

AUTOMASI IRIGASI UNTUK PERSAWAHAN MENGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI RADIO FREKUENSI

Luky Rohendi¹, Gita Indah Hapsari², Giva Andriana Mutiara³

^{1, 2, 3} Program Studi D3 Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom

¹ lukyuki@telkomuniversity.ac.id, ² gitaindahhapsari@telkomuniversity.ac.id, ³ giva.andriana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Salah satu masalah dalam bidang pertanian adalah penurunan nilai panen akibat tidak tersedianya air irigasi saat musim kemarau atau air irigasi melebihi batas yang diinginkan. Kasus kekeringan dan banjir di lahan persawahan sering terjadi di daerah Andir, Baleendah, Kabupaten Bandung. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuatlah sistem automasi irigasi berbasis wireless sensor network yang dikembangkan dari penelitian sebelumnya. Sistem yang dibuat terbagi atas tiga titik kerja berdasarkan fungsi utamanya yaitu titik sensing sebagai pendeteksi level air, titik isi sebagai pengendali pompa pengisi air di lahan sawah dan titik buang sebagai pengendali pompa pembuang ketika air irigasi melebihi batas. Sistem automasi yang dibuat menggunakan sensor pendeteksi air, modul radio frekuensi XBee Pro S2C, Arduino Nano, sensor arus, sensor tegangan, pompa air. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini dapat mengendalikan pompa pengisi dan pembuang untuk mempertahankan air irigasi di lahan sawah pada ketinggian 2-5 cm, mengirimkan informasi level air, baterai, kerja pompa, dan ketersediaan sumber air ke titik monitoring.

Kata kunci — irigasi, automasi, XBee, air, nirkabel, sensor.

Abstract— One of the problems in agriculture is the decrement of harvest value that occurs because of the lack of irrigation water in dry session or the irrigation water exceeds from the desired limit. Case of drought and flood that often occur in paddy fields is located in Andir, Baleendah, Kabupaten Bandung. Based on these problems, an automated irrigation system based on wireless sensor network is developed from previous research. The system is divided into three working points based on the main function of its point, that is sensing point as the water level detector, filling point as the controller of the water filler pump in the paddy field and discharge point as the controller of the discharger pump when irrigation water exceeds the limit. Automated systems made using water-detecting sensors, XBee Pro S2C radio frequency modules, Arduino Nano, current sensors, voltage sensor, water pumps. The results show that system can control the filler and discharger pump to maintain irrigation water in paddy fields at depth of 2-5 cm and send information water level, battery percentage, pump working status, and availability of irrigation water source to the monitoring point.

Keywords— irrigation, automation, XBee, water, wireless, sensor.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu kasus kekeringan dan banjir yang sering terjadi di lahan sawah adalah di daerah Andir, Baleendah, Kabupaten Bandung. Pada penelitian ini dilakukan peninjauan ketika musim kemarau di lahan sawah yang terletak di Jl. Sadang Sari, Andir, Baleendah, Bandung, Jawa Barat pada bulan Agustus 2017. Selama musim kemarau, air sungai Ciherang, Andir, Baleendah tidak mengalir ke saluran irigasi di sawah karena dangkal, sehingga lahan sawah dibiarkan kering dan tidak ada kegiatan bercocok tanam. Dalam jurnal penelitian yang ditulis oleh Wiranto et al. (2014), diungkapkan bahwa pemberian air irigasi pada lahan pertanian harus dilakukan secara optimum sehingga perlu dibuat suatu sistem irigasi otomatis yang mampu menyediakan air untuk tanaman dengan kondisi yang diharapkan[1]. Pada penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Giva Andriana et al. (2017), telah dibuat suatu prototipe kontrol dan otomatisasi sistem irigasi untuk sawah, namun media komunikasi data antara komponen masih berbasis kabel sehingga implementasinya di lahan sawah sebenarnya tidak dapat mencakup jarak yang cukup luas, maka dibutuhkan media komunikasi nirkabel agar implementasi alat pada lahan sawah dapat mencakup jarak yang cukup luas dan lebih efisien[2].

Mengacu pada beberapa penelitian yang telah dibuat salah satunya yaitu jurnal penelitian yang berjudul *Web-Based Monitoring and Control System for Aeroponic Growing Chamber* yang ditulis oleh M. Ikhsan Sani et al. (2016), sistem pemberian air pada tanaman menggunakan pompa dengan tekanan tinggi agar air dapat keluar melalui *micro sprayer*, pada penelitian tersebut pun digunakan panel surya, baterai, dan inverter DC to AC untuk mengaktifkan pompa tersebut[3]. Pada jurnal penelitian yang telah dilakukan oleh Simon Siregar et al. (2017), yang berjudul *Queue System Based-On Wireless Sensor Network for Puskesmas Baleendah, Bandung* oleh Simon Siregar et al. (2017), tentang implementasi WSN pada sistem antrian di Puskesmas dengan pembagian titik kerja pada komunikasi sistem antrian tersebut terdiri dari beberapa klien dan satu server, maka sistem kerja pada sistem automasi irigasi ini pun dapat dibagi menjadi beberapa titik kerja dengan komunikasi data secara nirkabel[4].

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem automasi irigasi di persawahan ?
2. Bagaimana cara merancang sistem automasi irigasi dengan komunikasi nirkabel antar titik kerja pada sistem irigasi ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya alat ini adalah sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan sistem automasi irigasi yang dapat mengendalikan ketinggian air di persawahan berbasis mikrokontroler.
2. Mengimplementasikan komunikasi nirkabel berbasis radio frekuensi pada sistem automasi irigasi yang dirancang.

1.4 Batasan Masalah

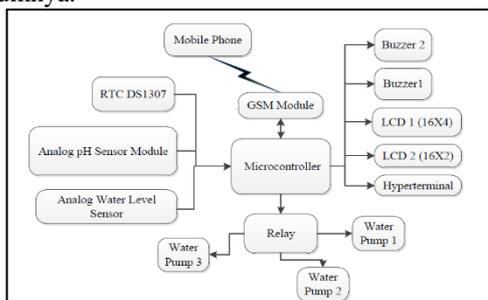
Untuk membatasi meluasnya bahasan masalah yang akan diteliti, maka dibatasi masalah yang berkaitan dengan perancangan dan implementasi sistem irigasi ini, yaitu sebagai berikut.

