

Rancang Bangun Smart Irigasi Berbasis Internet of Things

Nawawi Juhan^{1*}, Akhyar Ibrahim², Hasyimi Abdullah³, Nasri⁴, Suherman⁵
^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, ^{3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

nawawijuhan@gmail.com

akhyar@pnl.ac.id

hasyimi32@gmail.com

nasri.te@pnl.ac.id

suhermanmsi@gmail.com

Abstrak— Konsep Smart Irigasi yang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) menjadi langkah maju dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam pertanian. Dengan memadukan data, konektivitas, dan kendali otomatis. Efisiensi penggunaan air menjadi salah satu tujuan utama smart irigasi. Pengembangan perangkat keras untuk smart irigasi yang dapat mengukur dan mengontrol tingkat air dengan akurat, termasuk sensor, aktuator, dan perangkat pengendali, serta teknologi konektivitas yang paling sesuai, seperti Wi-Fi, atau jaringan seluler, untuk menghubungkan smart irigasi ke sistem kontrol dan ke internet menjadi permasalahan tersendiri dalam penelitian ini. Hasil penelitian sistem smart irigasi berbasis IoT yang telah peneliti rancang dan kembangkan berhasil dalam memonitor dan mengendalikan transduser pintu air irigasi secara otomatis berdasarkan data sensor tingkat air, dan kondisi buka-tutup pintu. Internet of Things (IoT) dapat bekerja pada jaringan internet dengan bandwidth 170 Kbps. Waktu pengiriman data virtual dari ESP32 ke Blynk cloud membutuhkan waktu dari 2 ms sampai 270 ms. Waktu yang dibutuhkan untuk membuka tutup pintu irigasi adalah 2600 millisecons dengan tinggi pintu 200 mm dan tekanan pneumatic berkisar 100 psi.

Kata kunci— Irigasi, internet, ESP32, blyn, pneumatic

Abstract— The Smart Irrigation concept that uses Internet of Things (IoT) technology is a step forward in increasing efficiency and sustainability in agriculture. By combining data, connectivity and automated control. Water use efficiency is one of the main goals of smart irrigation. Development of hardware for smart irrigation that can accurately measure and control water levels, including sensors, actuators, and control devices, as well as the most appropriate connectivity technologies, such as Wi-Fi, or cellular networks, to connect smart irrigation to the control system and to The internet is a problem in itself in this research. The research results of the IoT-based smart irrigation system that researchers have designed and developed have been successful in automatically monitoring and controlling irrigation water gate transducers based on water level sensor data and door opening and closing conditions. Internet of Things (IoT) can work on internet networks with a bandwidth of 170 Kbps. The time to send virtual data from the ESP32 to the Blynk cloud takes from 2 ms to 270 ms. The time required to open and close the irrigation door is 2600 millisecons with a door height of 200 mm and a pneumatic pressure of around 100 psi.

Keywords— Irrigation, internet, ESP32, blyn, pneumatic

I. PENDAHULUAN

Rancang bangun Smart Irigasi berbasis Internet of Things (IoT) merupakan suatu sistem inovatif yang menggabungkan teknologi IoT dengan sistem irigasi tradisional untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas pertanian. Sistem ini mengumpulkan, menganalisis, dan mengelola data secara real-time untuk mengoptimalkan irigasi.

A. Latar Belakang

Pertanian memainkan peran krusial dalam menyediakan pasokan makanan global, namun tantangan seperti perubahan iklim, pembatasan sumber daya air, dan peningkatan permintaan pangan menimbulkan tekanan yang serius pada sektor ini. Penggunaan air yang tidak efisien dalam irigasi tradisional telah menjadi salah satu masalah utama dalam pertanian modern. Inilah tempat dimana konsep Smart Irigasi berbasis Internet of Things (IoT) muncul sebagai solusi inovatif.

