



# Rancang Bangun Sistem Irigasi Cerdas Menggunakan Metode Fuzzy Rule-Based Untuk Otomatisasi Pintu Air dan Pendeteksian Endapan

Indra Hermawan<sup>1</sup>, Dimas Aulia Fachrudin<sup>2</sup>, Arif Setiawan<sup>3</sup>, Nisrina Tsany Sulthanah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Politeknik Negeri Jakarta, Teknik Informatika dan Komputer  
e-mail: <sup>1</sup>indra.hermawan@tik.pnj.ac.id, <sup>2</sup>dimasauliafachrudin@gmail.com

## [1] Abstrak

*Air menjadi salah satu kunci keberhasilan pertanian padi. Lahan padi yang selalu tergenang air dapat menghasilkan 5,92 ton per hektar sedangkan yang tidak tergenangi air hanya memproduksi 4,80 ton per hektar. Saluran irigasi yang menjadi penopang ketersediaan air sering mengalami masalah seperti endapan lumpur, pembagian air hanya berdasarkan perkiraan, dan pencurian air. Oleh karena itu penulis mengusulkan sistem irigasi cerdas yang mampu melakukan otomatisasi pengendalian dan pengawasan pintu air melalui jaringan internet. Hasil dari penelitian ini adalah prototipe sistem yang dapat bekerja secara baik, dengan rata-rata kesalahan pengukuran oleh sensor ultrasonik mencapai 2,1%, serta konduktivitas aliran air dengan endapan lumpur berada di atas 641 poin. Komunikasi berbasis radio dan TCP/IP memerlukan biaya operasional yang lebih rendah dibanding dengan metode GSM berbasis SMS. Teknologi berbasis radio dan TCP/IP dapat menghemat biaya operasional sebesar 97,5% dibanding dengan teknologi GSM. Sistem juga mampu mengirimkan 16 data ke server dalam satu menit. Secara keseluruhan sistem telah bekerja secara baik untuk melakukan otomatisasi pintu air, dan pendeteksian lumpur.*

**.Kata kunci:** irigasi, fuzzy rule-based, endapan lumpur

## [2] Abstract

*Water is one of the keys to the success of rice farming. Rice fields that are always flooded can produce 5.92 tons per hectare while those that are not flooded only produce 4.80 tons per hectare. Irrigation channels that support the availability of water often experience problems such as silt deposits, water distribution based on estimates, and water theft. Therefore, the author proposes an intelligent irrigation system that is able to automate the control and supervision of floodgates through the internet network. The result of this research is a prototype system that can work well, with an average measurement error of 2.1% by ultrasonic sensors, and the conductivity of water flow with silt is above 641 points. Radio-based communications and TCP/IP require lower operational costs than SMS-based GSM methods. Radio-based technology and TCP/IP can save operating costs by 97.5% compared to GSM technology. The system is also capable of sending 16 data to the server in one minute. Overall, the system has worked well to automate the floodgates, and detect sludge.*

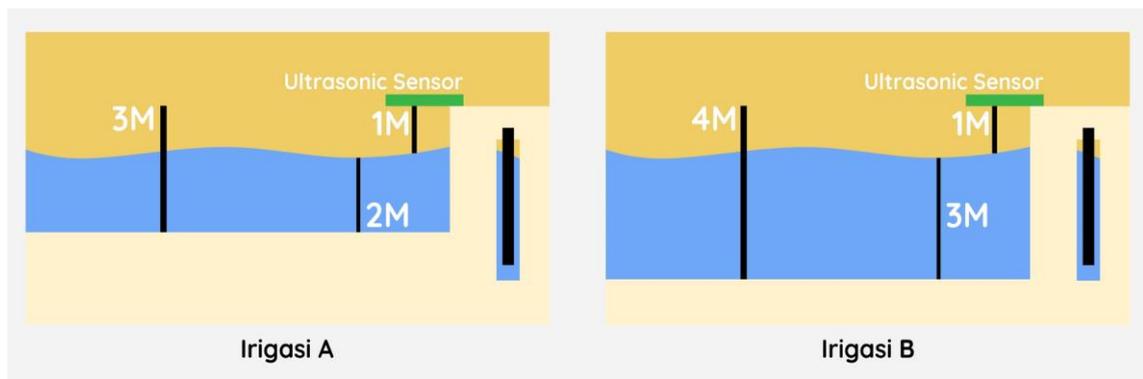
**Keywords:** irrigation system, fuzzy rule-based, silt

## 1. Pendahuluan

Ketersediaan air menjadi salah satu kunci keberhasilan budidaya tanaman seperti halnya budidaya padi yang menjadi salah satu makanan pokok di Indonesia. Hal tersebut terbukti dari konsumsi beras di Indonesia menjadi yang tertinggi, mencapai 29.133.513 Ton, dibanding konsumsi jagung yang hanya 5.442.095 Ton [1]. Jumlah dan kualitas padi hasil budidaya sangat tergantung pada ketersediaan air. Penelitian yang dilakukan oleh [2] membuktikan bahwa lahan yang digenangi air sedalam 5-10 cm dapat memproduksi beras sebanyak 5,92 Ton/ha. Sedangkan lahan yang tidak digenangi air hanya dapat memproduksi beras sebanyak 4,80 Ton/ha. Maka dari itu, sistem irigasi dapat menjadi salah satu cara untuk memastikan ketersediaan air pada lahan pertanian [2].