1. Studi kasus yang diangkat adalah solusi untuk mengatasi permasalahan kekeringan air irigasi persawahan di wilayah Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung.
2. Alat yang digunakan berupa Arduino, water level sensor, XBee, dan pompa air.
3. Modul komunikasi radio frekuensi yang digunakan adalah XBee sebanyak tiga buah.
4. Sensor pendeteksi air yang digunakan pada titik sensing terdiri dari tiga buah sensor, ditempatkan secara berurutan pada ketinggian 1 cm, 3 cm dan 5 cm.
5. Sistem irigasi diuji pada kolam berukuran 9 x 8 meter.
6. Sistem pengairan yang digunakan yaitu *continuously flooded*, air dipertahankan antara 2-5 cm.
7. Tidak membahas lebih luas mengenai protokol komunikasi XBee.

1. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya, Giva Andriana M et al. (2015), merancang suatu *Prototype of Control and Automation of Irrigation System for the Paddy Fields*, prototipe yang dibuat dapat mengendalikan pompa air secara otomatis, memberikan informasi pH dari air sawah, menyediakan pupuk untuk air irigasi, dan monitoring level air melalui SMS[2]. Pada Gambar 1.1 terdapat blok diagram sistem pada penelitian sebelumnya.



Gambar 1. 1 Blok Diagram Penelitian Sebelumnya[2]

2.2. Teori

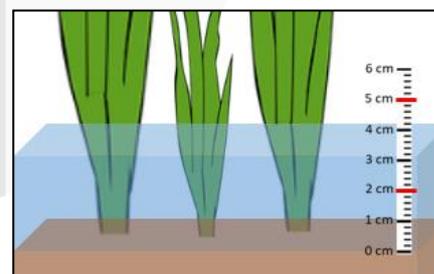
2.2.1. Irigasi

Irigasi merupakan pengaturan pembagian atau pengaliran air menurut sistem tertentu untuk sawah dan sebagainya. Wiranto, (2014) mengungkapkan bahwa pemberian air irigasi pada lahan pertanian harus dilakukan secara optimum sehingga perlu dibuat suatu sistem irigasi otomatis yang mampu menyediakan air untuk tanaman dengan kondisi yang diharapkan[1].

Jia Uddin et al. (2012), mendesain *Automated Irrigation System Using Solar Power*, sistem yang dibuat pada penelitian ini menggunakan solar cell sebagai sumber listrik untuk mengontrol sistem secara keseluruhan[5].

Pada jurnal penelitian yang ditulis oleh Giva Andriana et al. (2017), dengan judul *Performance Comparison Of Communication Module Againsts Detection Location For Blind Cane* dikemukakan perbandingan antara tiga jenis modul komunikasi radio frekuensi yaitu modul NRF24L01, modul XBee Pro S2C, dan modul USR-BLE101, dengan kesimpulan yang berdasarkan pada skenario pengujian, komunikasi modul kinerja terbaik diperoleh oleh XBee Pro S2C. Sedangkan biaya minimum untuk sistem implementasi menggunakan modul komunikasi NRF24L01. Maka dari penelitian tersebut modul komunikasi yang sesuai untuk penelitian pada proyek akhir ini adalah modul XBee Pro S2C[6].

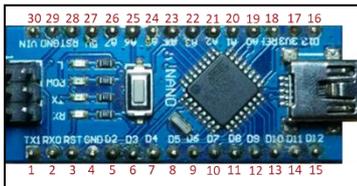
Hadi A et al. (2010), dalam jurnalnya yang berjudul *Effect of Water Management on Greenhouse Gas Emissions and Microbial Properties of Paddy Soils in Japan and Indonesia* mengungkapkan dengan teknik pengairan secara terus menerus dibanjiri (*Continuously Flooded*) ketinggian air diatas permukaan tanah terhadap tanaman padi harus dipertahankan antara 2-5 cm untuk padi jenis Siam Pandak, sedangkan dengan teknik pengairan *Intermittently Drained* ketinggian air sekitar 10-15 cm[7]. Ketinggian air diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Ketinggian Air Irigasi

2.2.2. Arduino Nano

Arduino merupakan mikrokontroler yang bersifat *open-source* artinya pengguna dapat dengan bebas membuat suatu alat elektronik menggunakan Arduino. Arduino Nano merupakan salah satu tipe dari mikrokontroler Arduino yang menggunakan ATmega 328 berukuran 4.3 cm x 1.8 cm[8]. Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Arduino Nano

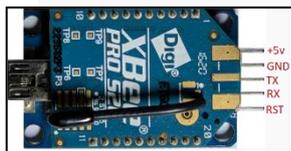
Spesifikasi dari Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Nano[8]

Nomor Pin	Nama	Type	Deskripsi
1-2, 5-6	D0-D13	Digital I/O	Digital I/O port 0 – 13
3, 28	Reset	Masukan	Reset (<i>active low</i>)
4, 29	GND	PWR	<i>Supply Ground</i>
17	3.3 V	Keluaran	Tegangan keluaran 3.3 V
18	AREF	Masukan	ADC <i>reference</i>
19-26	A7-A0	Masukan	Analog I/O port 0 – 7
27	5 V	Keluaran atau Masukan	Tegangan keluaran 5 V dari regulator
30	VIN	PWR	<i>Supply Tegangan</i>

2.2.3. XBee Pro S2C

XBee Pro S2C merupakan modul radio frekuensi yang berfungsi sebagai alat komunikasi, XBee Pro S2C dapat dilihat pada Gambar 2.3, protokol komunikasi untuk XBee Pro S2C yang digunakan pada penelitian ini adalah ZigBee. ZigBee merupakan protokol berbasis IEEE 802.15.4 yang dapat digunakan untuk membuat jaringan pribadi atau *wireless personal area network* (WPAN) dengan konsumsi daya rendah.



Gambar 2. 3 XBee Pro S2C

Spesifikasi XBee Pro S2C diperoleh dari datasheet modul XBee Pro S2C, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi XBee Pro S2C

Jangkauan Komunikasi Indoor	Up to 90 m
Jangkauan Komunikasi Outdoor	Up to 3200 m
RF data rate	250.000 b/s = 31.25 KB/s
Tegangan kerja	2.7 – 3.6 V
Arus kerja (TX)	120 mA
Arus kerja (RX)	31 mA
Tegangan Input (Adapter)	5 V
USB	USB 2.0 Mini B

2.2.4. Pompa Air

Pompa air merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dengan cara menghisap dan mengeluarkannya[9]. Pompa yang digunakan pada penelitian ini menggunakan motor untuk menghisap air dengan putaran yang menghasilkan tarikan atau hisapan terhadap air melalui pipa *in* dan dikeluarkan melalui pipa *out*. Gambar 2.4 Merupakan pompa yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. 4 Pompa Air

Pompa pada Gambar 2.4 memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Pompa Air

Tegangan Kerja	220-240 V
Daya	38 Watt
Aliran	2000L/H

2.2.5. Modul Sensor Air

Sensor air merupakan alat yang dapat mendeteksi air dan mengubah perubahan fisik yang terjadi pada permukaan sensor saat terkena air menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh komputer[10]. Sinyal listrik yang dihantarkan sesuai dengan besarnya luas permukaan sensor yang terkena air. Piringan sensor air terbuat dari bahan nikel membentuk dua jalur yang akan menghantarkan listrik saat terkena air[11]. Terdapat dua jenis masukan berupa masukan analog dan digital, interval nilai masukan analog yaitu 0 – 1023 dan nilai masukan digital yaitu ‘0’ atau *LOW* dan ‘1’ atau *HIGH*, tegangan kerja modul sensor air adalah 5 V apabila masukan yang digunakan adalah analog maka tiap kenaikan 1 nilai yang terbaca setara dengan 0.0049 V. Untuk mengatur sensitivitas sensor terhadap air terdapat potensiometer pada *flying fish* sensor yang dapat diatur.



