

## Desain Awal Pengembangan Sistem Kontrol Irigasi Otomatis Berbasis Node Nirkabel dan Internet-of-Things

<sup>1</sup>Adnan Rafi Al Tahtawi, <sup>2</sup>Erick Andika, & <sup>3</sup>Wildan Nurfauzan Harjanto

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi

<sup>1</sup>*adnanrafi@polteksmi.ac.id*

<sup>2</sup>*erickandika@polteksmi.ac.id*

<sup>3</sup>*nurfauzan666@gmail.com*

### Abstrak

Irigasi merupakan salah satu faktor penting dalam rangka mencapai produktivitas yang baik di bidang pertanian maupun budidaya tanaman. Namun, para petani terkadang tidak melakukan proses irigasi secara teratur dan memiliki keterbatasan akses saat tidak dapat berada di lapangan. Dengan demikian, diperlukan sistem irigasi otomatis yang dilengkapi dengan antarmuka sistem monitoring. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol irigasi berbasis node nirkabel dan Internet-of-Things (IoT). Sistem ini dirancang menggunakan komunikasi nirkabel antara node sensor, node aktuator, dan node kontroler. Node sensor dibangun menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69, sensor suhu DS18B20, papan mikrokontroler Arduino Nano, dan modul frekuensi radio nRF24L01. Papan mikrokontroler yang sama dan modul komunikasi radio juga digunakan dalam node aktuator dengan relai sebagai output. Dalam node kontroler, digunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama dan dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266. Node sensor dan aktuator ditempatkan di lahan pertanian dengan catu daya baterai Lithium, sementara node kontroler ditempatkan di stasiun kontrol dan monitoring. Dengan menggunakan desain ini, sistem irigasi dapat dipantau oleh para petani di mana saja dan kapan saja selama terdapat akses internet. Desain ini juga kompatibel dalam hal implementasi karena portabilitas dan desain perangkat keras yang ringan.

*Kata Kunci: irigasi, pertanian, node, sensor, aktuator, IoT*

Irrigation is one of the important factors in achieving good productivity in agriculture and crop cultivation. However, farmers sometimes do not carry out irrigation processes regularly and have limited access when they cannot be in the field. Thus, an automatic irrigation system is needed which is equipped with a monitoring system interface. This study aims to design irrigation control system based on wireless node and Internet-of-Things (IoT). This system is designed using wireless communication between sensor node, actuator node, and controller node. Sensor node is built using YL-69 soil moisture sensor, DS18B20 temperature sensor, Arduino Nano microcontroller board, and nRF24L01 radio frequency module. The same microcontroller board and radio communication module are also used in actuator node with relays as output. In the controller node, Arduino Uno is used as the main controller and equipped with an ESP8266 WiFi module. Sensor and actuator nodes are placed in agricultural field with Lithium battery as power supplies, while controller node is placed in the control and monitoring station. With this design, irrigation system can be monitored by farmers anywhere and anytime as long as there is internet access. This design is also compatible in terms of implementation due to lightweight portability and hardware design.

*Kata Kunci: irrigation, agricultural, node, sensor, actuator, IoT*

## 1 Pendahuluan

Sistem irigasi yang baik adalah salah satu faktor penentu keberhasilan dalam pertanian dan budidaya tanaman. Proses irigasi yang dilakukan secara teratur perlu dilakukan oleh para petani maupun pelaku budidaya agar produktivitas yang baik dapat tercapai. Namun demikian, terkadang proses irigasi secara manual tidak dilakukan secara teratur yang disebabkan oleh kelalaian maupun keterbatasan akses. Tentu saja hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas saat panen. Di sisi lain, perkembangan teknologi komputer dan internet yang sangat pesat sangat membantu manusia dalam melakukan pekerjaan. Penggunaan teknologi internet yang semakin pesat memunculkan konsep dan isu baru sebagai salah satu dampak perkembangannya. Salah satu konsep yang muncul saat ini adalah Internet of Things (IoT). Konsep IoT merupakan konsep pemanfaatan teknologi internet untuk suatu kebutuhan tertentu yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. IoT muncul seiring dengan perkembangan teknologi komputer lainnya. IoT dapat diintegrasikan dengan beberapa teknologi yang ke depannya akan banyak digunakan seperti teknologi sensor nirkabel [1]. Selain itu, IoT juga dapat disebut sebagai konsep yang dapat menggabungkan antara teknologi internet dan sistem fisik [2].