Terdapat beberapa permasalahan pada penerapan sistem irigasi yang akan mengalir lahan pertanian. Penelitian yang dilakukan oleh [3] memaparkan beberapa masalah terkait dengan sistem irigasi, diantaranya: a) Bangunan dan sistem irigasi tidak terawat, pintu air yang tidak berfungsi serta pembagian air hanya berdasarkan perkiraan, b) Endapan lumpur yang melampaui ketinggian yang diizinkan, sehingga aliran air kurang lancar, c) Sawah di hilir sungai tidak kebagian air saat musim kemarau dan kelebihan air saat musim hujan, d) Petani yang tidak mematuhi jadwal pengambilan air. Selain itu, terdapat juga beberapa kasus pencurian air yang dialami para petani sehingga beberapa petani harus melakukan pengawasan dan penjagaan di pintu air atau daerah rawan air untuk memastikan ketersediaan air bagi lahan pertanian mereka [4].

Terdapat beberapa penelitian yang mencoba menyelesaikan masalah tersebut. Sebagian besar penelitian menggunakan teknologi IoT dan WSN untuk menyelesaikan masalah ketersediaan air. Tetapi teknologi yang dikembangkan sebelumnya memiliki beberapa kekurangan. Misalnya penelitian yang dilakukan oleh [5] menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur kedalaman air dengan cara mengukur jarak antara sensor ke permukaan air. Hasil pengukuran sensor tidak dapat dijadikan nilai ketinggian air karena penempatan sensor dan kedalaman saluran irigasi berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem irigasi A memiliki kedalaman mencapai 3 m sedangkan irigasi B memiliki kedalaman 4 m. Pada kedua irigasi, sensor mendeteksi jarak ke permukaan air sejauh 1 m. Tetapi pada kenyataannya air pada irigasi B lebih banyak.



Gambar 1 Perbandingan Irigasi

Penelitian yang dilakukan [6] menggunakan modul GSM sebagai teknologi untuk mengirimkan informasi yang didapatkan oleh sebuah *node sensor*. Modul GSM akan mengirimkan data melalui SMS. Hal tersebut kurang efektif, karena memerlukan biaya operasional yang tinggi untuk mengirimkan SMS. Selain itu, sistem berbasis GSM tidak dapat mengirimkan data secara kontinu, karena akan memerlukan biaya yang besar.

Penelitian yang dilakukan oleh [7] menggunakan motor DC untuk menggerakkan *belt conveyor* dari kawat jaring untuk mengangkat sampah yang terapung di saluran irigasi menuju ke tempat pembuangan sampah. Peletakkan kawat jaring sebagai *belt conveyor* yang bersifat permanen tidak akan bisa mengangkat sampah jika ketinggian air berada di bawah *belt conveyor*, selain itu endapan yang berada di dasar irigasi juga tidak bisa dideteksi dan diangkat. Salah satu dampak buruk dari sedimentasi adalah mengurangi kapasitas aliran air pada jaringan irigasi dalam mengalirkan debit air yang direncanakan [8].

Berdasarkan hal tersebut maka rumusan permasalahan yang dijadikan fokus pada sistem irigasi yang dibangun oleh penulis adalah:

- a. Bagaimana melakukan pengukuran tinggi permukaan air pada tingkat kedalaman saluran irigasi yang berbeda.
- b. Bagaimana menurunkan tingginya biaya komunikasi berbasis GSM.
- c. Bagaiman mendeteksi endapan pada saluran irigasi secara otomatis.

Berdasarkan permasalahan tersebut pada penelitian ini diusulkan sebuah sistem irigasi cerdas yang dibangun untuk mengukur ketinggian air dan mendeteksi endapan dengan menggunakan metode fuzzy rule-based, serta dilengkapi dengan teknologi komunikasi yang lebih murah.