Gambar 2. 5 Flying Fish & Piringan Sensor Air

2.2.6. Sensor Arus Listrik ACS712 30 A

Sensor arus listrik ACS712 merupakan sensor dengan prinsip kerja efek *hall* yaitu dengan mengalirkan arus listrik pada bahan semikonduktor yang dipasang diantara medan magnet, pada proses tersebut terjadi efek *hall* yang dapat menghasilkan tegangan *hall* yang kemudian bisa ditentukan nilai arus yang mengalir pada sensor[12].



Gambar 2. 6 Sensor Arus ACS712 30 A

Tabel 2.4 merupakan spesifikasi dari sensor arus ACS712 30 A.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Arus ACS712 30 A

Tegangan Kerja	5 V
Arus Kerja	10 – 13 mA
Sensitivitas	66 mV/A
Noise	7mV
Total Output Error	±1.5 %
Optimize Accuracy Range	30 A

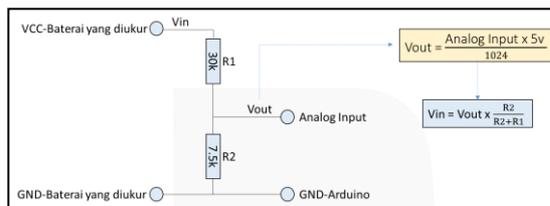
2.2.7. Sensor Tegangan 25 V

Sensor tegangan 25 V merupakan alat pendeteksi tegangan yang bekerja dengan mengimplementasikan hukum pembagi tegangan, berdasarkan pada *datasheet* sensor tegangan, resistor yang digunakan pada sensor adalah sebesar 30k Ohm dan 7.5k Ohm[13]. Sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Sensor Tegangan

Berikut ini adalah skematik sensor tegangan dan rumus untuk mencari tegangan yang dideteksi oleh sensor pada Gambar 2.8, rumus pembagi tegangan tersebut dapat diimplementasikan pada program Arduino.



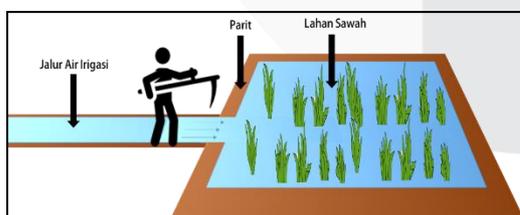
Gambar 2. 8 Skematik Sensor Tegangan dan Rumus Pembagi Tegangan

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Analisis

3.3.1 Gambaran Sistem Saat ini

Sistem irigasi yang digunakan di persawahan daerah Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, saat ini masih secara manual. Pada Gambar 3.1 diilustrasikan sistem irigasi sawah dilakukan dengan membuka parit untuk mengalirkan air dari jalur irigasi ke lahan sawah kemudian parit ditutup kembali. Sehingga memerlukan tenaga lebih bagi para petani untuk mengatur irigasi pada lahan sawahnya.



Gambar 3. 1 Gambaran Sistem Saat Ini

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat suatu prototipe dengan sistem kerja yang berbasis pada mikrokontroler, fungsionalitas sistem tersebut seperti berikut.

1. Automasi irigasi berbasis mikrokontroler.
2. Sistem dapat mendeteksi ketinggian air dan mengontrol menyala atau tidaknya pompa berdasarkan ketinggian air.
3. Sistem dapat mengganti air irigasi berdasarkan waktu yang dapat dikendalikan.

4. Sistem dapat mendeteksi pH dan alkalinitas air irigasi.
5. Sistem dapat memberikan pupuk secara langsung melalui perintah dari SMS.

Cara kerja sistem adalah secara terus menerus melakukan pendeteksian air melalui sensor air, apabila kondisi air memenuhi syarat untuk menyalakan pompa pembuang atau pengisi maka sistem akan menampilkan informasi melalui LCD dan *Hyperterminal* kemudian sistem akan mengaktifkan *relay* untuk menjalankan pompa dan mengirimkan notifikasi melalui modul SMS kepada pengguna.

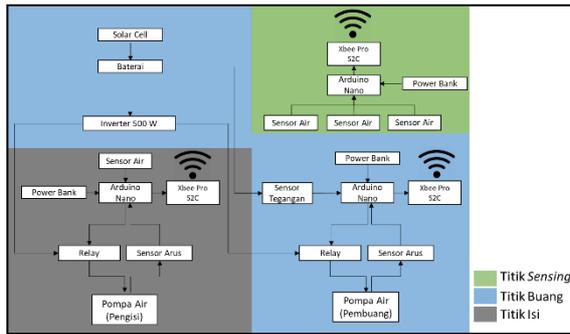
3.3.2 Gambaran Sistem Usulan

Berdasarkan analisis kebutuhan fungsionalitas dan non fungsionalitas maka sistem automasi irigasi yang dirancang terdiri dari tiga titik kerja yaitu titik *sensing*, titik isi, dan titik buang. Penamaan titik kerja berdasarkan pada fungsi utama titik kerja di dalam sistem automasi irigasi.

- a. Titik *Sensing*, fungsi utama titik sensing adalah mendeteksi level air di lahan sawah. Titik ini tersusun dari Arduino Nano, XBee Pro S2C, sensor air, dan *power bank*.
- b. Titik Buang, fungsi utama titik buang adalah membuang air irigasi jika air di lahan sawah berlebih. Selain itu titik buang berfungsi memonitor baterai dan mendeteksi kerja pompa. Titik ini tersusun dari Arduino Nano, XBee Pro S2C, sensor arus, sensor tegangan, *power bank*. Baterai yang digunakan sebagai sumber daya listrik pompa dihubungkan pada titik buang untuk dimonitor tegangannya.
- c. Titik Isi, fungsi utama titik isi adalah mengisi air irigasi di lahan sawah dengan cara mengaktifkan pompa di sumber air. Pada titik ini terdapat satu sensor air untuk mendeteksi ketersediaan sumber air. Titik ini tersusun dari Arduino Nano, XBee Pro S2C, sensor air, dan *power bank*.