Pemanfaatan konsep IoT di bidang pertanian dapat dilakukan untuk mempermudah pengelolaan pertanian [3]-[5]. Sistem IoT dapat digunakan untuk melakukan pemantauan seperti kelembapan tanah, suhu, intensitas cahaya, dan kualitas udara di daerah pertanian. Pada area pertanian yang relatif luas, IoT dapat pula diintegrasikan dengan konsep Wireless Sensor Network (WSN). Teknologi WSN banyak dimanfaatkan dalam berbagai hal seperti monitoring budidaya perikanan [6], monitoring pergeseran tanah [7], dan sistem deteksi kebakaran hutan [8]. Di bidang pertanian, konsep WSN dapat diaplikasikan sebagai sistem monitoring parameter pertanian [9]-[10], sistem kontrol irigasi otomatis [11], hingga sistem kontrol irigasi cerdas [12]-[13]. Dari beberapa sistem tersebut, konsep WSN dan IoT sangat cocok untuk diimplementasikan di bidang pertanian baik sebagai sistem monitoring maupun sistem kontrol.

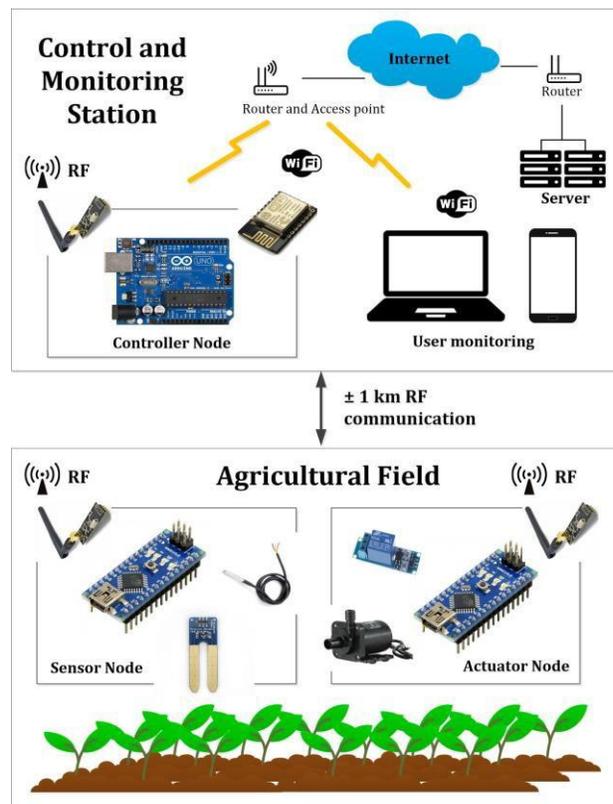
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan konsep sensor nirkabel dan IoT pada sistem irigasi otomatis di daerah pertanian. Sebagai studi awal, makalah ini difokuskan dalam merancang sistem sensor, aktuator, dan pengontrol berbasis node nirkabel. Dengan menggunakan konsep node, maka akan lebih mudah dalam proses instalasinya. Selain itu, pengembangan juga dilakukan pada integrasi node nirkabel dengan konsep IoT. Integrasi ini dilakukan pada bagian node kontroler dimana akan berkomunikasi dengan user melalui jaringan internet. Dengan demikian, pengguna dapat mengontrol dan melakukan pemantauan terhadap sistem pertanian dengan koneksi internet kapan saja dan di mana saja.

