

Pengembangan Perangkat Perekam Kecepatan Aliran dan Tinggi Muka Air pada Saluran Irigasi Berbasis Internet of Things

Muhtadin, Kadek Sierly Saraswati

Dept. Teknik Komputer Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia

Email: muhtadin@ee.its.ac.id, sierlyvvvv@gmail.com

Abstrak

Irigasi merupakan suatu upaya yang dilakukan oleh manusia untuk mengairi sektor pertanian. Dalam sistem irigasi, terdapat beberapa hal yang harus dilakukan, salah satunya adalah pengumpulan data yang meliputi data debit, data curah hujan, data luas tanam, serta data lainnya yang berguna untuk ketersediaan air tahunan, distribusi, dan pengairan. Namun, akibat luasnya lahan pertanian dan kondisi cuaca ekstrem yang terkadang terjadi, pencatatan data tidak dapat dilakukan sehingga data yang akurat tidak dapat diperoleh. Oleh karena itu, Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah perangkat yang berfungsi untuk merekam tinggi muka air, kedalaman, dan kecepatan aliran air pada saluran irigasi berbasis Internet of Things dengan menggunakan teknologi LoRa (*Long Range*) sehingga memungkinkan dilakukannya pencatatan jarak jauh terhadap data tinggi muka air dan kecepatan aliran pada saluran irigasi. Setelah dilakukan pengujian, kombinasi variabel terbaik untuk transmisi data antara perangkat endpoint dan perangkat gateway adalah 13 (txpower), 8 (spreading factor), dan 31.200 (bandwidth) serta interval pengiriman data ke basis data sebesar 1.576 menit. Dengan adanya perangkat ini, petugas irigasi akan lebih mudah dalam mengukur tinggi muka air, kedalaman air, dan kecepatan aliran pada saluran irigasi.

Keyword: Internet of Things, LoRa, Saluran Irigasi, Antarmuka Web

Diterima Redaksi: 05-06-2024 Selesai Revisi: 10-07-2024 Diterbitkan Online: 15-07-2024
DOI: <https://doi.org/10.59378/jcenim.v2i2.54>

I. PENDAHULUAN

Irigasi didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah dengan tujuan untuk menyediakan cairan yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Namun, pengertian irigasi secara umum adalah penggunaan air pada tanah dalam jumlah tertentu. Menurut Hansen dkk. (1992) menyatakan bahwa terdapat delapan kegunaan irigasi, yaitu menambahkan air ke dalam tanah untuk menyediakan kelembapan tanah yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, memberikan jaminan panen selama musim kering yang singkat, mendinginkan tanah dan atmosfer sehingga menciptakan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan tanaman, mengurangi bahaya pembekuan, mencuci atau mengurangi kadar garam di dalam tanah, mengurangi bahaya erosi tanah, melunakkan pembajakan dan gumpalan tanah, serta memperlambat pembekuan tunas dengan pendinginan akibat pengupaan.

Berdasarkan pengelolaan saluran irigasi, dapat dibedakan antara jaringan irigasi utama yang meliputi saluran primer dan sekunder serta jaringan irigasi tersier yang meliputi saluran tersier dan kuartier. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 32 tentang Operasi Jaringan Irigasi, disebutkan bahwa operasi jaringan irigasi meliputi pengumpulan data yang mencakup data debit, data curah hujan, data luas tanam, dan data lainnya. Hal ini dilakukan untuk menyusun rencana ketersediaan air tahunan, distribusi dan pemberian air tahunan, rencana tanam tahunan, rencana drainase, dan lain sebagainya. Saluran yang sering dilakukan pengukuran adalah saluran irigasi tersier. Rencana ketersediaan air tahunan sendiri disusun oleh instansi teknis di tingkat kabupaten/provinsi sesuai dengan kewenangannya berdasarkan ketersediaan air (debit andalan) serta mempertimbangkan usulan rencana tanam dan rencana kebutuhan air tahunan serta kondisi hidroklimatologi. Oleh karena itu, pengukuran debit air pada saluran irigasi harus dilakukan secara akurat agar dapat diperoleh data yang sesuai dengan kebutuhan ketersediaan air tahunan.