Modul komunikasi yang digunakan pada sistem yang diusulkan adalah XBee Pro S2C. Sistem automasi irigasi ini memanfaatkan sensor air sebagai parameter bekerja atau tidaknya pompa air dan Arduino nano sebagai mikrokontroler di setiap titik kerja. Sumber listrik yang digunakan untuk mengaktifkan pompa berasal dari *solar cell* yang ditampung baterai dan diubah menjadi arus AC menggunakan inverter 500 Watt sedangkan sumber listrik untuk mikrokontroler berasal dari *power bank*.

Untuk memonitor energi pada baterai digunakan sensor tegangan, sedangkan untuk memonitor pompa bekerja atau tidak maka digunakan sensor arus. Blok diagram sistem usulan dapat dilihat pada Gambar 3. 2



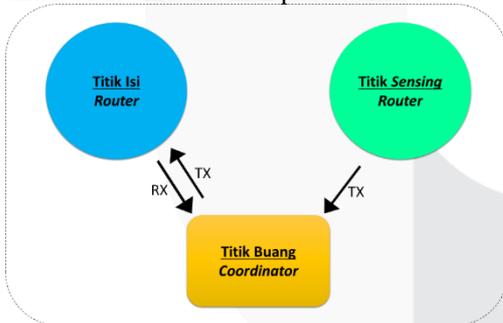
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Usulan

Konfigurasi komunikasi titik kerja sistem dijelaskan pada Tabel 3. 1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Konfigurasi Komunikasi Titik Kerja

No.	Bagian	Konfigurasi
1	Titik Buang (XBee A)	Dikonfigurasi sebagai koordinator pada sistem komunikasi yang diterapkan. Berfungsi menerima data serial dari titik <i>sensing</i> dan mengirim data serial ke titik isi dan titik <i>monitoring</i> .
2	Titik <i>Sensing</i> (XBee B)	Dikonfigurasi sebagai <i>router</i> pada sistem komunikasi yang diterapkan. Berfungsi mengirimkan data serial ke koordinator.
3	Titik Isi (XBee C)	Dikonfigurasi sebagai <i>router</i> pada sistem komunikasi yang diterapkan. Berfungsi menerima data serial dari koordinator dan mengirimkan data serial ke koordinator.
4	Titik <i>Monitoring</i> (XBee D)	Dikonfigurasi sebagai <i>router</i> , berfungsi menerima data dari titik buang.

Berdasarkan pada konfigurasi komunikasi antara titik *sensing*, titik isi, dan titik buang maka arah komunikasi data antara titik diilustrasikan pada Gambar 3. 3.

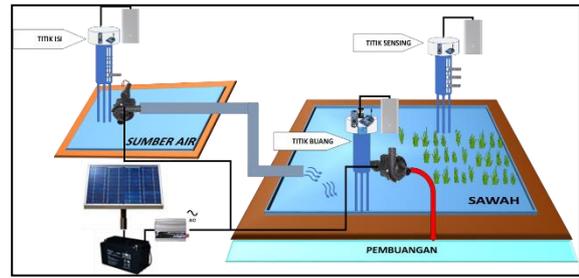


Gambar 3. 3 Skema Komunikasi Titik Kerja

Komunikasi sistem automasi irigasi pada penelitian ini merupakan komunikasi *mesh* sederhana. Titik buang berperan sebagai koordinator yang mengatur komunikasi data antara titik *sensing*, titik isi, dan titik *monitoring*. Titik *sensing* akan mentransmisikan status air ke titik buang, titik buang meneruskan data ke titik isi dan data yang diterima akan diproses kemudian akan dijadikan parameter bekerja atau tidaknya pompa air.

3.3.3 Topologi Sistem

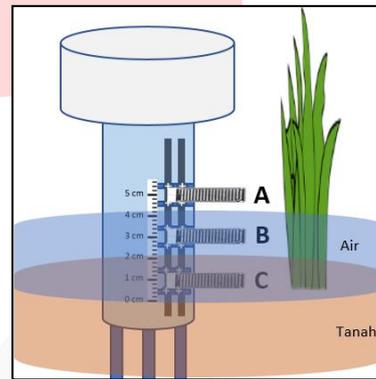
Sistem automasi irigasi ini dibagi menjadi 3 titik kerja yaitu titik isi yang ditempatkan di sumber air, titik buang, dan titik *sensing* ditempatkan di lahan sawah sesuai dengan fungsi pada masing-masing titik. Gambar 3.4 merupakan topologi sistem dengan 3 titik kerja.



Gambar 3. 4 Topologi Sistem Usulan

3.3.4 Cara Kerja Sistem

Dalam sistem automasi irigasi ini dibutuhkan masukan yang dibaca oleh sensor air. Berdasarkan Gambar 3. 5 terdapat 3 masukan yang diambil dari 3 sensor air, yaitu sensor A B dan C.



Gambar 3. 5 Penempatan Sensor

Jika ketiga sensor tidak terendam air maka kode yang digunakan adalah '100' atau kondisi air sangat kurang, jika hanya sensor C yang terendam air maka kode yang digunakan '101' atau kondisi air kurang. Jika hanya sensor B dan C yang terendam air maka status air adalah '102' atau status air baik, jika ketiga sensor membaca adanya air maka status adalah '103' atau status air lebih. Kode tersebut menjadi data serial yang dikirim titik *sensing* ke titik buang, data tersebut menjadi parameter bekerja atau tidaknya pompa pada titik isi dan titik buang.

Pada sistem ini sensor air secara terus menerus mendeteksi air pada sawah dan mengirimkan data sensor ke titik pembuang, kemudian titik pembuang memproses data sensor dan mengontrol pompa pembuang sesuai dengan kondisi air yang diterima. Titik pembuang meneruskan kode level air dari titik *sensing* ke titik pengisi. Pada titik pengisi data diproses untuk mengontrol pompa pengisi. Pada titik pengisi terdapat sensor air yang digunakan untuk mendeteksi ketersediaan air di sumber air dan sensor arus untuk mendeteksi bekerja atau tidaknya pompa pengisi berdasarkan arus yang terbaca sensor. Titik isi mengirimkan data dari sensor pendeteksi ketersediaan sumber air dan data sensor arus ke titik pembuang.

Semua data yang diterima oleh titik pembuang diteruskan ke titik *monitoring*, termasuk informasi baterai.