Konsep Smart Irigasi yang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) menjadi langkah maju dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam pertanian. Dengan memadukan data, konektivitas, dan kendali otomatis, solusi ini dapat membantu petani dalam menghadapi

tantangan dan mengoptimalkan produksi pertanian dengan cara yang lebih cerdas.

Beberapa faktor latar belakang yang mendorong pengembangan sistem ini meliputi: Krisis Air: Pertanian adalah salah satu pengguna utama air di dunia. Dalam beberapa daerah, terutama yang mengalami kekeringan, ketersediaan air menjadi masalah kritis. Smart irigasi memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien dengan mengukur dan mengendalikan penyiraman berdasarkan kebutuhan sebenarnya, mengurangi pemborosan air. Perubahan Iklim: Perubahan iklim telah mengakibatkan pola cuaca yang tidak stabil dan sulit diprediksi. Dengan mengintegrasikan data cuaca dalam sistem, smart irigasi dapat membantu petani beradaptasi dengan perubahan cuaca yang cepat dan tidak terduga. Peningkatan Produktivitas: Pertanian yang berkelanjutan dan produktif adalah tujuan utama bagi banyak negara. Smart irigasi membantu meningkatkan produktivitas pertanian dengan memastikan tanaman mendapatkan air yang cukup tanpa over-irigasi yang dapat merusak tanaman. Ketersediaan Tenaga Kerja: Di banyak daerah, ketersediaan tenaga kerja pertanian yang terlatih menjadi masalah. Sistem otomatisasi seperti smart irigasi dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia untuk mengendalikan irigasi. Teknologi IoT yang Berkembang: Kemajuan dalam teknologi IoT, seperti sensor yang lebih murah dan konektivitas yang lebih baik, telah membuat solusi seperti smart irigasi lebih terjangkau dan mudah diimplementasikan. Kesadaran Lingkungan:

Kesadaran akan pentingnya pelestarian sumber daya alam dan lingkungan semakin meningkat. Smart irigasi membantu mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian yang boros air. Tuntutan Pasar: Dengan populasi dunia yang terus tumbuh, ada tekanan yang lebih besar pada sektor pertanian untuk meningkatkan produksi tanaman. Smart irigasi membantu memenuhi tuntutan ini dengan cara yang berkelanjutan. Dukungan Pemerintah: Banyak pemerintah dan lembaga internasional mendukung inisiatif yang berfokus pada pertanian berkelanjutan dan penggunaan sumber daya yang bijaksana. Smart irigasi sering mendapatkan dukungan dalam bentuk insentif keuangan dan regulasi yang mendukung.

Dengan latar belakang ini, pengembangan rancang bangun smart irigasi berbasis IoT menjadi solusi yang relevan dan penting dalam mengatasi tantangan- tantangan di bidang pertanian dan pengelolaan sumber daya air.

B. Masalah Penelitian

Masalah Penelitian dalam Rancang Bangun Smart Irigasi Berbasis Internet of Things (IoT) melibatkan identifikasi dan pemecahan berbagai tantangan yang berkaitan dengan penerapan teknologi ini dalam konteks pertanian dan irigasi. Beberapa masalah penelitian yang dapat diidentifikasi dalam konteks ini adalah:

1. Efisiensi Penggunaan Air: Salah satu tujuan utama smart irigasi adalah mengoptimalkan penggunaan air. Masalah ini melibatkan pengembangan algoritma cerdas untuk mengukur dan mengontrol penggunaan air.
2. Pengendalian Otomatis yang Akurat: Masalah ini melibatkan pengembangan algoritma yang mampu memprediksi dan merespons perubahan tingkat air dengan tepat waktu.
3. Sensor Monitoring: Sensor tingkat air harus menghasilkan data yang akurat. Masalah ini mencakup pilihan sensor yang sesuai, kalibrasi yang akurat, dan pengelolaan data sensor yang andal.
4. Koneksi dan Kestabilan Jaringan: Komunikasi antara perangkat smart irigasi dan sistem kontrol melalui jaringan IoT perlu stabil dan terjamin. Masalah ini melibatkan pemilihan teknologi konektivitas yang cocok dan solusi untuk mengatasi gangguan jaringan.
5. Keamanan dan Privasi Data: Dalam lingkungan IoT, masalah keamanan data dan privasi pengguna sangat penting. Perlindungan terhadap ancaman siber dan pengaturan hak akses perlu diatasi.
6. Pemantauan Jarak Jauh: Sistem kontrol perlu memiliki kemampuan untuk dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Masalah ini melibatkan pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif dan aksesibilitas jarak jauh yang aman.