Namun dalam pelaksanaannya, terkadang tidak semua kondisi memungkinkan untuk dilakukan pengamatan dan pencatatan secara langsung oleh petugas. Kondisi yang ada seperti kondisi lingkungan yang ekstrem atau lahan yang sangat luas dan sulit dijangkau sering kali menyebabkan pengamatan langsung terhadap tinggi muka air irigasi tidak dapat dilakukan. Kendala pengukuran pada lokasi yang sulit dijangkau tersebut dapat diatasi dengan menggunakan teknologi LoRa dengan protokol LPWAN. *Low-Power Wide Area Networks* (LPWAN) merupakan teknologi berbasis Internet of Things yang memiliki kebutuhan daya rendah dan mampu menjangkau jarak hingga 2–5 km (di dalam kota) atau hingga 15 km (di luar kota) dengan laju data sebesar 0,3–50 kbps. Oleh karena itu, teknologi ini sangat sesuai untuk diterapkan dalam pencatatan tinggi muka air dan kecepatan aliran pada saluran irigasi yang memiliki kendala pemantauan jarak jauh dan kondisi cuaca ekstrem.

II. PERALATAN PENDUKUNG

Dalam tugas akhir ini penulis mengembangkan sebuah perangkat yang mampu mengukur tinggi muka air, kecepatan aliran air, dan kedalaman air pada saluran irigasi berbasis Internet of Things. Dalam implementasinya terdapat beberapa perangkat pendukung baik perangkat keras maupun perangkat lunak, yaitu LoRa (*Long Range*), sensor ultrasonik, sensor sonar, sensor aliran air, dan modul GSM.

A. Long Range (LoRa)

Di antara teknologi daya rendah dan jarak jauh yang diperkenalkan baru-baru ini, produsen semikonduktor Semtech telah memperkenalkan pemanfaatan luas teknologi *spread spectrum* tingkat lanjut melalui lini produk Long-Range LoRaTM. Dibandingkan dengan teknik modulasi konvensional, teknik modulasi *spread spectrum* yang diterapkan pada LoRa menjamin peningkatan *link budget* serta ketahanan yang lebih baik terhadap interferensi jaringan. LoRa memanfaatkan pita frekuensi yang lebih lebar, biasanya sebesar 125 kHz atau lebih, untuk menyiarkan sinyal. LoRa memungkinkan penggunaan lebar pita (*bandwidth*) yang dapat diskalakan sebesar 125 kHz, 250 kHz, atau 500 kHz. Penggunaan pita frekuensi yang lebih lebar menjadikan LoRa tahan terhadap gangguan kanal, pergeseran frekuensi relatif jangka panjang, efek Doppler, dan *fading*.

B. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara dan biasanya digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek di depannya dengan frekuensi kerja pada wilayah gelombang suara di atas 20 kHz hingga 2 MHz. Prinsip kerja sensor ini adalah pemancar mengirimkan gelombang ultrasonik kemudian waktu yang dibutuhkan hingga pantulan dari objek diterima diukur. Lama waktu tersebut sebanding dengan dua kali jarak antara sensor dan objek, sehingga jarak sensor terhadap objek dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$s = \frac{v \times t}{2} \quad (1)$$

Di mana s (meter) adalah jarak, v (344 m/detik) adalah kecepatan suara, dan t (detik) adalah waktu tempuh.

C. Sensor Sonar

Sensor sonar yang digunakan adalah XL-MaxSonar WR1 (MB7060). Pada dasarnya sensor ini merupakan sensor jarak berbasis ultrasonik yang bekerja berdasarkan prinsip kerja seperti radar atau sonar dengan memanfaatkan gema atau pantulan suara, yaitu suara berfrekuensi tinggi atau ultrasonik. Sistem pada sensor ini menggunakan sebuah transduser yang mengubah energi listrik menjadi suara saat pemancaran dan mengubah energi suara menjadi listrik saat menerima pantulan suara. Keluaran dari sensor ini dapat berupa lebar pulsa, tegangan analog, dan data serial UART TTL.

D. Sensor Aliran Air

Sensor ini secara umum didefinisikan sebagai jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanik, magnetik, panas, cahaya, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor aliran air terdiri dari dua badan katup polimer, rotor air, dan sensor efek Hall. Prinsip kerja sensor ini adalah ketika fluida masuk dan mengalir melalui sensor, maka baling-baling pada sensor akan berputar. Putaran

baling-baling tersebut akan menghasilkan medan magnet pada kumparan yang terdapat di dalam sensor aliran air. Medan magnet ini kemudian diubah oleh sensor efek Hall menjadi pulsa. Perlu diperhatikan bahwa putaran baling-baling sangat dipengaruhi oleh viskositas fluida yang mengalir.