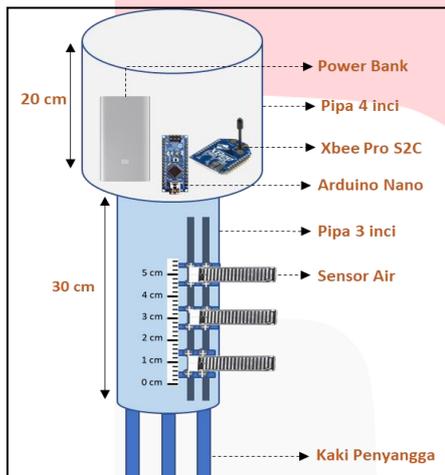
3.3.3.1 Desain Titik Sensing

Fungsi utama titik *sensing* adalah mendeteksi kondisi air di lahan sawah dan mengirimkan data kondisi air

ke titik buang, komponen utama penyusun titik sensing adalah :

- Arduino Nano 1 buah.
- XBee Pro S2C 1 buah.
- Sensor level air 3 buah.
- Power bank 1 buah.

Untuk menyimpan komponen tersebut dibutuhkan wadah, pada kasus ini wadah yang digunakan berupa pipa berukuran 4 inci dengan tutup pipa di bagian atas dan bawah. Sebagai penyangga tiga sensor air maka digunakan pipa dengan ukuran 3 inci, untuk menghubungkan antara wadah komponen dan penyangga sensor kedua pipa direkatkan dengan lem. Desain alat untuk titik sensing diilustrasikan pada Gambar 3. 6.



Gambar 3. 6 Desain Alat Titik Sensing

3.3.3.2 Desain Titik Buang

Fungsi titik buang yaitu mengontrol pompa pembuang berdasarkan data kondisi level air di lahan sawah, selain itu titik buang berfungsi sebagai koordinator yang bertugas mengatur sistem komunikasi antar titik. Pada titik buang terdapat sensor tegangan untuk memonitor tegangan pada baterai, sedangkan sensor arus digunakan untuk memastikan pompa pembuang bekerja saat kondisi *relay* terhubung. Komponen penyusun titik buang adalah:

- Arduino Nano 1 buah.
- XBee Pro S2C 1 buah.
- Modul *relay* 1 buah.
- Power bank 1 buah.
- Sensor arus 1 buah
- Sensor tegangan 1 buah
- Pompa air.

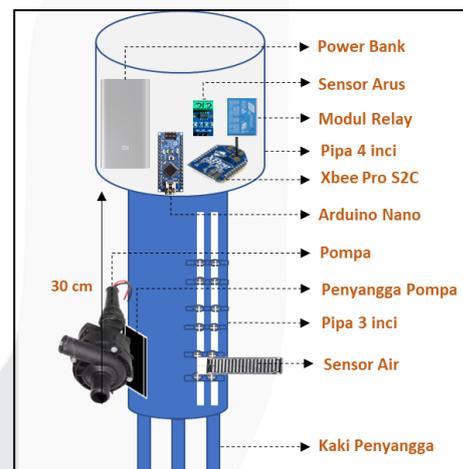
Gambar 3. 7 Menunjukkan desain dari titik buang.



Gambar 3. 7 Desain Alat Titik Buang

3.3.3.3 Desain Titik Isi

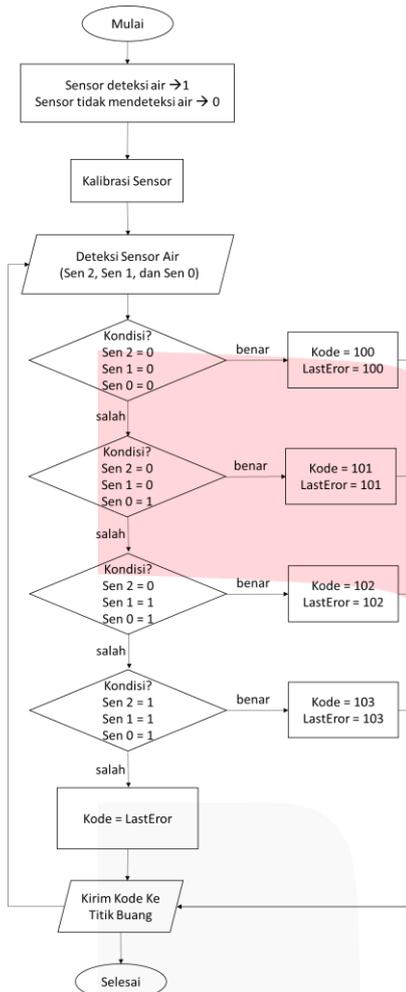
Titik isi merupakan bagian yang ditempatkan di titik sumber air, berfungsi mengontrol pompa pengisi berdasarkan data level air yang dikirim oleh titik buang. Pada titik isi terdapat satu buah sensor air yang berfungsi mendeteksi ketersediaan sumber air, dan satu buah sensor arus untuk memastikan pompa bekerja saat relay aktif kemudian mengirimkan informasi tersebut ke titik buang. Berikut adalah desain titik isi pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Desain Alat Titik Isi

3.3.3.4 Diagram Alir

Pada sistem ini setiap kondisi yang diperoleh dari sensor air, sensor arus dan sensor tegangan diubah menjadi bentuk kode, kemudian kode tersebut dikirim dari satu titik ke titik kerja lainnya dalam sistem. Kode tersebut diproses untuk menentukan keluaran yang sesuai dengan kode, berikut adalah kode yang dikirim dan diterima dari setiap titik. Pada titik *sensing* terdapat tiga sensor air, terdeteksinya air pada sensor tersebut menjadi masukan pada sistem kerja pompa berupa kode yang dikirim secara nirkabel ke titik buang. Diagram alir cara kerja titik *sensing* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



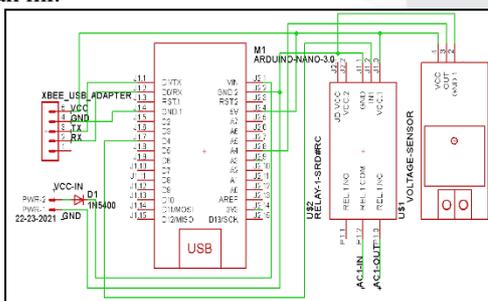
Gambar 3. 9 Diagram Alir Sensor Level Air

4. Implementasi dan Pengujian

Rangkaian skematik alat dibuat menggunakan software EAGLE, setiap komponen dihubungkan berdasarkan datasheet masing-masing komponen.

4.1 Rangkaian Skematik Titik Buang

Berikut adalah rangkaian skematik titik buang pada Gambar 4.1, pada rangkaian tersebut terdapat komponen utama yaitu Arduino nano, modul relay 1 channel, sensor arus, dan sensor tegangan. Rangkaian skematik ini dibuat dengan menghubungkan pin di setiap modul sensor ke pin Arduino baik digital maupun analog sesuai dengan fungsinya, selanjutnya dapat dibuat prototipe alat titik buang berdasarkan rangkaian skematik di bawah ini.