## 2. Metode Penelitian

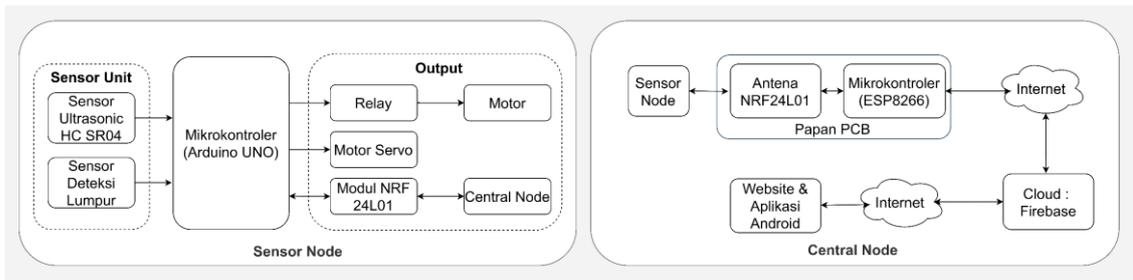
### 2.1. Blok Diagram Sistem

Sistem irigasi cerdas yang dibangun terdiri dari beberapa bagian yaitu *sensor node*, *central node*, *web server* dan *client side* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. *Node* pertama adalah *central node*, dan *node* kedua adalah *sensor node*. *Sensor node* akan bertugas untuk mengukur ketinggian air dan keberadaan lumpur serta menggerakkan aktuator berdasarkan kondisi sensor. Data hasil pengukuran akan dikirimkan ke *central node* menggunakan gelombang radio. *Central node* berfungsi untuk meneruskan data dari *sensor node* menuju *server*. *Central node*, dapat terhubung dengan internet karena terkoneksi dengan *access point*, *central node* dapat ditempatkan di lokasi yang strategis seperti kantor desa yang umumnya memiliki fasilitas internet, hal ini dikarenakan 57% kantor desa di Indonesia sudah memiliki akses internet [9][10]. Data yang ada di *server* dapat diakses oleh *end user*, *end user* dapat memantau data. *End user* yang bertindak sebagai operator dapat memberikan input untuk menggerakkan pintu air atau mengaktifkan pompa lumpur.

*Sensor node* akan dikontrol oleh Arduino Uno. Keunggulan utama dari Arduino Uno adalah sifatnya yang *open source*, didukung dengan bahasa pemrograman C yang cepat, dan memiliki *bootloader* yang mudah digunakan [11]. Mikrokontroler akan mengukur kondisi ketinggian air dengan bantuan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah HC SR04, sensor ini dipilih karena kemampuannya untuk mengukur keberadaan objek di rentang 2 cm hingga 400 cm, sensor ini juga memiliki harga yang lebih rendah jika dibanding dengan sensor buatan Parallax [12]. Data dari sensor ultrasonic akan diolah menggunakan fuzzy rule-based dan digunakan untuk menentukan seberapa besar pintu air harus terbuka. Sensor pendeteksi lumpur memanfaatkan perubahan konduktivitas aliran air ketika tidak terdapat endapan lumpur dan dibanding dengan adanya endapan lumpur dengan metode fuzzy rule-based. Sensor pendeteksi lumpur menggunakan batang katoda dan anoda untuk mengalirkan listrik, aliran listrik akan dibaca oleh pin analog arduino.

*Central node* merupakan gateway antara *sensor node* dan *server*. *Node* ini memanfaatkan komunikasi radio untuk berhubungan dengan *sensor node*, serta memanfaatkan koneksi TCP/IP untuk berkomunikasi dengan *server*. *Node* sensor terdiri atas dua perangkat keras yaitu

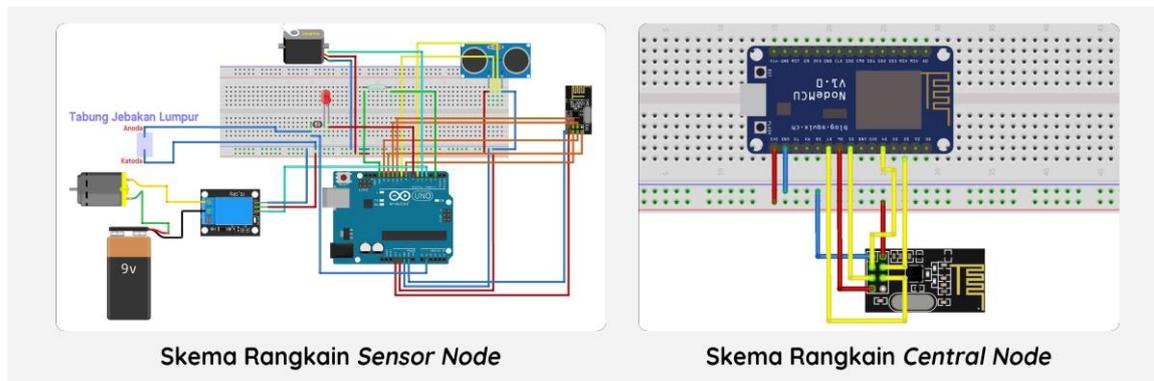
NRF24L01 dan ESP8266. Node sensor menggunakan mikrokontroler ESP8266 karena beberapa kelebihan yang ditawarkan diantaranya, harganya yang terjangkau, modul wifi serbaguna bersifat SOC (System On Chip) sehingga bisa dilakukan pemrograman langsung tanpa perlu menambahkan mikrokontroler, mode *deep sleep*, dan kemampuan untuk menjadi akses poin maupun klien sekaligus [13]. *Node sensor* akan mengumpulkan data node sensor lalu mengirimkan data tersebut ke *database server*. *Database server* yang digunakan menggunakan teknologi NoSQL. Penggunaan database NoSQL dirasa lebih handal dalam handle data dalam volume yang besar dengan konektivitas *real time*, basis data NoSQL lebih baik dibanding dengan SQL dalam kasus pembuatan server IoT, basis data SQL cenderung static tidak cocok digunakan untuk menangani data IOT yang heterogen [14].