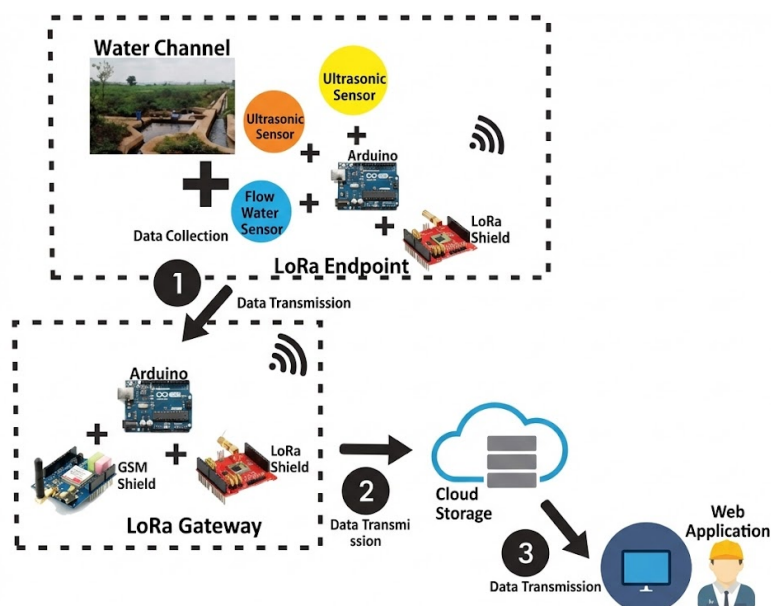
E. Modul GSM

SIM900 merupakan modul nirkabel berukuran sangat ringkas dan termasuk dalam jenis *Surface Mount Technology* (SMT) yang dirancang dengan prosesor inti tunggal berdaya tinggi serta mengintegrasikan inti AMR926EJ-S. Modul ini diproduksi oleh SIMCom Wireless Solutions Ltd dan bekerja pada frekuensi 850/900/1800/1900 MHz untuk layanan suara, SMS, dan paket data. Selain itu, modul ini memiliki konsumsi daya yang rendah dengan konsumsi terendah mencapai 1,0 mA pada mode tidur. Modul ini dioptimalkan untuk layanan suara serta bentuk transfer data lainnya termasuk teks dan gambar.

III. DESAIN SISTEM

A. Desain Sistem

Pada tugas akhir ini dikembangkan sebuah perangkat yang dapat merekam tinggi muka air pada saluran irigasi, kedalaman air pada saluran irigasi, serta kecepatan aliran air pada saluran irigasi yang kemudian divisualisasikan pada antarmuka web. Perangkat ini terdiri dari perangkat endpoint dan perangkat gateway. Fungsi perangkat endpoint adalah untuk mengambil data tinggi muka air, kedalaman air, dan kecepatan aliran air pada saluran irigasi. Perangkat ini terdiri dari beberapa sensor, yaitu sensor pendeteksi jarak berupa sensor ultrasonik untuk mendapatkan data tinggi muka air, sensor pendeteksi jarak yang dapat menembus air berupa sensor sonar untuk memperoleh data kedalaman air, serta sensor aliran air untuk mendapatkan data kecepatan aliran air pada saluran irigasi. Selanjutnya, data yang diperoleh dari pembacaan sensor akan dikirimkan ke perangkat gateway menggunakan komunikasi nirkabel LoRa. Sementara itu, perangkat gateway merupakan perangkat yang berfungsi untuk menerima dan menampung data yang dikirimkan oleh perangkat endpoint sebelum data tersebut dikirimkan ke basis data. Data yang diterima oleh perangkat gateway kemudian dikirimkan ke basis data untuk divisualisasikan ke dalam antarmuka web sehingga memungkinkan petugas terkait untuk memantau kondisi saluran air irigasi.