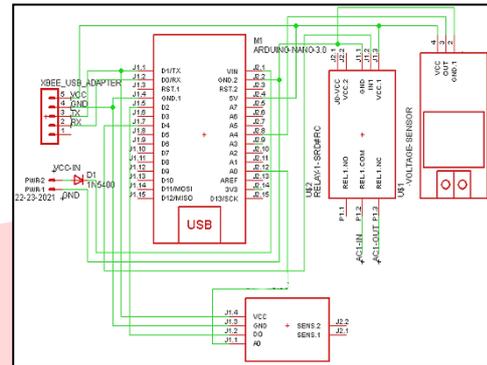


Gambar 4. 1 Rangkaian Skematik Titik Buang

4.2 Rangkaian Skematik Titik Isi

Gambar 4.2 adalah rangkaian skematik titik isi, komponen utama dari rangkaian ini adalah Arduino

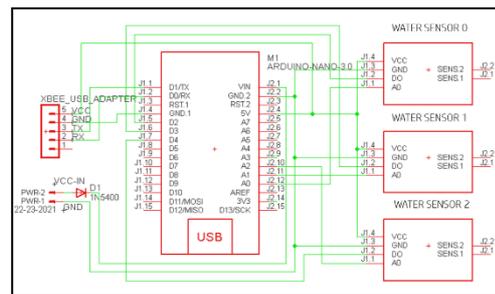
nano, modul relay 1 channel, sensor arus, dan sensor air. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan fungsi pin pada masing-masing datasheet, berikut adalah rangkaian skematik titik isi.



Gambar 4. 2 Rangkaian Skematik Titik Isi

4.3 Rangkaian Skematik Titik Sensing

Gambar 4.3 adalah rangkaian skematik titik sensing, komponen utama dari rangkaian ini adalah Arduino nano, sensor arus, dan sensor air. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan fungsi pin pada masing-masing datasheet, berikut adalah rangkaian skematik titik sensing.

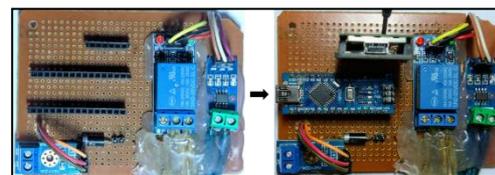


Gambar 4. 3 Rangkaian Skematik Titik Sensing Prototipe

Prototipe dari setiap titik dibuat berdasarkan pada desain masing-masing titik kerja pada sistem, pembuatan modul pada setiap titik berdasarkan pada rangkaian skematik alat yang dijelaskan pada sub bab 4.1.

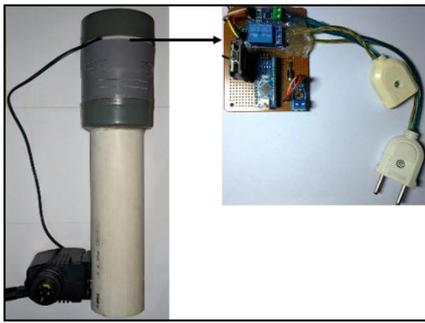
4.4 Prototipe Titik Buang

Pada modul titik buang jenis PCB yang digunakan adalah single side PCB. Arduino nano dan XBee Pro S2C dipasangkan menggunakan pin header yang disolder pada PCB, sedangkan sensor tegangan, sensor arus, dan modul relay direkatkan dengan lem pada PCB. Pada modul ini terdapat dioda untuk menahan arus balik dari sumber listrik. Berikut adalah prototipe alat yang dibuat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Prototipe Modul Titik Buang

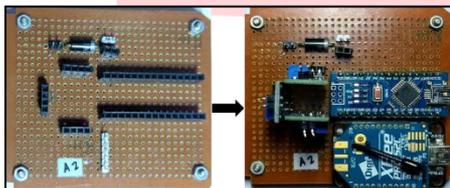
Prototipe alat titik buang dibuat menggunakan pipa berukuran 4 inci untuk wadah komponen dan pipa berukuran 3 inci untuk penyangga pompa.



Gambar 4. 5 Prototipe Alat Titik Buang

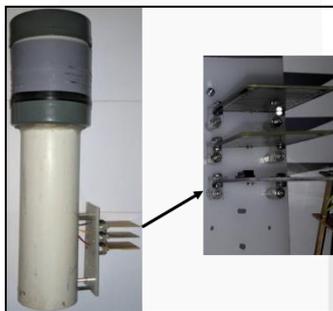
4.5 Prototipe Titik Sensing

Untuk membuat modul titik *sensing* digunakan *single side* PCB. Arduino nano, XBee Pro S2C, dan *flying fish* sensor air dipasangkan menggunakan pin *header* yang disolder pada PCB. Pada modul ini terdapat dioda untuk menahan arus balik dari sumber listrik.



Gambar 4. 6 Prototipe Modul Titik Sensing

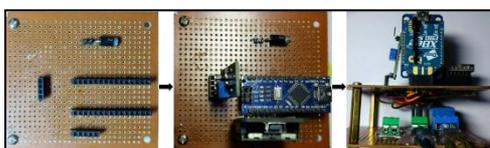
Gambar 4.7 merupakan prototipe alat titik sensing dibuat menggunakan pipa berukuran 4 inci dengan tinggi 20 cm untuk wadah komponen dan pipa berukuran 3 inci dengan tinggi 30 cm untuk penyangga pompa. Penempatan sensor air disesuaikan dengan desain alat pada Bab 3 yaitu secara berurutan pada ketinggian 1 cm, 3 cm dan 5 cm.



Gambar 4. 7 Prototipe Modul Titik Sensing

4.6 Prototipe Titik Isi

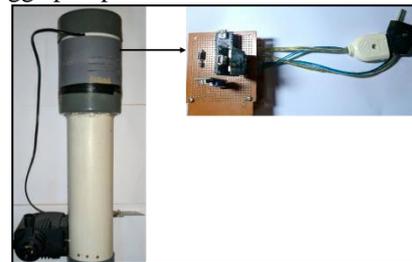
Pada modul titik isi, jenis PCB yang digunakan adalah *single side* PCB. Arduino nano *flying fish* sensor air, dan XBee Pro S2C dipasangkan menggunakan pin *header* yang disolder pada PCB, sedangkan sensor arus dan modul *relay* direkatkan dengan lem pada PCB. Pada modul ini terdapat dioda untuk menahan arus balik dari sumber listrik. Berikut adalah prototipe modul titik isi pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Prototipe Modul Titik Isi

Gambar 4.9 merupakan prototipe alat titik isi dibuat menggunakan pipa berukuran 4 inci untuk wadah

komponen dan pipa berukuran 3 inci untuk penyangga pompa.



