersebut dipecah kembali sesuai dengan jenis data dan *address* pada *sensor node*. Pengujian dilakukan dalam durasi tiga jam dengan *timestamp* seperti pada Gambar 14 dan kondisi ilustrasi pintu irigasi seperti pada Gambar 15. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat bahwa rata-rata waktu respons yang dibutuhkan dari pembacaan sensor hingga aktuator bekerja untuk menurunkan pintu irigasi adalah 25,8 detik. Performa sistem komunikasi diukur menggunakan perangkat lunak Wireshark. Seperti yang terlihat pada Tabel 5, diperoleh nilai *throughput* rata-rata 76,68 kbps, *delay* sebesar 58,13 ms, dan *jitter* 0,192 ms.

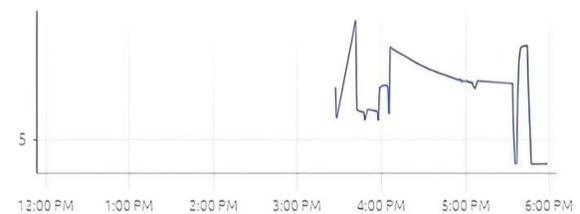


Gambar 13. Hasil Perancangan Prototipe Sistem Telemetri Pencemaran Limbah Pabrik terhadap Persawahan

Grafik CO Persawahan



Grafik PH Irigasi persawahan



(a)

(b)

Gambar 14. Grafik *Timestamp* dari Database Blynk (a) Nilai CO dalam Tiga Jam dan (b) Nilai pH dalam Tiga Jam



(a)



(b)

Gambar 15. Ilustrasi Kondisi Pintu Prototipe (a) Kondisi Pintu Terbuka dan (b) Kondisi Pintu Tertutup

Tabel 5. Hasil Pengujian QoS

No.	Pengujian	Hasil
1.	Durasi Pengujian	3 Jam
2.	Jam Pengujian	15:00 – 18:00 PM
3.	Tanggal	2 Juli 2023
6.	Nilai pH	4,16 pH – 8,32 pH
7.	Nilai CO	0,12 PPM – 8,21 PPM
8.	Kondisi Aktuator	Bekerja
9.	Waktu Respon Sensor dan Kerja Aktuator	25,8 s
9.	Durasi <i>Capturing</i> koneksi TCP dengan Wireshark	1 Jam
10.	Pengukuran QoS (Parameter Jarak Komunikasi Radio)	
	Jumlah Packet	30792/17645287 Byte
	<i>Delay</i>	58,14 ms
	<i>Troughput</i>	72,86 Kbps
	<i>Jitter</i>	0,19 ms
11.	Jarak <i>Sensor Node</i> ke <i>Gateway</i> (<i>Capturing</i> QoS)	15 m

4. KESIMPULAN

Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sistem telemetri yang terintegrasi dengan *Internet of Things*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat digunakan sebagai solusi untuk pemantauan kualitas air dan udara pada persawahan secara *real-time* serta sistem proteksi persawahan dari pencemaran limbah pabrik. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang dihubungkan ke sensor pH V2 dan sensor gas MQ7. Komunikasi antara *sensor node* dengan *gateway node* menggunakan antena NRF24L01. Pemrograman yang efisien dirancang untuk dapat mengontrol terbuka dan tertutupnya pintu irigasi menggunakan aktuator motor *stepper* berdasarkan nilai *setpoint* yang ditentukan. Sensor pH mampu membaca nilai pH air dalam rentang 4 – 14 pH dengan tingkat akurasi 99,887%, dengan *setpoint* pH 6 – 9. Konsentrasi gas CO mampu membaca nilai ppm dari CO di udara dalam rentang 0 – 1000 ppm dengan nilai *setpoint* < 5 ppm. Jarak terjauh sensitivitas sensor gas CO adalah 3 meter. Aplikasi Blynk berbasis aplikasi dan *web* digunakan untuk memantau nilai pH, konsentrasi gas CO, dan status pintu irigasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Chakraborty, A., Goswami, D., & Hassanien, A. E. (2017). Studies in Computational Intelligence 912 Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory , Practice and Future Applications. *Arabian Journal of Geosciences*, 10.
- Hanwei Electronics (2023). MQ-7 Sensor Datasheet. Retrieved from <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1648922/HANWEI/MQ7.html>
- Fabiana Meijon Fadul, & Muslimah. (2017). Dampak Pencemaran Tanah Dan Langkah Pencegahan. *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, 2(1), 11–20. <https://doi.org/10.33059/jpas.v2i1.224>
- Haji, M. S., Faizah, F., & Hartono, H. (2019). Rancangan Kontrol Dan Monitoring Kadar Gas

- Berbahaya Di Udara Secara Wireless Berbasis X-Bee Di Upbu Juwata Tarakan. *Prosiding SNITP ...*, 1–5.
- Hasna Salsabila, S., Nugrahani, P., & Santoso, J. (2020). Toleransi Tanaman Lanskap Terhadap Pencemaran Udara di Kota Sidoarjo. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 73–78. <https://doi.org/10.29244/jli.v12i2.32533>
- Jan, F., Min-Allah, N., & Düstegör, D. (2021). Iot based smart water quality monitoring: Recent techniques, trends and challenges for domestic applications. *Water (Switzerland)*, 13(13), 1–37. <https://doi.org/10.3390/w13131729>
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia (2022). Kembangkan Ketangguhan Sektor Pertanian, Indonesia Raih Penghargaan dari International Rice Research Institute. Retrieved September 5, 2023, from <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/4443/kembangkan-ketangguhan-sektor-pertanian-indonesia-raih-penghargaan-dari-international-rice-research-institute>
- Kumar, A., Khosla, A., Saini, J. S., & Singh, S. (2012). Meta-heuristic range based node localization algorithm for Wireless Sensor Networks. *2012 International Conference on Localization and GNSS, ICL-GNSS 2012*. <https://doi.org/10.1109/ICL-GNSS.2012.6253135>
- Múnera, D., Diana, V., Aguirre, J., & Gómez, N. G. (2021). IoT-based air quality monitoring systems for smart cities: A systematic mapping study. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(4), 3470–3482. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i4.pp3470-3482>
- Nasution, N. H., Harahap, H. H., & Anggraini, W. (2020). Sosialisasi Dalam Uaya Pencegahan Penyebaran Covid 19 Di Area Mesjid Al-Mahmudah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Aupa (JPMA)*, 2(3), 6–13.
- Pasika, S., & Gandla, S. T. (2020). Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon*, 6(7), e04096. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04096>
- Pratama, I. R. (2022). Rancang Bangun PrototipeR Alat Pengukuran Kecepatan Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Piezoelectric Berbasis Arduino Nano Dan Telemetri. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., (Mi), 5–24.
- Reza Diharja, Bobby Setiawan, W. H. (2021). Rancang Bangun Sistem dan Kontrol Penggunaan Air PDAM Secara Realtime Berbasis Wemos dan IoT. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 2(1), 11–18. <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>
- Saputra, F. R., & Rivai, M. (2018). Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan dengan Metode Waypoint. *Teknik Its*, 2(1), 76–81.

Muyassar, dkk

Septia Danar Purnama Sari (2021). *Indeks Kualitas Tanah Sawah Teraliri Limbah Cair Pabrik Gula Madukismo Di Desa Tirtonirmolo Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.