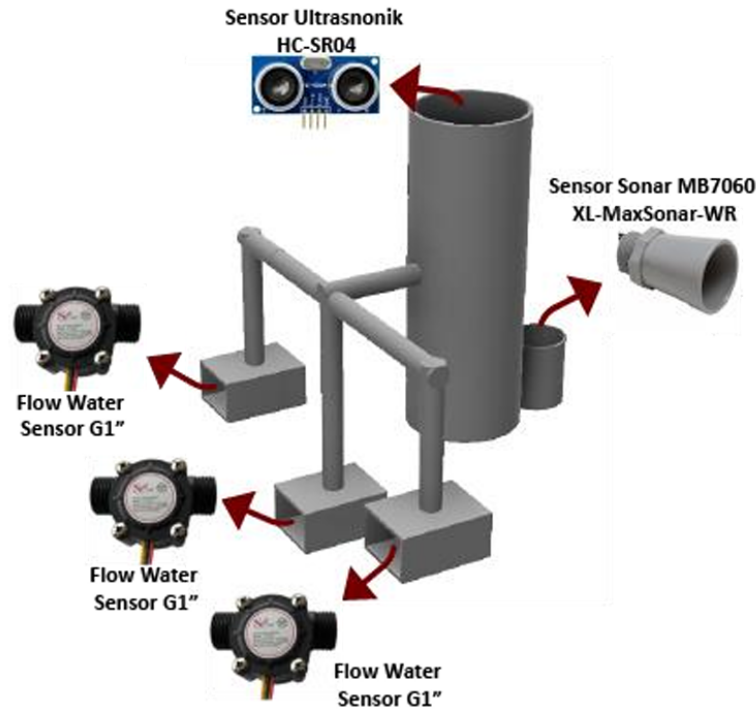


Gambar 1: Desain Sistem

B. Perangkat Endpoint

Pemrosesan data pada perangkat endpoint dilakukan untuk mendapatkan data dari setiap sensor yang akan dikirimkan ke perangkat gateway. Tiga sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik untuk

mengukur tinggi muka air, sensor sonar untuk mengukur kedalaman air, dan sensor aliran air untuk mengukur kecepatan aliran air. Ketiga sensor tersebut ditempatkan pada rangka bantu yang akan dipasang di saluran irigasi. Rangka tersebut dirancang seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2: Template Penempatan Sensor

Selanjutnya, transmisi data dari perangkat endpoint ke perangkat gateway menggunakan komunikasi radio LoRa dengan frekuensi 915 Hz. Format pengiriman data sensor ke perangkat gateway dapat dilihat pada Tabel ???. Pada array nomor 0 merupakan tempat penyimpanan data tinggi muka air, array nomor 1 merupakan tempat penyimpanan data kecepatan aliran air (tengah), array nomor 2 merupakan tempat penyimpanan data kecepatan aliran air (kanan), array nomor 3 merupakan tempat penyimpanan data kecepatan aliran air (kiri), array nomor 4 merupakan tempat penyimpanan data kedalaman air, dan array nomor 5 merupakan tempat penyimpanan ID perangkat endpoint.

Tabel 1: FORMAT PENGIRIMAN DATA

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------|----|
| Tinggi Muka Air | Kecepatan Air (Tengah) | Kecepatan Air (Kanan) | Kecepatan Air (Kiri) | Kedalaman Air | ID |

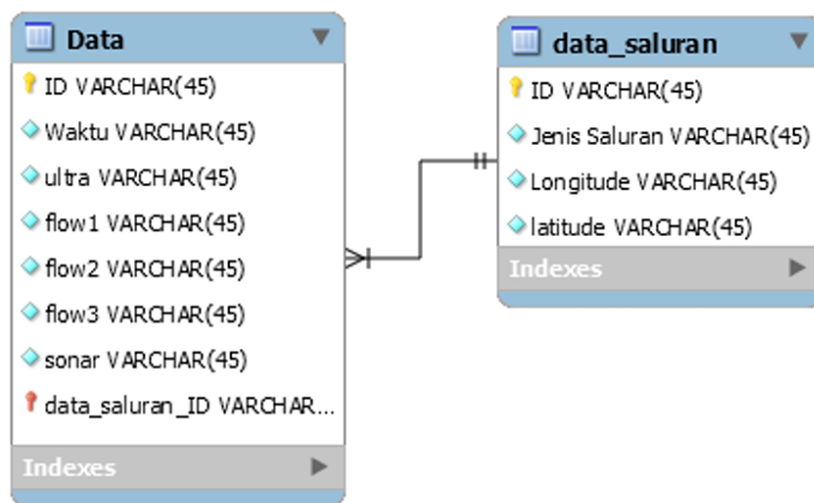
C. Perangkat Gateway

Seluruh proses pemrograman pada perangkat gateway menggunakan pustaka Arduino dan bahasa pemrograman C. Data yang dikirimkan oleh perangkat endpoint kemudian diuraikan dari paket data keseluruhan yang diterima oleh perangkat gateway. Setelah data diuraikan, masing-masing data dimasukkan ke dalam variabel untuk kemudian dikirimkan ke server basis data. Seperti yang telah dijelaskan, paket data yang diterima oleh perangkat gateway berisi data ID, tinggi muka air, kecepatan aliran air (tengah), kecepatan aliran air (kanan), kecepatan aliran air (kiri), dan kedalaman air. Sebelum dikirimkan ke server basis data, data-data tersebut diproses dan diterjemahkan ke dalam variabel bertipe string agar dapat dikirimkan ke server basis data. Pengiriman data dari perangkat gateway ke server dilakukan menggunakan metode GET, di mana metode GET mengirimkan pesan permintaan untuk mengirimkan

data ke URL tertentu. URL tujuan merupakan alamat skrip PHP yang tersimpan pada server untuk diakses.