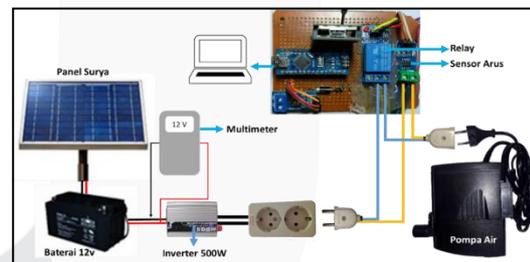
Gambar 4. 9 Prototipe Alat Titik Isi

4.7 Pengujian Daya Tahan Baterai

Tujuan pengujian baterai dilakukan untuk mengetahui daya tahan baterai 12 Volt sebanyak dua buah dengan spesifikasi arus baterai 100 Ah. Kedua baterai dihubungkan secara paralel ke inverter 500 W, dalam kondisi penuh tegangan baterai adalah 12.13 V. Sebelum melakukan pengujian baterai, kabel yang berasal dari solar panel diputus dari *charger controller* untuk menghentikan proses pengisian daya. Beban yang digunakan pada pengujian adalah pompa air.

4.8 Skenario Pengujian Daya Tahan Baterai

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur arus listrik pada pompa air dengan menghubungkan secara seri kabel pompa ke sensor arus. Nilai arus yang ditampilkan pada serial monitor dicatat, kemudian lakukan pengukuran tegangan baterai dengan menggunakan multimeter. Gambar 4. 9 merupakan skema pengujian baterai.



Gambar 4. 9 Skema Pengujian Baterai 12 V

4.9 Hasil Pengujian Daya Tahan Baterai

Tabel 4.1 merupakan tabel hasil pengukuran tegangan baterai. Ketika pengujian dilakukan, tegangan awal baterai adalah 11.53 V. Pengukuran baterai yang dikenakan beban pompa dan laptop selama 144 menit tegangan berkurang dari 11.53 V ke 10.62 V.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Baterai

Waktu Pengukuran	Menit ke	Tegangan (V)	Arus (mA)	Foto Pengukuran	
				Tegangan	Arus(mA)
12.17 PM	0	11.53	41.84		
13.38 PM	81	11.16	41.84		
13.54 PM	97	10.95	41.84		
14.41 PM	144	10.62	41.84		

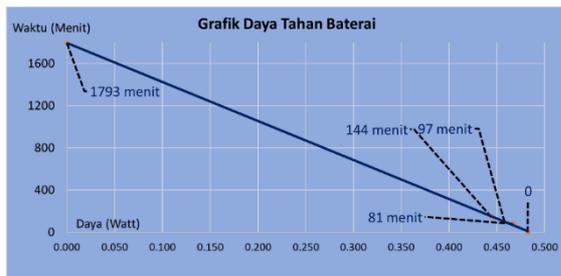
4.10 Analisa Pengujian Daya Tahan Baterai

Berdasarkan hasil pengujian baterai yang dilakukan selama 144 menit, tegangan baterai berkurang seiring berjalannya waktu dengan beban yang diberikan yaitu pompa dan pengisi daya laptop. Dari hasil pengujian tersebut maka dapat dibuat tabel ekstrapolasi untuk mengetahui waktu daya tahan baterai dari 11.53 V sampai baterai tidak dapat menyalakan beban yaitu pada tegangan 5.13 V pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Ekstrapolasi Daya Tahan Baterai

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Persentase Baterai (%)	Daya Tahan
11.53	0.0418	0.482	86	0 jam 00 menit
11.16	0.0418	0.467	81	1 jam 21 menit
10.95	0.0418	0.458	78	1 jam 37 menit
10.62	0.0418	0.444	74	2 jam 24 menit
5.13	0	0	0	5 jam 52 menit

Berikut adalah grafik daya tahan baterai pada Gambar 4. 10 dengan beban satu pompa air 38 Watt baterai mampu mengaktifkannya selama 5 jam 52 menit.



Gambar 4. 10 Grafik Daya Tahan Baterai

4.11 Pengujian Sistem Automasi Irigasi

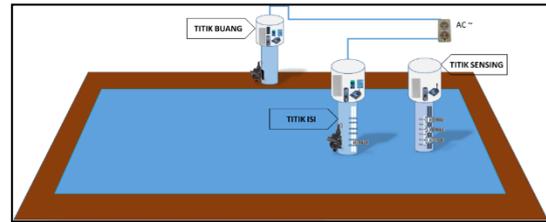
Tujuan utama pengujian sistem automasi irigasi tanpa titik *monitoring* adalah untuk memastikan informasi level air dari titik sensing dapat diterima oleh titik buang dan titik isi agar dapat mengendalikan pompa. Dengan dilakukannya pengujian dapat diketahui seberapa besar kesalahan yang ditemukan pada sistem sehingga dapat diminimalisir dengan perbaikan dalam perangkat keras atau perangkat lunak. Pengujian sistem automasi irigasi dilakukan di kolam berukuran 9 x 8 meter dengan ketinggian air 10-15 cm. Gambar 4. 36 merupakan kolam yang dijadikan tempat pengujian.



Gambar 4. 11 Lokasi Pengujian Sistem Automasi Irigasi

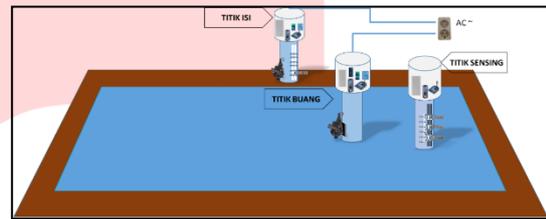
Pada pengujian ini, satu dari tiga *power bank* yang tersedia berukuran besar sehingga penutup modul tidak dapat menutup dan tidak memungkinkan untuk ketiga

alat diletakan di kolam. Maka pengujian dilakukan bergantian antara titik buang dan titik isi untuk bisa ditempatkan di kolam. Skema pengujian titik isi berada di kolam dapat dilihat pada Gambar 4. 12.



Gambar 4. 12 Skema Pengujian Titik Isi di Kolam

Skema pengujian saat titik buang berada di kolam dapat dilihat pada Gambar 4. 13.