## 2 Metode

### 2.1 Perancangan Sistem

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang digambarkan pada Gambar 1. Node sensor dibangun menggunakan sensor kelembapan tanah YL-69, sensor suhu DS18B20, mikrokontroler Arduino Nano, dan modul frekuensi radio nRF24L01. Arduino Nano dan nRF24L01 juga digunakan dalam node aktuator dengan relai dan pompa air sebagai output. Node sensor dan aktuator ditempatkan di area pertanian dengan menggunakan catu daya baterai Lithium-Ionium (Li-Ion). Dalam node kontroler, digunakan papan Arduino

Uno sebagai pengendali utama. Papan mikrokontroler juga digunakan sebagai pengolah data dan pengirim data ke server internet. Node ini akan menerima data dari node sensor dan mengirim sinyal kontrol ke node aktuator. Untuk pengiriman data ke internet, pada node kontroler dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266 untuk mengirim data sensor ke server. Node sensor dan aktuator dapat ditempatkan secara terpisah dengan node pengendali hingga sekitar jarak 1 Km. Sistem komunikasi menggunakan modul frekuensi radio nRF24L01 2,4 GHz yang memiliki kemampuan komunikasi jarak jauh. Modul ini juga memiliki karakteristik yang lebih baik seperti operasi memori rendah dan transmisi data paket yang baik [14].



Gambar 1 Arsitektur sistem yang dirancang

## 2.2 Perangkat Keras

Node sensor dirancang menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69 dan sensor suhu DS18B20. Sensor ini digunakan berdasarkan spesifikasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan sensor serupa lainnya. Detail spesifikasi dari sensor ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Arduino Nano digunakan sebagai pengolah sinyal sensor karena ukurannya yang kecil. Papan ini menggunakan mikrokontroler ATmega 328 dengan clock speed 16

MHz. Spesifikasi dari Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 1 Spesifikasi sensor YL-69**

Spesifikasi	Nilai
Tegangan operasi	3,3V – 5V DC
Tegangan <i>output</i>	0V ~ 4,2V DC
Arus	35 mA
Sinyal <i>output</i>	Analog/Digital
Ukuran	60 x 20 x 5 mm

**Tabel 2 Spesifikasi sensor DS18B20**

Spesifikasi	Nilai
Tegangan operasi	3V – 5V DC
Range suhu	-55°C – 125°C
Akurasi	± 0,5°C
Resolusi <i>output</i>	9 – 12 bit
Waktu konversi	750 ms (12 bit)
Waterproof	Yes