D. Server Basis Data

Server basis data yang digunakan pada tugas akhir ini berbasis komputasi awan dengan alamat URL: computer-its.com. Pada server basis data tersebut dibuat sebuah basis data dengan dua tabel, yaitu tabel data untuk penyimpanan data sensor dan tabel data_saluran yang berfungsi untuk menyimpan data yang dimasukkan oleh petugas melalui antarmuka web. Desain basis data yang digunakan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3: Server Basis Data

Tabel Data memiliki susunan struktur kolom yang meliputi ID (primary key) sebagai tempat penyimpanan nomor identitas dari setiap perangkat endpoint dengan tipe data varchar, time yang menunjukkan waktu pencatatan data ke dalam basis data dengan tipe data varchar, ultra sebagai tempat penyimpanan data tinggi muka air irigasi dengan tipe data varchar, flow1 sebagai tempat penyimpanan data kecepatan aliran air pada saluran irigasi yang berada pada posisi tengah rangka dengan tipe data varchar, flow2 sebagai tempat penyimpanan data kecepatan aliran air pada saluran irigasi yang berada pada posisi kanan rangka dengan tipe data varchar, flow3 sebagai tempat penyimpanan data kecepatan aliran air pada saluran irigasi yang berada pada posisi kiri perangkat dengan tipe data varchar, dan kolom terakhir yaitu sonar sebagai tempat penyimpanan data kedalaman air pada saluran irigasi dengan tipe data varchar.

Tabel kedua yaitu data_saluran memiliki empat kolom dengan urutan struktur kolom, yaitu ID (primary key) sebagai tempat penyimpanan nomor identitas dari setiap perangkat endpoint dengan tipe data varchar, channel type sebagai tempat penyimpanan jenis saluran yang dipasangkan dengan perangkat endpoint dengan tipe data varchar, longitude sebagai tempat penyimpanan data detail garis bujur lokasi penempatan perangkat endpoint dengan tipe data varchar, serta latitude sebagai tempat penyimpanan data detail garis lintang lokasi penempatan perangkat endpoint dengan tipe data varchar.

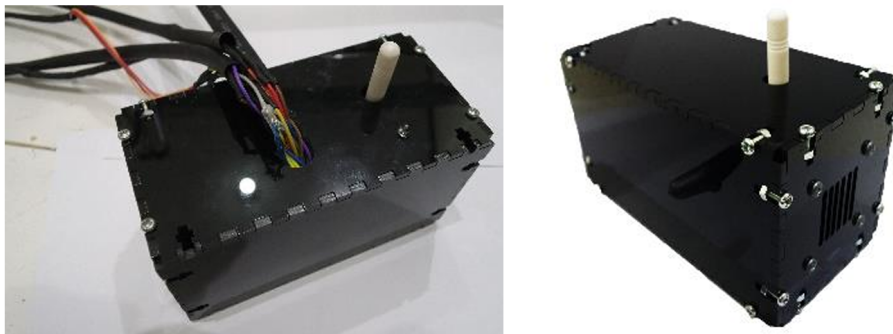
E. Visualisasi Data

Antarmuka web berfungsi sebagai media visualisasi data bagi petugas atau pihak berwenang dalam mengelola saluran irigasi. Langkah pertama dalam pembuatan antarmuka web adalah membuat tata letak menggunakan bahasa HTML, fungsi JavaScript untuk menampilkan Google Maps API, serta mengimplementasikan program *Hyper Text Preprocessor* sebagai *back end*. Pada antarmuka web terdapat dua menu, yaitu menu dashboard dan menu input perangkat. Menu dashboard berfungsi sebagai menu untuk melihat data saluran irigasi yang dimasukkan oleh petugas pada menu input perangkat yang kemudian disimpan ke dalam basis data. Data yang ditampilkan meliputi data ID perangkat endpoint, jenis saluran tempat perangkat endpoint dipasang, serta posisi bujur (longitude) dan posisi lintang (latitude) dari lokasi penempatan perangkat endpoint.

Selain itu, ditampilkan pula visualisasi penempatan perangkat endpoint menggunakan Google Maps API. Peta ini bertujuan untuk memudahkan petugas dalam melihat lokasi penempatan perangkat endpoint. Setiap perangkat endpoint pada peta divisualisasikan dalam bentuk penanda (*marker*) yang dilengkapi dengan informasi ID dari masing-masing perangkat endpoint. Pada menu dashboard terdapat sebuah tombol pada setiap ID perangkat endpoint. Tombol tersebut berfungsi untuk menuju ke halaman deskripsi mengenai kondisi masing-masing perangkat endpoint yang ditampilkan berdasarkan ID. Pada halaman ini divisualisasikan data yang tersimpan di dalam basis data yang sebelumnya dikirimkan oleh masing-masing perangkat endpoint, yaitu data tinggi muka air, kecepatan aliran air, dan kedalaman air. Setiap data tersebut divisualisasikan dengan menampilkan data terakhir yang tercatat serta menampilkan data yang tercatat pada bulan terakhir. Selain itu, terdapat pula fungsi yang digunakan untuk memberikan peringatan apabila data tinggi muka air, kedalaman air, dan kecepatan aliran air melebihi atau kurang dari batas yang telah ditentukan.