Gambar 4. 13 Skema Pengujian Titik Isi di Kolam

4.12 Hasil Pengujian Sistem Automasi Irigasi

Saat pengujian dilakukan, kendali pompa di titik isi dan titik buang bekerja sesuai dengan level air yang terdeteksi di titik *sensing* dengan *delay* berbeda antara titik isi dan titik buang. Ketika ketiga sensor air di titik *sensing* tidak terendam air atau hanya sensor C yang terendam air maka titik isi mengaktifkan pompa air hingga mencapai sensor B kemudian pompa isi berhenti mengalirkan air. Ketika semua sensor terendam air maka pompa buang menyala hingga sensor A tidak terendam air. Berikut adalah hasil pengujian pada Tabel 4. 3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sistem Automasi Irigasi

Kondisi Titik Sensing	Titik Buang	Titik Isi	Keterangan
Sensor A, B, dan C tidak mendeteksi air	Selang pembuang tidak mengalirkan air, pompa pembuang off	Selang pengisi mengalirkan air, pompa pengisi on	Sensor A, B, dan C atau sensor A dan B tidak terendam air, Pompa buang mati, Pompa isi menyala. (ketinggian <= 1 cm)
Sensor B dan C terendam air	Selang pembuang tidak mengalirkan air, pompa pembuang off	Selang pengisi tidak mengalirkan air, pompa pengisi on	Sensor B dan C terendam, pompa pembuang dan pengisi mati. (3 cm < ketinggian < 5 cm)
Semua sensor terendam air	Air mengalir dari selang pembuang, pompa pembuang on	Air tidak mengalir pada selang pengisi, pompa pengisi off	Sensor A, B, dan C terendam, pompa pembuang menyala, pompa isi mati. (ketinggian < 5 cm)

4.13 Analisa Hasil Pengujian Sistem Automasi Irigasi

Berdasarkan hasil pengujian terdapat *delay* antara masukan yang berasal dari titik *sensing* dan keluaran dari titik isi dan titik buang. Pada percobaan komunikasi 1 arah antara XBee koordinator dengan *router* diperoleh *delay* penerimaan. *Delay* tersebut hanya terjadi saat XBee koordinator berperan sebagai pengirim dan *router* sebagai penerima, berdasarkan pengujian komunikasi satu arah antara koordinator (TX) dan *router* (RX) *delay* yang diperoleh adalah sekitar 4-5 detik. Sebaliknya jika koordinator berperan sebagai penerima (RX) dan *router* menjadi pengirim (TX) *delay* yang diperoleh kurang dari satu detik dan *delay* tersebut dapat diatur pada program yang dibuat.

Berikut adalah *delay* penerimaan data yang terjadi pada titik buang dan titik isi pada tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Delay Penerimaan Data Dari Titik Sensing ke Titik Buang dan Titik Isi

Kode Level Air di Titik Sensing	Delay Penerimaan Titik Buang	Delay Penerimaan Titik Isi
100 & 101	1-2 detik	3 detik
102	1-2 detik	5 detik
103	1-2 detik	4 detik

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada sistem automasi irigasi baik secara terintegrasi dengan sistem monitoring atau tidak, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Sistem irigasi yang berhasil diterapkan secara otomatis memiliki karakteristik seperti berikut.
 - Mempertahankan air irigasi pada ketinggian 2 – 5 cm.
 - Mendeteksi level air irigasi dan mengirimkan informasi tersebut ke sistem *monitoring*.
 - Mendeteksi persentase tegangan baterai yang digunakan sebagai sumber daya listrik untuk pompa dan memberikan informasi tersebut dalam bentuk kode ke sistem *monitoring*.
 - Mendeteksi pompa dalam keadaan mati ketika *relay* aktif dan mengirimkan informasi tersebut dalam bentuk kode ke sistem *monitoring*.
- Komunikasi nirkabel berbasis radio frekuensi yang berhasil diterapkan pada sistem automasi irigasi memiliki karakteristik seperti berikut.
 - Menggunakan 3 modul XBee Pro S2C pada sistem automasi irigasi dan 1 modul di sistem *monitoring*.
 - Sistem automasi irigasi dapat berkomunikasi dengan sistem *monitoring* dengan mengirimkan kode informasi secara nirkabel dengan *delay* penerimaan data di titik *monitoring* sekitar 5-10 detik.
 - Titik kerja dengan konfigurasi koordinator adalah titik buang, sedangkan titik kerja pada sistem dengan konfigurasi sebagai router adalah titik *sensing*, titik isi, dan titik *monitoring*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian sistem automasi irigasi ini disarankan untuk mendalami penggunaan berbagai protokol komunikasi XBee untuk meminimalisir *delay*. Penggunaan sensor air, sensor

arus, dan sensor tegangan dengan kualitas yang lebih baik agar pembacaan nilai analog dari objek yang deteksi lebih stabil dan akurat. Untuk mengatasi sinyal interferensi yang berasal dari XBee pada rangkaian modul prototipe yang menyebabkan nilai pembacaan sensor tidak stabil maka disarankan untuk menggunakan rangkaian *instrumentation-amplifiers* untuk memperkuat pembacaan tegangan input pada mikrokontroler dan menolak sinyal interferensi[14].

Daftar Pustaka

- Wiranto, "SISTEM KONTROL IRIGASI OTOMATIS NIRKABEL WIRELESS," vol. 9, no. 2, pp. 108–114, 2014.
- G. A. Mutiara, G. I. Hapsari, and D. J. Kusumo, "Prototype of control and automation of irrigation system for the paddy fields," *Adv. Sci. Lett.*, 2017.
- M. I. Sani and S. Siregar, "Web-Based Monitoring and Control System for Aeroponics Growing Chamber," pp. 162–168, 2016.
- S. Siregar and M. I. Sani, "Queue system based-on wireless sensor network for Puskesmas Baleendah, Bandung," *Adv. Sci. Lett.*, 2017.
- J. Uddin, S. M. T. Reza, Q. Newaz, J. Uddin, T. Islam, and J.-M. Kim, "Automated irrigation system using solar power," in *2012 7th International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2012.
- G. A. Mutiara, G. I. Hapsari, and Periyadi, "Performance comparison of communication module againts detection location for blind cane," in *Proceeding of 2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications, TSSA 2017*, 2018.
- A. Hadi, K. Inubushi, and K. Yagi, "Effect of water management on greenhouse gas emissions and microbial properties of paddy soils in japan and Indonesia," *Paddy Water Environ.*, 2010.
- Arduino LLC, "Arduino Nano," vol. 9210, no. 662, p. 1, 2015.
- Badan Bahasa, "Hasil Pencarian - KBBI Daring," 2018. [Online]. Available: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/pompa>. [Accessed: 03-Jul-2018].
- Badan Bahasa, "Hasil Pencarian - KBBI Daring," 2018. [Online]. Available: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sensor>. [Accessed: 03-Jul-2018].
- D. R. Tobergte and S. Curtis, "Rain Sensor Module," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- Allegro, "ACS712," *Allegro Microsystems*, pp. 1–16, 2017.
- "OSEPP VOLTAGE SENSOR (Arduino Compatible)," p. 2015, 2015.
- H. Sino, "Electromagnetic Interference (EMI) Filtering Reduces Errors in Precision Analog Applications," pp. 1–3, 2011.