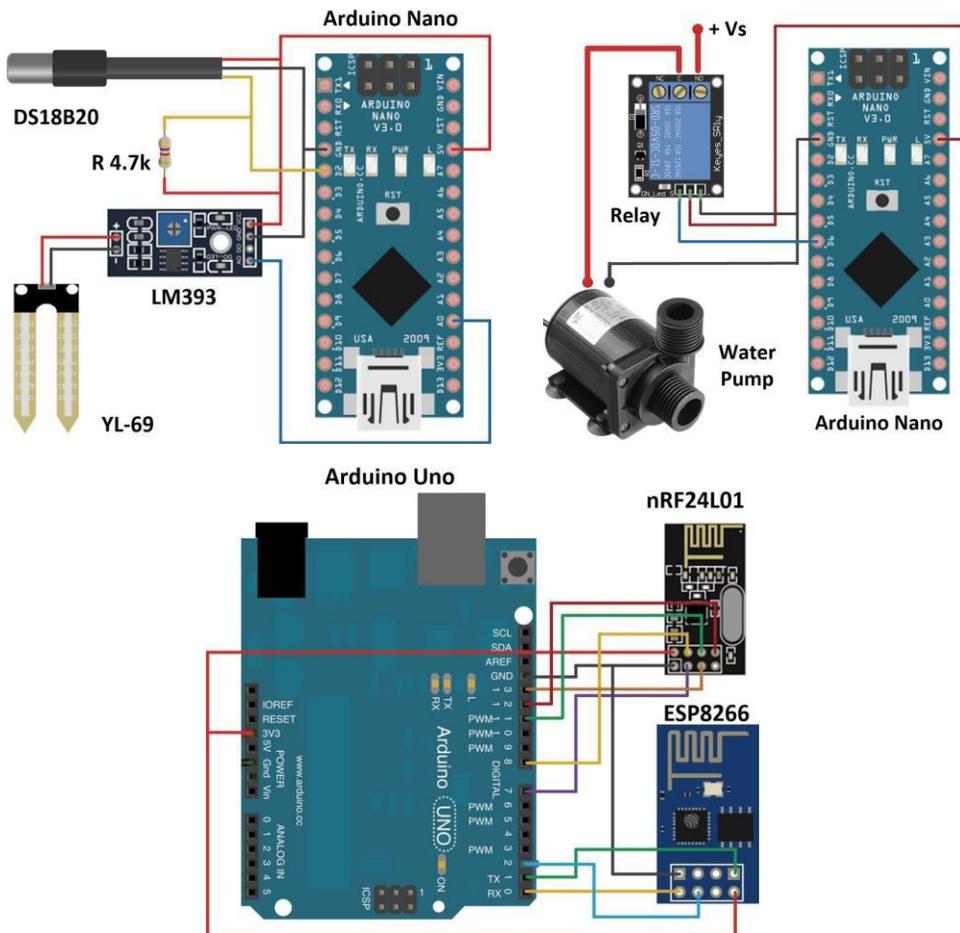
**Tabel 3 Spesifikasi Arduino Nano**

Spesifikasi	Nilai
Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan operasi	5V
Tegangan <i>input</i> (rekomendasi)	7 – 12 V
Pin digital	14 (6 PWM)
Pin analog	8
Arus I/O	40 mA
Memori <i>flash</i>	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock speed</i>	18 MHz
Dimensi	43,18 x 17,78 mm

bagian keluaran, dipasang modul komunikasi nirkabel nRF24L01 frekuensi 2,4 GHz yang bertugas untuk mengirimkan data sensor ke node kontroler secara nirkabel. Sistem node ini

disuplai menggunakan baterai Li-Ion dengan tegangan 11,1 V. Baterai ini digunakan karena memiliki energi dan daya yang besar sehingga lifetime dari sistem node memungkinkan bertahan lama. Kemudian, digunakan pula sensor tegangan untuk memantau status baterai pada setiap node. Node aktuator dirancang sama seperti halnya node sensor. Perbedaan terletak pada penggunaan modul nRF24L01 yang dijadikan sebagai input. Kemudian, pada bagian output terdapat relai dan pompa air yang akan menerima perintah dari Arduino Nano. Node sensor dan aktuator akan berinteraksi dengan node kontroler. Ketiga node ini ditempatkan ditempat yang terpisah hingga jarak 1 Km

sesuai spesifikasi modul RF. Pada node kontroler digunakan Arduino Uno sebagai perangkat pengendali sistem irigasi. Arduino Uno memiliki spesifikasi yang hampir sama seperti Arduino Nano. Perbedaan terletak pada ukuran dan jumlah pin saja. Pada bagian node kontroler juga terdapat modul nRF24L01 dan modul WiFi ESP8266. Node kontroler disuplai oleh catu daya 12V dan ditempatkan di ruang kontrol dan terkoneksi dengan internet. Adapun desain rangkaian dari node sensor, aktuator, dan kontroler berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skematik rangkaian node sensor, node aktuator, dan node kontroler

### **2.3 Perangkat Lunak**

Selain merancang bagian perangkat keras, sistem ini bekerja dengan perangkat lunak yang terdiri dari pemrograman mikrokontroler dan pemrograman website untuk perangkat monitoring. Program mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Struktur program terdiri dari program untuk membaca data dari sensor, program mengirim sinyal ke aktuator, program pengontrol utama, program komunikasi RF, dan program komunikasi dengan internet. Program pembacaan sensor

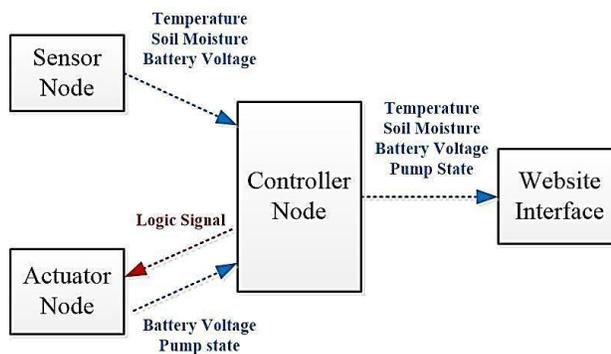
ditanamkan pada node sensor, sedangkan pengiriman sinyal ke aktuator ditanamkan pada node aktuator. Pada node kontroler, ditanamkan program pengontrol utama dan program komunikasi internet.