Gambar 2 Diagram Blok Sistem.

## 2.2. Perancangan Perangkat Keras

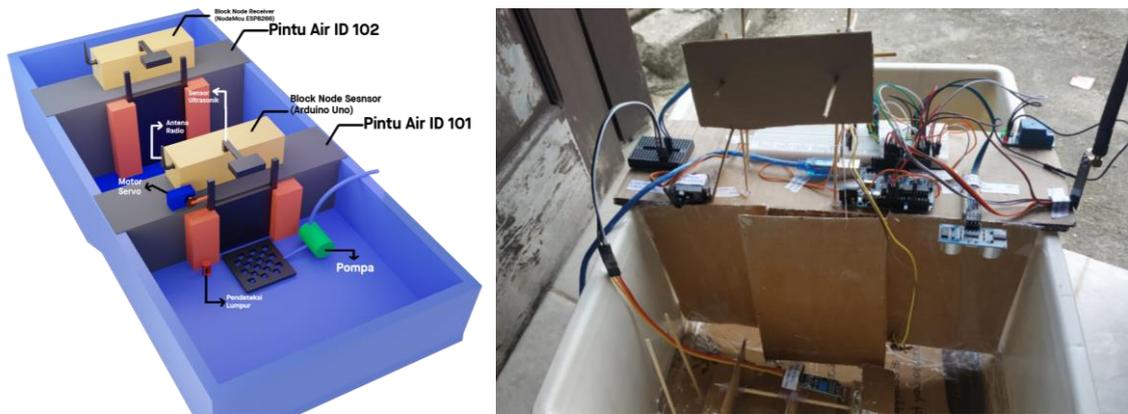
Setelah mengimplementasikan rancangan sistem, tahapan berikutnya adalah pembuatan rancangan rangkaian listrik untuk *sensor node* dan *central node*, setelah membuat rangkaian sistem, proses berikutnya adalah perangkaian sensor, aktuator dan mikrokontroler. Desain rangkaian rangkaian listrik *central node* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3 Rangkain perangkat *sensor node* dan *central node*.

Pada *sensor node* terdapat sensor ultrasonik, sensor pendeteksi lumpur, motor servo, relay untuk menghidupkan dynamo, baterai 9v dan dynamo. Selain sensor dan aktuator, rangkaian *sensor node* memiliki perangkat komunikasi wireless NRF24L01 yang berfungsi sebagai alat pengirim data menuju *central node*. *Central node* terdiri atas dua perangkat keras, perangkat pertama adalah esp8266 dan modul NRF24L01.

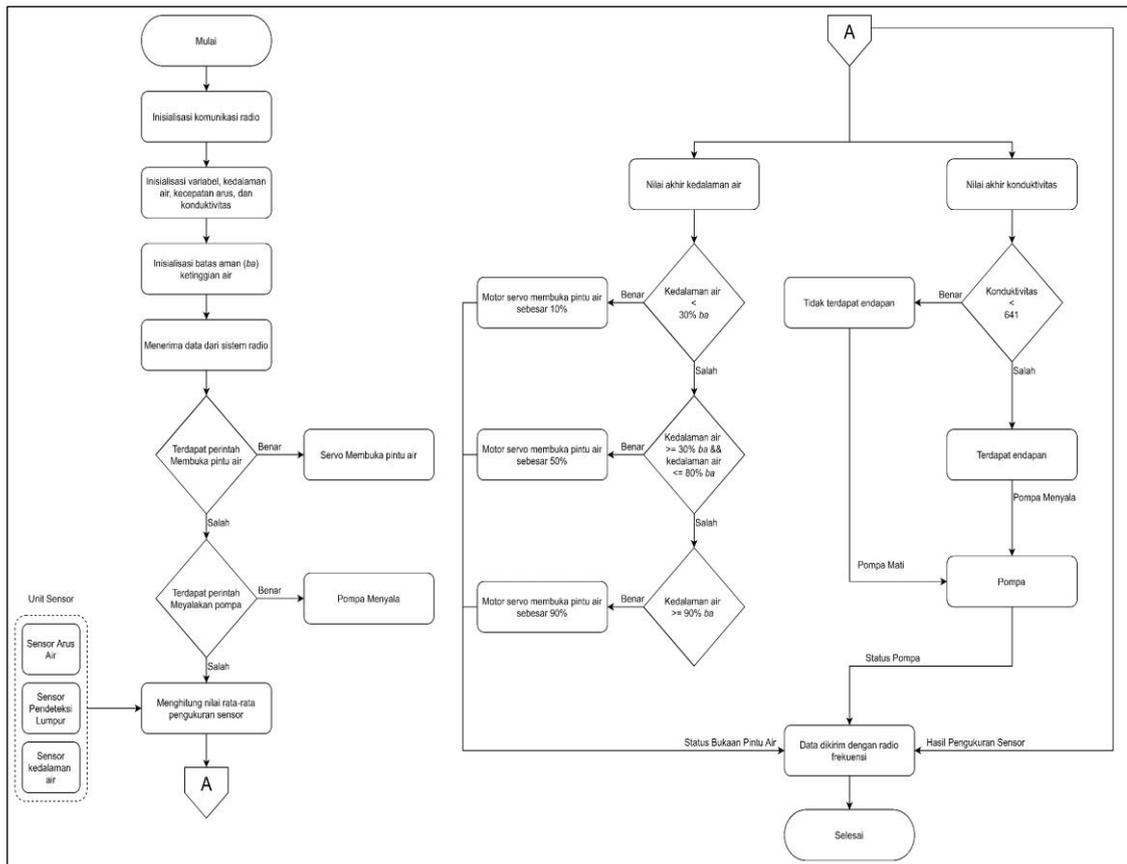
Setelah menyelesaikan proses perancangan rangkaian listrik proses berikutnya adalah pembuatan prototipe. Prototipe model 3D dan implementasinya yang penulis buat ditunjukkan oleh Gambar 4. Pada implementasinya system pintu air dibuat menggunakan kardus yang dilapisi plastic. Sumber daya untuk prototipe berasal dari baterai 9v.