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem ini terdiri dari perangkat endpoint, perangkat gateway, basis data, dan antarmuka web. Gambar di bawah ini merupakan bentuk dari perangkat endpoint dan juga perangkat gateway:



Gambar 4: Kotak Perangkat Endpoint (kiri) dan Kotak Perangkat Gateway (kanan)



Gambar 5: Penempatan Perangkat Endpoint pada Saluran Irigasi

Pengujian dilakukan terhadap proses pada perangkat endpoint, proses pada perangkat gateway, serta visualisasi data.

A. Pengujian Perangkat Endpoint

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat dapat mengambil data pengukuran dan mampu mengirimkan data ke perangkat gateway. Pengujian pengambilan data dilakukan dengan menempatkan perangkat endpoint pada saluran irigasi. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2: DATA YANG DIAMBIL OLEH PERANGKAT ENDPOINT

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-----|
| Tinggi Muka Air | Kecepatan Air (Tengah) | Kecepatan Air (Kanan) | Kecepatan Air (Kiri) | Ke-dalam-an Air | ID |
| 20,509 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 14,6 | 111 |
| 20,509 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 14,9 | 111 |
| 20,921 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 14,8 | 111 |
| 20,629 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 14,6 | 111 |
| 20,509 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 14,5 | 111 |

Selanjutnya dilakukan pengujian komunikasi antara endpoint LoRa dan gateway LoRa dengan analisis beberapa variabel untuk mendapatkan proses transmisi data yang baik. Variabel yang diamati adalah bandwidth, spreading factor, dan tx power. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3: HASIL PENGUJIAN DENGAN INTERVAL WAKTU

| TX Power | Spreading Factor | Bandwidth | Delay Penerimaan | Delay Pengiriman Berikutnya |
|----------|------------------|-----------|------------------|-----------------------------|
| 23 | 8 | 31200 | 10,6 detik | 3,3 detik |
| | | 41700 | 10,2 detik | 2,8 detik |
| | | 62500 | 11,8 detik | 2,5 detik |
| | | 125000 | 9 detik | 2,4 detik |
| | | 250000 | 12 detik | 2,1 detik |
| | | 500000 | - | 2,1 detik |
| | 12 | 31200 | - | 16,5 detik |
| | | 41700 | - | 13 detik |
| | | 62500 | - | 9,3 detik |
| | | 125000 | - | 5,6 detik |
| | | 250000 | 11,5 detik | 3,8 detik |
| | | 500000 | 12,6 detik | 2,8 detik |
| 13 | 8 | 31200 | 10,6 detik | 3,3 detik |
| | | 41700 | 10,2 detik | 3 detik |
| | | 62500 | 11 detik | 2,6 detik |
| | | 125000 | 11,5 detik | 2,3 detik |
| | | 250000 | - | 2,1 detik |
| | | 500000 | - | 2 detik |
| | 12 | 31200 | - | 16,6 detik |
| | | 41700 | - | 12,8 detik |
| | | 62500 | - | 9,3 detik |
| | | 125000 | - | 5,7 detik |
| | | 250000 | - | 4 detik |
| | | 500000 | - | 3 detik |

Pada modul LoRa Dragino, interval tx power yang digunakan adalah dari 13 dB hingga 23 dB dan pada pengujian dipilih dua nilai tx power yaitu yang terendah (13) dan yang tertinggi (23). Spreading factor yang digunakan adalah 8 dan 12, sedangkan nilai bandwidth yang digunakan terdiri dari enam nilai yaitu 31.200, 41.700, 62.500, 125.000, 250.000, dan 500.000. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa kombinasi nilai variabel terbaik yang dapat digunakan untuk transmisi data antarperangkat adalah tx power (13), spreading factor (8), dan bandwidth (31.200).