Pada bagian pengontrolan, algoritma kontrol dirancang agar irigasi dapat bekerja secara otomatis. Pengontrolan didasarkan pada nilai suhu dan kelembapan tanah. Logikanya, saat suhu dan kelembapan tanah melebihi batas tertentu, maka node kontroler akan mengirimkan sinyal ke node aktuator untuk mengaktifkan pompa dengan durasi tertentu. Pompa tidak akan bekerja saat nilai suhu dan kelembapan tidak melebihi batas yang ditentukan. Lebih jelasnya, algoritma pengontrolan secara otomatis ini dapat dilihat pada Tabel 4.

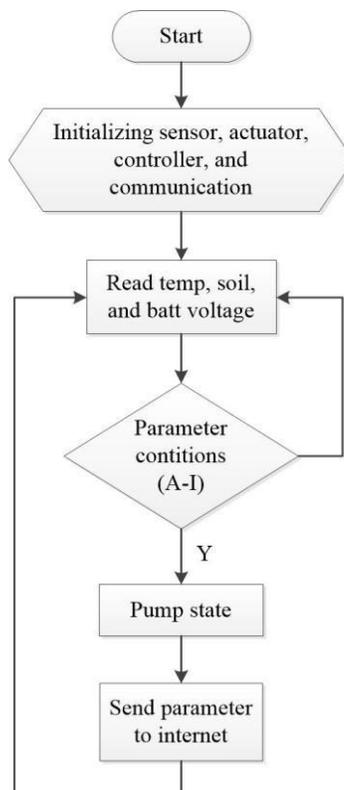
**Tabel 4 Algoritma kontrol ON/OFF**

Kondisi	Suhu	Kelembapan Tanah	Status Pompa
A	$< 25^{\circ}\text{C}$	$< 30\%$	ON
B	$< 25^{\circ}\text{C}$	$30\% \leq y \leq 70\%$	OFF
C	$< 25^{\circ}\text{C}$	$> 70\%$	OFF
D	$25^{\circ}\text{C} \leq x \leq 30^{\circ}\text{C}$	$< 30\%$	ON
E	$25^{\circ}\text{C} \leq x \leq 30^{\circ}\text{C}$	$30\% \leq y \leq 70\%$	ON
F	$25^{\circ}\text{C} \leq x \leq 30^{\circ}\text{C}$	$> 70\%$	OFF
G	$> 30^{\circ}\text{C}$	$< 30\%$	ON
H	$> 30^{\circ}\text{C}$	$30\% \leq y \leq 70\%$	ON
I	$> 30^{\circ}\text{C}$	$> 70\%$	OFF

Berdasarkan algoritma tersebut, dapat dilihat bahwa status pompa akan ON dengan durasi tertentu saat terjadi kondisi A, D, E, G, dan H. Sebaliknya, status pompa akan OFF saat terpenuhi kondisi B, C, F, dan I. Algoritma kontrol ini tentu saja dapat dimodifikasi kembali sesuai kebutuhan. Bahkan, algoritma ini dapat dikembangkan dalam bentuk algoritma cerdas seperti Fuzzy Logic. Algoritma tersebut dapat dibagi dan ditanamkan sesuai dengan node dengan topologi komunikasi seperti pada Gambar 3. Secara keseluruhan, algoritma sistem ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 4. Diagram alir tersebut merupakan algoritma sistem secara keseluruhan.