Gambar 4 Model 3D Prototipe dan hasil implementasinya

### 2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Setelah pengumpulan informasi tentang perangkat keras serta perangkat lunak yang digunakan, proses selanjutnya adalah mendesain alur kerja sistem. Alur kerja sistem pada *sensor node* dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan cara kerja *central node* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 5 Cara kerja sensor node.

Setiap *sensor node* akan melakukan pengukuran kedalaman air dan deteksi sedimentasi. Pengukuran kedalaman air dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonic, sensor ini akan mengambil nilai rata-rata dari pengukuran yang sudah dilakukan sebanyak 10 kali. Setelah semua sensor melakukan pengukuran, setiap *node* sensor akan mengirimkan data melalui radio frekuensi

ke *central node* menggunakan modul NRF240L1. Data hasil pengukuran kedalaman akan dilolah dengan metode fuzzy rule-based untuk menentukan seberapa besar pintu air akan terbuka. Fuzzy rule-based termasuk jenis representasi pengetahuan dalam Artificial Intelligence. Fuzzy rule-based merupakan database aturan yang setiap aturannya terbentuk dari "IFTHEN". Bagian IF adalah informasi kondisional dan THEN adalah tindakan sistem [15]. Pada Tabel 1 ditunjukkan aturan dan tindakan Fuzzy yang digunakan untuk mengatur besaran bukaan pintu air.

**Tabel 1 Aturan Fuzzy untuk Bukaan Pintu Air**

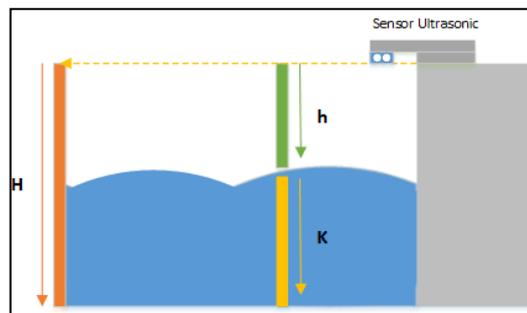
Aturan	Kondisi	Aksi
1	JIKA kedalaman air < 30% batas maksimum MAKA	Pintu air terbuka 10%
2	JIKA kedalaman air >= 30% DAN kedalaman air < 80% batas maksimum MAKA	Pintu air terbuka 50%
3	JIKA kedalaman air >= 80% batas maksimum MAKA	Pintu air terbuka 90%

### 3. Hasil dan Pembahasan

Terdapat beberapa skema pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian sensor ultrasonic, pengujian pendeteksi lumpur, pengujian komunikasi radio dan pengujian TCP/IP. Selanjutnya akan dijelaskan satu persatu pengujian tersebut.

#### 3.1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian kemampuan sensor ultrasonik dalam mengukur ketinggian air. Skema pengujiannya yang dilakukan adalah membandingkan data yang diperoleh sensor ultrasonik dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris. Saat instalasi pertama akan diatur jarak antara sensor ke dasar irigasi, kemudian dikurang jarak antara sensor ke permukaan air seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