B. Pengujian Perangkat Gateway

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah proses penerimaan data pada perangkat gateway dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian proses penerimaan data, penerimaan data multinode, serta pengiriman data ke server basis data. Data dari perangkat endpoint yang diterima oleh perangkat gateway ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4: DATA YANG DITERIMA OLEH PERANGKAT GATEWAY

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----|
| Tinggi Muka Air | Kecepatan Air (Tengah) | Kecepatan Air (Kanan) | Kecepatan Air (Kiri) | Ke-dalaman Air | ID |
| 20,491 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 14,5 | 111 |
| 20,457 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 14,7 | 111 |
| 20,44 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 14,7 | 111 |
| 20,509 | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 14,6 | 111 |
| 20,509 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 14,9 | 111 |

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui proses penerimaan data apabila terdapat tiga perangkat endpoint yang terhubung dalam satu perangkat gateway. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tiga perangkat endpoint dan satu perangkat gateway. Pengujian dilakukan selama 10 menit dan mengamati interval waktu penerimaan data dari perangkat endpoint oleh perangkat gateway serta pola pengiriman data yang terjadi. Sebanyak 30 data sampel dari hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa data dikirimkan ke perangkat gateway dengan interval waktu rata-rata 1 detik dan pola penerimaan data dari setiap ID tidak terjadi secara bersamaan. Oleh karena itu, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada transmisi data ke perangkat gateway yang bersifat multinode akan terjadi tumbukan (*collision*) antar data yang dikirimkan ke perangkat gateway, dan pada kajian ini tumbukan data tersebut dapat diabaikan.

Pengujian terakhir pada perangkat gateway adalah pengujian pengiriman data ke basis data dengan melihat interval waktu pengiriman data yang dilakukan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa rata-rata interval waktu pengiriman data dari perangkat gateway ke basis data adalah sebesar 1,576 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

C. Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran yang diberikan oleh sensor-sensor yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari sensor dengan alat ukur umum yang telah terstandarisasi. Tiga sensor yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan sensor tinggi muka air dengan mistar
2. Perbandingan sensor kedalaman air dengan mistar
3. Perbandingan sensor kecepatan aliran air dengan *current meter*

Tabel 5: SAMPEL DATA MULTINODE YANG DITERIMA

| No | Waktu | ID | No | Waktu | ID |
|----|----------|-----|----|----------|-----|
| 1 | 15,34, 8 | 111 | 16 | 15,34,23 | 111 |
| 2 | 15,34, 9 | 112 | 17 | 15,34,24 | 112 |
| 3 | 15,34,10 | 113 | 18 | 15,34,25 | 113 |
| 4 | 15,34,11 | 111 | 19 | 15,34,26 | 111 |
| 5 | 15,34,12 | 112 | 20 | 15,34,29 | 113 |
| 6 | 15,34,13 | 113 | 21 | 15,34,30 | 111 |
| 7 | 15,34,14 | 111 | 22 | 15,34,32 | 113 |
| 8 | 15,34,15 | 112 | 23 | 15,34,33 | 111 |
| 9 | 15,34,16 | 113 | 24 | 15,34,35 | 113 |
| 10 | 15,34,17 | 111 | 25 | 15,34,36 | 111 |
| 11 | 15,34,18 | 112 | 26 | 15,34,38 | 113 |
| 12 | 15,34,19 | 113 | 27 | 15,34,39 | 111 |
| 13 | 15,34,20 | 111 | 28 | 15,34,41 | 113 |
| 14 | 15,34,21 | 112 | 29 | 15,34,42 | 111 |
| 15 | 15,34,22 | 113 | 30 | 15,34,44 | 113 |

Tabel 6: DELAY PENGIRIMAN DATA KE SERVER BASIS DATA

| Waktu Penerimaan Basis Data | Waktu Pengiriman Data | Interval Waktu (menit) |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 20,48,36 | 20,46,39 | 1,57 |
| 20,47,37 | 20,45,39 | 1,58 |
| 20,47,07 | 20,45,10 | 1,57 |
| 20,46,38 | 20,44,40 | 1,58 |
| 20,46,08 | 20,44,11 | 1,57 |
| 20,45,39 | 20,43,41 | 1,58 |
| 20,45,09 | 20,43,11 | 1,58 |
| 20,44,39 | 20,42,42 | 1,57 |
| 20,44,10 | 20,42,12 | 1,58 |
| 20,43,40 | 20,41,42 | 1,58 |
| Rata-rata Interval | | 1,576 |

Dari hasil pengujian yang diperoleh, rata-rata galat pengukuran keseluruhan sensor tinggi muka air adalah sebesar 1,09%. Rata-rata galat pengukuran keseluruhan sensor kedalaman air adalah sebesar 1,12%. Sedangkan rata-rata galat keseluruhan sensor kecepatan aliran air adalah sebesar 4,84%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan sistem Internet of Things untuk merekam tinggi muka air dan kecepatan aliran air pada saluran irigasi.
2. Perangkat endpoint berhasil merekam dan mengirimkan data tinggi muka air, kedalaman air, dan kecepatan aliran air pada saluran irigasi ke perangkat gateway dengan menggunakan kombinasi tx power, spreading factor, dan bandwidth yaitu 13, 8, dan 31.200.
3. Perangkat gateway berhasil mengirimkan data dari perangkat endpoint ke server basis data dengan rata-rata interval pengiriman data sebesar 1,576 menit.