**Gambar 3 Komunikasi antar node**

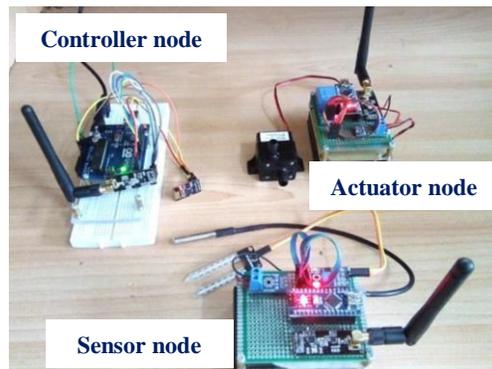


Gambar 4 Diagram alir sistem

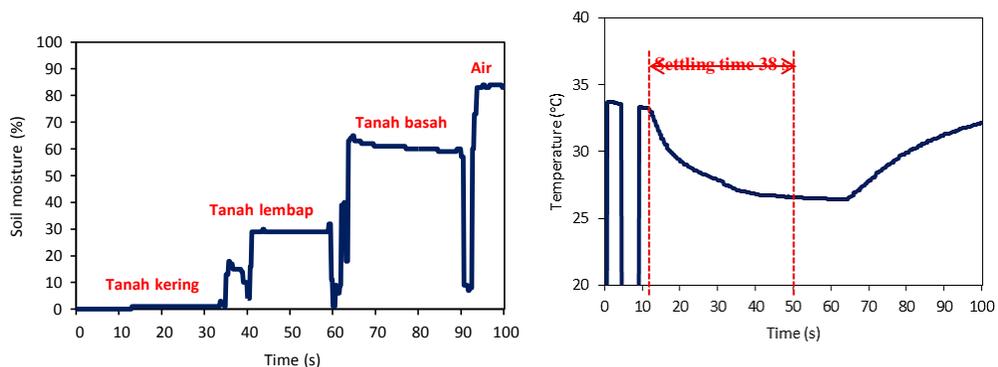
### 3 Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi dari perangkat keras yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 5. Perangkat sistem node terdiri dari node sensor, node aktuator, dan node kontroler yang portabel dan ringan. Ketiga node ini ditempatkan ditempat terpisah dan berkomunikasi melalui media frekuensi radio. Sebagai studi awal, pengujian sistem dilakukan terhadap kinerja setiap perangkat yang digunakan untuk mengetahui performansinya. Pengujian dilakukan terhadap sensor YL-69, sensor DS18B20, respon aktuator, komunikasi nRF24L01, dan desain tampilan website.

Pengujian sensor kelembapan tanah YL-69 dilakukan untuk mengetahui besarnya kelembapan dengan berbagai kondisi tanah. Pada pengujian ini, skenario pengujian dilakukan pada tanah kering, tanah lembap, tanah basah, dan air. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 kiri. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah YL-69 dapat mendeteksi kelembapan tanah dengan baik pada berbagai skenario yang diujikan. Kelembapan tanah didapat pada saat sensor diuji dengan menggunakan tanah kering sebesar 0-1%, tanah lembap 30%, tanah basah 62%, dan air 84%. Penurunan nilai antara setiap media uji merupakan respon saat terjadi perpindahan pengujian setiap skenario.



Gambar 5 Implementasi sistem



Gambar 6 Pengujian sensor YL-69 (kiri) dan DS18B20 (kanan)

Sensor suhu DS182B juga diuji untuk mengetahui performansinya. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan respon suhu hangat dan suhu ruang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 kanan. Hasil pengujian sensor suhu DS18B20 menunjukkan bahwa sensor ini dapat mendeteksi perubahan suhu dengan nilai respon waktu sebesar 38 detik. Adanya penurunan nilai di awal grafik merupakan gangguan sinyal yang diperoleh saat melakukan percobaan.

Pengujian terhadap aktuator dilakukan untuk mengetahui respon aktuator saat menerima sinyal dari node kontroler melalui komunikasi RF. Skenario pengujian yang dilakukan adalah dengan memberikan perintah pensaklaran melalui node kontroler kemudian mengamati respon ON/OFF dari relai pada node aktuator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relai mampu merespon perintah pensaklaran dengan baik.