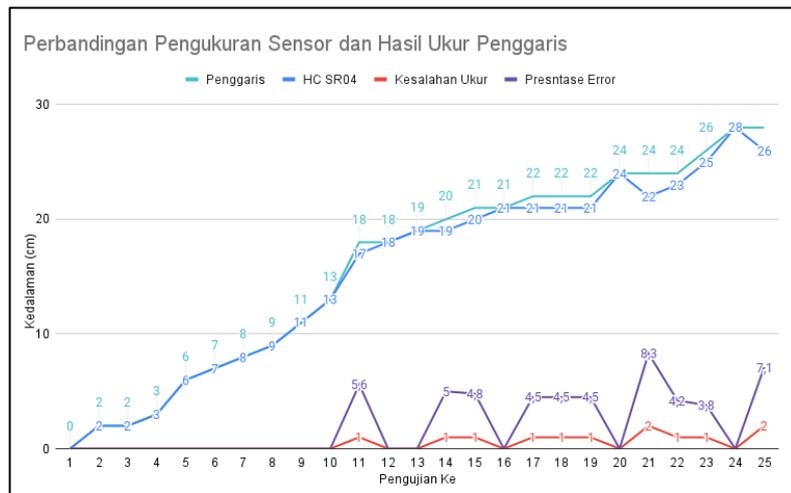


Gambar 6 Ilustrasi pengukuran kedalaman.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kedalaman air dapat dilihat pada persamaan (2).

$$K = H - h \quad (2)$$

Dimana  $K$  adalah kedalaman air,  $h$  adalah jarak sensor ke permukaan air dan  $H$  adalah jarak sensor ke dasar aliran irigasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 25 kali. Sensor ultrasonik akan ditempatkan 28 cm dari permukaan lantai, kemudian akan diletakan penghalang pada ketinggian tertentu, jarak penghalang ke dasar lantai akan dianggap sebagai representasi ketinggian air. Jarak benda ke lantai akan diukur dengan penggaris lalu hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran arduino. Adapun dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil 25 kali pengujian didapatkan hasil rata-rata error sebesar 2,1%.



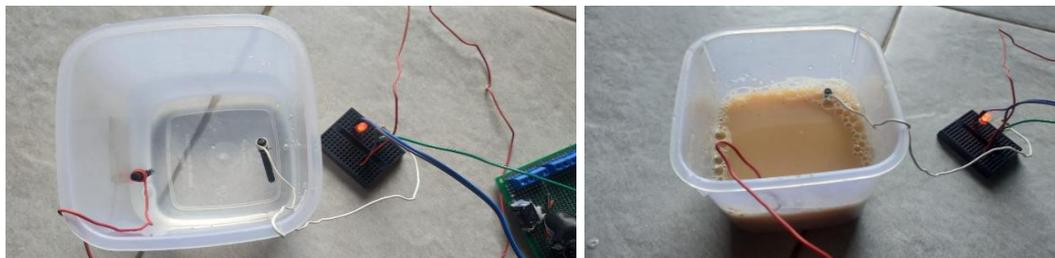
Gambar 7. Grafik perbandingan sensor ultrasonic dan penggaris

### 3.2. Hasil Pengujian Pendeteksi Lumpur

Proses pendeteksian lumpur memanfaatkan sifat konduktivitas lumpur dan air. Penentuan kondisi berlumpur dan tidak berlumpur didasarkan pada metode fuzzy rule-based, dengan persamaan (1).

$$status = \begin{cases} 1 & \text{conductivity} > T \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Penentuan ambang batas (nilai  $T$ ) akan dilakukan pengujian sebanyak 50 kali dengan cara mencelupkan sensor ke dalam wadah yang dapat berisi air bersih atau berisi lumpur, wadah pengujian dapat dilihat pada Gambar 8. Semakin kecil nilai yang dibaca sensor, berarti aliran listrik semakin bagus (konduktivitas tinggi).



Gambar 8 Kondisi wadah pengujian tanpa lumpur dan dengan lumpur.

Dari hasil 50 kali percobaan, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 9. Nilai  $T$  merupakan konduktivitas minimum dari hasil pembacaan sensor pada wadah yang diisi lumpur. Sehingga nilai  $T$  adalah 641. Pada Tabel 2 ditunjukkan aturan dan tindakan Fuzzy rule-based yang digunakan untuk menentukan status lumpur.

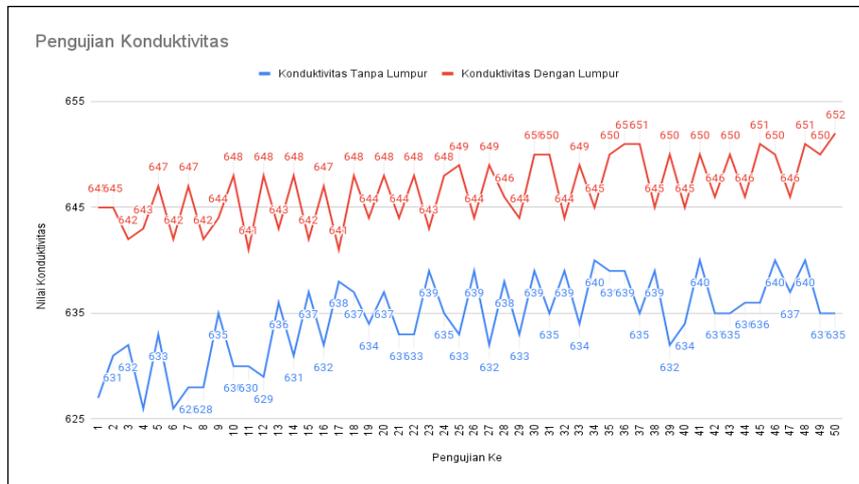
Tabel 2 Aturan Fuzzy untuk Penentuan Status Lumpur