Tabel 7: HASIL PENGUJIAN SENSOR TINGGI MUKA AIR

| Penguji-an | Jarak Sebenarnya | Sensor Tinggi | Galat |
|------------|------------------|---------------|--------|
| 1 | 12,50 cm | 13,22 cm | 5,76 % |
| 2 | 14,00 cm | 14,29 cm | 2,07 % |
| 3 | 15,00 cm | 15,09 cm | 0,60 % |
| 4 | 16,60 cm | 16,68 cm | 0,48 % |
| 5 | 18,10 cm | 18,20 cm | 0,55 % |
| 6 | 19,70 cm | 19,66 cm | 0,20 % |
| 7 | 20,50 cm | 20,51 cm | 0,04 % |
| 8 | 22,20 cm | 22,42 cm | 0,31 % |
| 9 | 24,50 cm | 24,42 cm | 0,32 % |
| 10 | 25,40 cm | 25,55 cm | 0,59 % |

Tabel 8: HASIL PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN ALIRAN AIR

| Penguji-an | Lokasi | Current Meter | Sensor Kecepatan | Galat |
|------------|--------|---------------|------------------|---------|
| 1 | Tengah | 0,586 m/s | 0,552 m/s | 5,88 % |
| | Kanan | 0,617 m/s | 0,647 m/s | 4,82 % |
| | Kiri | 0,571 m/s | 0,592 m/s | 3,75 % |
| 2 | Tengah | 0,523 m/s | 0,509 m/s | 2,72 % |
| | Kanan | 0,527 m/s | 0,535 m/s | 1,58 % |
| | Kiri | 0,474 m/s | 0,523 m/s | 10,28 % |

Tabel 9: HASIL PENGUJIAN SENSOR KEDALAMAN AIR

| Penguji-an | Jarak Sebenarnya | Sensor Kedalaman | Galat |
|------------|------------------|------------------|--------|
| 1 | 24 cm | 24,40 cm | 1,67 % |
| 2 | 26 cm | 26,94 cm | 3,62 % |
| 3 | 29 cm | 29,48 cm | 1,65 % |
| 4 | 33 cm | 33,02 cm | 0,06 % |
| 5 | 37 cm | 37,10 cm | 0,27 % |
| 6 | 40 cm | 39,64 cm | 0,90 % |
| 7 | 42 cm | 42,18 cm | 0,43 % |
| 8 | 45 cm | 44,72 cm | 0,62 % |
| 9 | 48 cm | 47,26 cm | 1,54 % |
| 10 | 50 cm | 49,80 cm | 0,40 % |

4. Hasil akuisisi data sensor tinggi muka air, sensor kedalaman, dan sensor kecepatan aliran air dibandingkan dengan tinggi sebenarnya dan *current meter* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 98,91%, 98,88%, dan 95,16%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rizal, “Rancangbangun dan uji kinerja sistem kontrol irigasi tetes pada tanaman strawberry (*fragaria vesca* l.),” 2012.
- [2] D. R. Sinaga *et al.*, “Kajian saluran irigasi tersier di desa suka maju daerah irigasi sei krio kecamatan sunggal kabupaten deli serdang,” *J.Rekayasa Pangan dan Pert.*, vol. 3, no. 3, 2013.
- [3] M. of Public Works, “Penyelenggaraan operasi jaringan irigasi peraturan menteri pekerjaan umum no. 32/prt/m/2007,” 2007.
- [4] U. Noreen, “A study of lora low power and wide area network technology,” 2017.
- [5] B. Arasada, “Aplikasi sensor ultrasonik untuk deteksi posisi jarak pada ruang menggunakan arduino uno,” pp. 34–38, 2017.
- [6] Maxbotix Inc, *XL-MaxSonar-WR1 (MB7060) XL-MaxSonar-WRA1 (MB7070) Weather Resistant (IP67) Sonar Range Finder with High Power Output, Noise Rejection, Auto Calibration & Long-Range Narrow Detection Zone*, 2005.
- [7] A. Suharjono, L. N. Rahayu, and R. Afwah, “Aplikasi sensor flow water untuk mengukur penggunaan air pelanggan secara digital serta pengiriman data secara otomatis pada pdam kota semarang,” Maret 2015.
- [8] S. Luitel, “Design and implementation of a smart home system,” Master’s thesis, August 2013.