Modul komunikasi nirkabel nRF24L01 juga diuji untuk mengetahui performansi jarak komunikasi. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan data sensor dari node sensor ke node kontroler dengan beberapa variasi jarak. Adapun program yang digunakan untuk mengirim dan menerima data dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa komunikasi nirkabel melalui nRF24L01 dapat dilakukan hingga jarak  $\pm 1$  km sesuai dengan spesifikasi modul. Saat pengujian dilakukan kadang terjadi hilangnya komunikasi yang disebabkan oleh ketidakstabilan pengkabelan dan catu daya. Kekokohan rangkaian dan adanya

regulator tegangan diperlukan untuk meningkatkan performansi dan kestabilan catu daya sehingga komunikasi tidak akan terputus.

**Tabel 5 Hasil pengujian jarak nRF24L01**

Skenario Jarak	Kondisi
10 m	Terhubung
100 m	Terhubung
200 m	Terhubung
± 500 m	Terhubung
± 1 Km	Terhubung

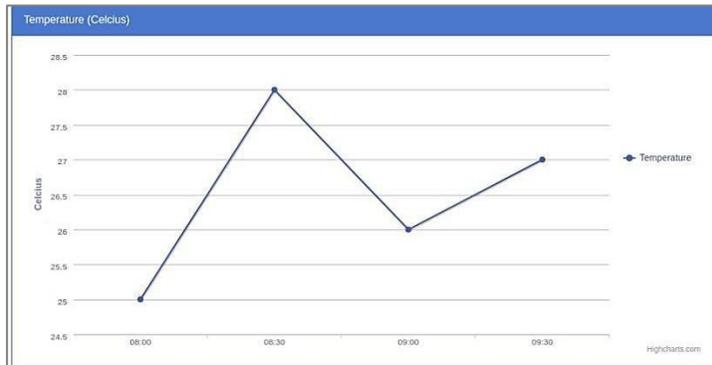
```
network.update();
sensorSuhu.requestTemperatures();
double suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
RF24NetworkHeader header(node01);
network.write(header, &suhu, sizeof(suhu));
```

**Gambar 7 Program pada node pengirim**

```
network.update();
if (network.available())
{
  RF24NetworkHeader header;
  double suhu;
  network.read(header, &suhu, sizeof(suhu));
  Serial.println(suhu);
  delay(500);
}
else
{
  Serial.println("Not Connected");
  delay(500);
}
```

**Gambar 8 Program pada node penerima**

Tampilan website dirancang untuk menampilkan parameter dari sistem diantaranya suhu, kelembapan tanah, status relai, dan status baterai setiap node. Adapun desain tampilan website dapat dilihat pada Gambar 9. Website pada penelitian ini dibuat dengan konfigurasi sendiri tanpa menggunakan platform IoT pihak ketiga seperti ThingSpeak. Kelebihannya adalah user dapat dengan leluasa melakukan konfigurasi dan mendapatkan akses penuh terhadap data yang tersimpan di database server. Kekurangannya adalah konfigurasi yang dilakukan tidak semudah aplikasi pihak ketiga yang sudah menyediakan fasilitas khusus untuk sistem IoT seperti adanya aplikasi pihak ketiga yang sudah menyediakan fasilitas khusus untuk sistem IoT seperti adanya aplikasi ThingTweet. Namun demikian, pengembangan website ini akan terus dilakukan guna menyempurnakan sistem IoT. Sistem monitoring website ini juga dapat dibuat dalam bentuk webview agar dapat digunakan dalam perangkat smartphone Android sehingga mempermudah akses user dalam menggunakannya.



Gambar 9 Desain tampilan penampil data pada website

## 4 Kesimpulan

Sistem kontrol irigasi otomatis berbasis node nirkabel dan IoT telah berhasil dirancang dan diuji sebagai studi awal pengembangan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap perangkat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Sensor YL-69 mampu membaca parameter kelembapan tanah kering 0-1%, tanah lembap 30%, tanah basah 62%, dan air 84%. dan suhu sesuai dengan kondisi sebenarnya. Sensor suhu juga mampu mendeteksi suhu walaupun memiliki respon transien selama 38 detik.