Aturan	Kondisi	Aksi
0	JIKA nilai konduktivitas < 641 MAKA	Tidak berlumpur
1	JIKA nilai konduktivitas >= 641 MAKA	Berlumpur

### 3.3. Hasil Pengujian Komunikasi Radio

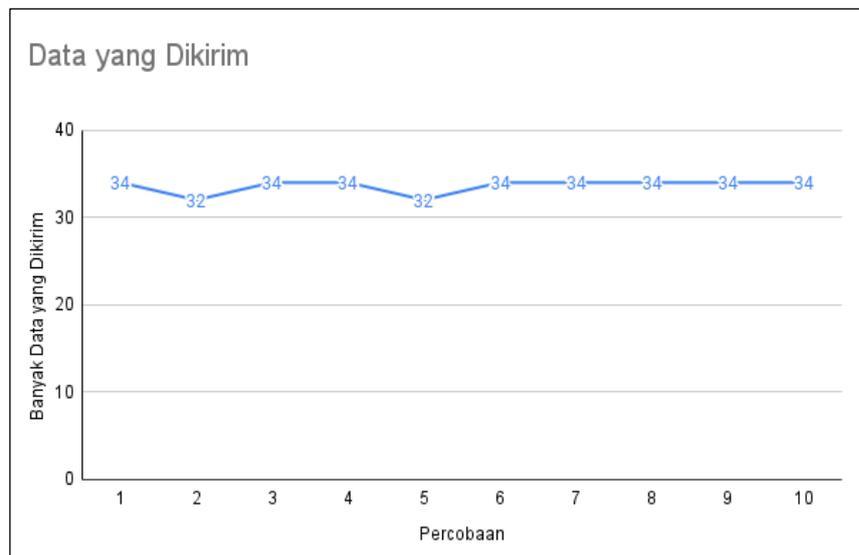
Setelah semua sensor dan aktuator bekerja, proses pengujian berikutnya adalah proses transmisi data melalui gelombang radio. Pengujian yang dilakukan adalah menghitung berapa banyak data

yang dapat dikirimkan *node* sensor yang dapat diterima *central node* dalam satu menit. Parameter yang akan diukur adalah seberapa banyak data yang dikirim oleh *sensor node*. Hasil pengujian komunikasi antar *node* dengan gelombang radio dapat dilihat pada Gambar 10.



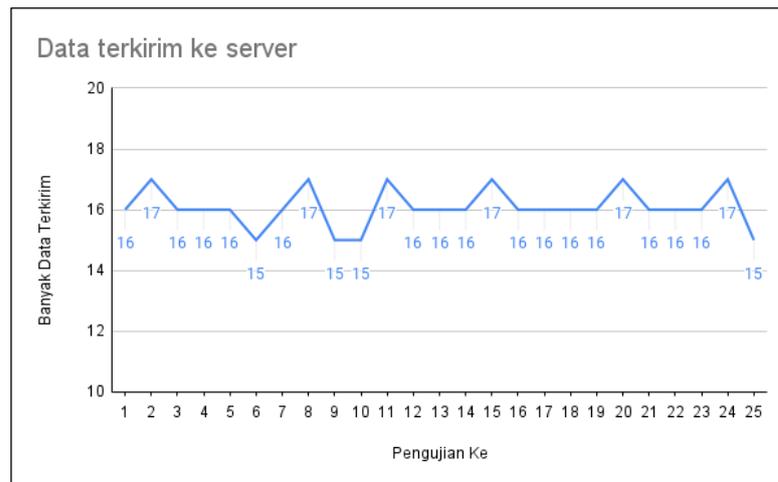
**Gambar 9. Grafik hasil pengujian konduktivitas.**

Pengujian terakhir adalah pengujian koneksi internet atau TCP/IP. Data yang dikirim oleh *sensor node* akan diterima oleh *central node*, dan akan dikirimkan ke server. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 25 kali dengan skema pengujian adalah dengan menghitung seberapa banyak data yang diterima oleh server selama satu menit. Hasil pengujian banyaknya data yang diterima oleh server dalam 1 menit dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 10. Hasil pengujian komunikasi radio**

Dari Gambar 11 disimpulkan bahwa nilai rata-rata banyak data yang dikirim setiap menit adalah 16 data. Dari Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa pengoprasian *central node* selama 46 menit akan menghasilkan 740 data dengan ukuran 131.09 KB. Hal itu berarti biaya operasional *central node* sebesar Rp6.288,00 dengan asumsi biaya pengiriman data per Kb adalah Rp 6 [16] jauh lebih murah dibanding dengan tarif teknologi GSM yang memanfaatkan metode SMS untuk mengirim data, yang memerlukan biaya sebesar Rp 350 per SMS [16]. Sehingga total biaya yang dikeluarkan adalah sebesar Rp259.000,00 untuk mengirimkan 740 data.



Gambar 11. Hasil pengujian koneksi TCP/IP.



Gambar 12 Penggunaan media penyimpanan pada *database server*

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil implementasi yang sudah penulis lakukan dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem irigasi cerdas yang terdiri atas dua node yaitu *sensor node* dan *central node* berhasil dibangun. Hasil uji membuktikan bahwa:

- Dengan menggunakan rumus kedalaman air, didapatkan hasil error perhitungan mencapai 2,1%. Hal ini lebih baik dibanding dengan pengukuran yang didapat dari sensor ultrasonik secara langsung.
- Komunikasi berbasis radio dan TCP/IP memerlukan biaya operasional yang lebih rendah dibanding dengan metode GSM berbasis SMS. Teknologi berbasis radio dan TCP/IP dapat menghemat biaya operasional sebesar 97,5% dibanding dengan teknologi GSM.
- Pengujian untuk mendeteksi adanya endapan berhasil mendapatkan nilai  $T$  sebesar 641, dan dapat membedakan kondisi berlumpur dan tanpa lumpur.

**Daftar Pustaka**

- [1] BADAN PUSAT STATISTIK RI, *Kajian Konsumsi Bahan Pokok 2017*. BPS, 2017.
- [2] D. Rusmawan, Ahmadi, and Muzammil, “Pengaruh ketersediaan air terhadap produksi padi sawah,” *Balai Pengkaj. Teknol. Pertan. Kepul. Bangka Belitung*, pp. 208–214, 2015.
- [3] T. Paper and S. Sumatra, “Studi Konflik Air Irigasi dan Alternatif Penyelesaiannya di Daerah Irigasi Kelingi Sumatera Selatan,” *J. Keteknikan Pertan.*, vol. 24, no. 1, pp. 39–44, 2010, doi: 10.19028/jtep.24.1.39-44.
- [4] Huba, “Perjuangan Petani di Musim Kemarau, Jaga Malam Menunggu Giliran Air - Pasundan Ekspres.” [Online]. Available: <https://pasundan.jabarekspres.com/2020/09/04/perjuangan-petani-di-musim-kemarau-jaga-malam-menunggu-giliran-air/>. [Accessed: 18-Jan-2022].
- [5] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, “Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [6] J. Ravichandran, “Based on GSM Automated and Smart Irrigation System Using Android,” *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, no. Issue-1, pp. 256–260, 2018, doi: 10.31142/ijtsrd18944.
- [7] E. Putrawan, I. G. Made, N. Desnanjaya, and I. N. B. Hartawan, “Implementasi Alat Pengontrol Pengumpul Sampah pada Irigasi Aliran Air Sawah Menggunakan Mikrokontroler,” vol. 1, no. September, pp. 57–68, 2021.
- [8] P. A. Pariartha, E. Hidayah, and W. Y. Widiarti, “Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember,” *J. Rekayasa Sipil dan ...*, pp. 61–70, 2020.
- [9] BPS, “Badan Pusat Statistik.” [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/2/1692/1/banyaknya-desa-kelurahan-yang-memiliki-fasilitas-internet-di-kantor-desa-lurah-menurut-provinsi-dan-klasifikasi-daerah.html>. [Accessed: 18-Jan-2022].
- [10] V. B. Kusnandar, “Berapa Jumlah Desa/Kelurahan di Indonesia? | Databoks.” [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/11/22/berapa-jumlah-desakelurahan-di-indonesia>. [Accessed: 18-Jan-2022].
- [11] I. G. M. N. Desnanjaya and I. B. A. I. Iswara, “Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino,” *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: 10.31598/jurnalresistor.v1i1.266.
- [12] M. Novita and N. Ainun, “Rancangan Alat Gerak Lurus Beraturan ( GLB ) Berbantuan Sensor Ultrasonik HCSR04 Pada Pembelajaran Fisika SMA,” 2020.
- [13] D. Sasmoko and Y. A. Wicaksono, “IMPLEMENTASI PENERAPAN INTERNET of THINGS(IoT)PADA MONITORING INFUS MENGGUNAKAN ESP 8266 DAN WEB UNTUK BERBAGI DATA,” *J. Ilm. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 90–98, 2017, doi: 10.35316/jimi.v2i1.458.

- [14] S. Y. Qodarbaskoro, Kusnawi, and E. Utami, “SISTEMATIK REVIEW: PENGGUNAAAAN BASIS DATA RELASIONAL DAN NON RELASIONAL PADA APLIKASI IOT (INTERNET OF THINGS),” vol. 4, no. 1, p. 6, 2021.
- [15] M. A. F. Malbog, “A Fuzzy Rule-Based Approach for Automatic Irrigation System through Controlled Soil Moisture Measurement,” *Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 2332–2337, 2020, doi: 10.30534/ijatcse/2020/216922020.
- [16] Telkomsel, “Tarif | Telkomsel.” [Online]. Available: <https://www.telkomsel.com/tariff>. [Accessed: 18-Jan-2022].