Node aktuator bekerja dengan baik dan mampu merespon sinyal yang diberikan oleh node kontroler secara nirkabel hingga jarak  $\pm 1$  km. Terakhir, desain tampilan antarmuka website dirancang untuk menampilkan variabel kelembapan tanah, suhu, status relai, dan status baterai.

Dengan menggunakan sistem ini, diharapkan dapat mempermudah pekerjaan para petani maupun pelaku budidaya dalam mengelola tanaman. Penelitian selanjutnya adalah merealisasikan sistem secara keseluruhan dan menguji performansinya. Perbaikan instalasi secara hardware juga diperlukan agar komunikasi dapat berjalan secara stabil. Selain itu, pengujian konsep IoT perlu dilakukan untuk memastikan parameter yang dipantau serta pengontrolan dapat diakses melalui website yang dirancang dengan jaringan internet.

## 5 Referensi

- [1] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami, *Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions*, Future Generation Computer System, vol. 29 no. 7, 2012.
- [2] D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini, I. Chlamtac, *Internet of things: Vision, applications and research challenges*, Ad Hoc Networks, vol. 10, pp. 1497-1516, 2012.
- [3] V. Doknic, *Internet of Things Greenhouse Monitoring and Automation System*, Technical Report TUT Summer Term, 2014.

- [4] R. Shahzadi, M. Tausif, J. Ferzund, M. A. Suryani, *Internet of Things based Expert System for Smart Agriculture*, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACS), vol. 7 no. 9, 2016.
- [5] J. Nuvula, S. Adiraju, S. Mubin, S. Bano, V. R. Valisetty, *Environmental Smart Agriculture Monitoring System Using Internet of Things*, International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 115 no. 6, 2017.
- [6] K. G. Sutar, R. T. Patil, *Wireless Sensor Network System to Monitor the Fish Farm*, International Journal of Engineering Research and Applications, vol. 3, no. 5, pp. 194-197, October 2013.
- [7] M. V. Ramesh, *Design, development, and deployment of a wireless sensor network for detection of landslides*, Ad Hoc Networks, vol. 13, pp. 2-18, 2014.
- [8] A. Herutomo, M. Abdurohman, N. A. Suwastika, S. Prabowo, C. W. Wijiutomo, *Forest Fire Detection System Reliability Test Using Wireless Sensor Network and OpenMTC Communication Platform*, 3rd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2015, pp. 87-91.
- [9] J. S. Awati, V. Patil, and S. Awati, *Application of Wireless Sensor Networks for Agriculture Parameters*, International Journal of Agriculture Sciences, vol. 4, no. 3, pp. 213-215, 2012.
- [10] D. D. Chaudhary, S. P. Nayse, and L. M. Waghmar, *Application of Wireless Sensor Networks for Greenhouse Parameter Control in Precision Agriculture*. International Journal of Wireless and Mobile Networks, vol. 3, no. 1, pp. 140, 2011.
- [11] J. Gutierrez, J. F. V. Medina, A. N. Garibay, M. A. P. Gandara, *Automated Irrigation System Using a Wireless Sensor Network and GPRS Module*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 63, no. 1, pp. 166-176, January 2015.
- [12] L. Gao, M. Zhang, G. Chen, *An Intelligent Irrigation System Based on Wireless Sensor Network and Fuzzy Control*. Journal of Networks, vol. 8, no. 5, pp. 1080-1087, 2013.
- [13] V. Sravani, K. V. Santosh, S. Bhargava, V. D'Almeida, *Design and Implementation of a Smart Controller in Agriculture for Improved Productivity*, Electrica, vol. 18, no. 1, pp. 45-51, 2018.
- [14] U. J. Shobrina, R. Primananda, R. Maulana, *Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver nRF24L01, Xbee, dan WiFi ESP8266 pada Wireless Sensor Network*, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, no. 4, pp. 1510-1517, 2018.

## 6 Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Sukabumi atas hibah dana penelitian internal melalui skema Penelitian Terapan Unggulan Program Studi (PTUPS) dengan nomor kontrak 1050a/POLSMI/PN/V/2018.