7. Ketersediaan dan Biaya Perangkat: Masalah dalam hal biaya perangkat keras dan ketersediaan perangkat di pasar dapat mempengaruhi implementasi sistem pintu irigasi berbasis IoT.



Gambar 1. Irigasi Tradisional

C. Tujuan Penelitian

Dalam merancang dan membangun smart irigasi berbasis Internet of Things (IoT), tujuan khusus yang ingin dicapai mencakup berbagai aspek untuk menciptakan sistem yang efisien, andal, dan berkelanjutan. Beberapa tujuan khusus yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Pengendalian Otomatis yang Akurat: Mengembangkan algoritma pengendalian otomatis yang akurat dan responsif berdasarkan data yang diperoleh dari sensor- tingkat air, sehingga memastikan penggunaan air sesuai dengan kebutuhan aktual.
2. Sensor yang Akurat dan Terpercaya: Memilih, mengkalibrasi, dan mengintegrasikan sensor tingkat air untuk memastikan pemantauan kondisi lingkungan yang akurat.
3. Koneksi Stabil dan Aman: Menyediakan konektivitas yang stabil antara smart irigasi dan sistem kontrol melalui protokol yang aman untuk mencegah ancaman siber dan memastikan pengiriman data yang andal.
4. Antarmuka Pengguna yang User-Friendly: Membangun antarmuka pengguna yang mudah digunakan dan intuitif, baik dalam bentuk aplikasi mobile atau dashboard web, sehingga petani atau operator dapat dengan mudah memantau dan mengontrol sistem.
5. Respon Cepat Terhadap Perubahan: Mengembangkan sistem yang mampu merespons perubahan kondisi secara cepat, seperti peningkatan tiba-tiba dalam tingkat air yang tidak terduga.
6. Pemantauan dan Kendali Jarak Jauh: Memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh

melalui koneksi internet, memudahkan pengguna dalam mengatur irigasi tanpa harus berada di lokasi fisik.

D. Lingkup Permasalahan

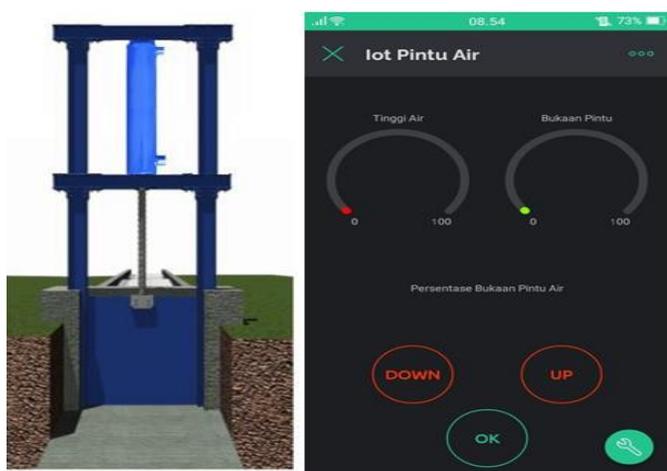
Lingkup permasalahan dalam rancang bangun smart irigasi berbasis Internet of Things (IoT) mencakup berbagai aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem ini. Beberapa aspek penting dalam lingkup permasalahan ini adalah:

1. Desain Perangkat Keras: Pengembangan perangkat keras untuk smart irigasi yang dapat mengukur dan mengontrol tingkat air dengan akurat, termasuk sensor, aktuator, dan perangkat pengendali.
2. Koneksi dan Konektivitas: Penyelidikan tentang teknologi konektivitas yang paling sesuai, seperti Wi-Fi, atau jaringan seluler, untuk menghubungkan smart irigasi ke sistem kontrol dan ke internet.
3. Sumber Energi: Pemilihan sumber energi yang sesuai, seperti listrik dan tekanan udara, untuk pasokan daya yang andal ke perangkat smart irigasi.
4. Pemantauan Jarak Jauh: Pengembangan antarmuka pengguna yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh terhadap smart irigasi.

Lingkup permasalahan ini akan membantu dalam merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan smart irigasi berbasis IoT yang efisien dan andal dalam mengelola penggunaan air dalam pertanian.

E. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam rancang bangun smart irigasi berbasis Internet of Things (IoT) adalah: "Penerapan smart irigasi berbasis IoT akan memungkinkan pengendalian yang lebih presisi terhadap mekanisme pembukaan dan penutupan pintu irigasi, menghasilkan pengaturan yang lebih akurat sesuai dengan kondisi air yang diperlukan."



Gambar 2. Desain Mesin Pintu Air Irigasi Dan Pemantauan Melalui Blynk

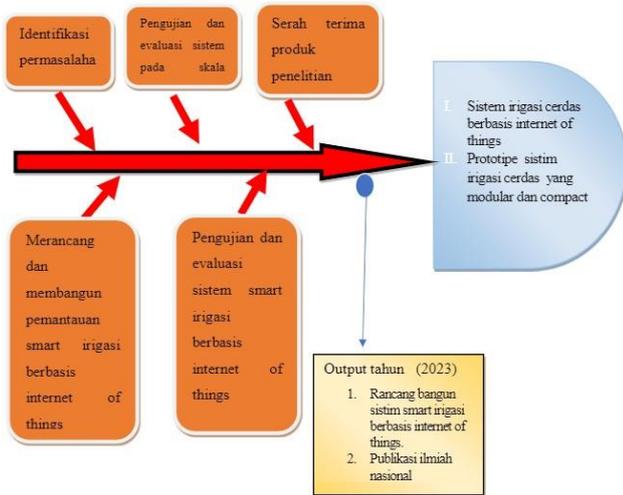
II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam Rancang Bangun Smart Irigasi Berbasis Internet of Things (IoT) melibatkan langkah-langkah yang diperlukan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sistem ini. Berikut adalah metode penelitian yang digunakan oleh peneliti:

1. Studi Literatur Awal:
 - a) melakukan studi literatur mendalam untuk memahami konsep dasar IoT, teknologi sensor, dan aplikasi IoT dalam pertanian dan irigasi.
 - b) Meninjau penelitian terkait yang telah dilakukan dalam domain smart irigasi berbasis IoT.
2. Perencanaan Sistem:
 - a) Identifikasi kebutuhan spesifik dari sistem smart irigasi yang peneliti bangun.
 - b) Buat desain konseptual sistem, termasuk pemilihan sensor, aktuator, komponen perangkat keras, dan pemodelan arsitektur perangkat lunak.
3. Pemilihan Perangkat Keras dan Sensor:
 - a) Menentukan sensor yang sesuai untuk mengukur tingkat air, dan kondisi buka-tutup pintu air.
 - b) Memilih perangkat keras seperti mikrokontroler atau mikroprosesor yang sesuai dengan yang sedang diteliti.
4. Pengembangan Perangkat Keras:
 - a) Membangun atau pasang perangkat keras yang diperlukan, termasuk sensor dan aktuator.
 - b) Menghubungkan perangkat keras dengan mikrokontroler atau mikroprosesor yang peneliti gunakan.
5. Pengembangan Perangkat Lunak:
 - a) Menulis kode perangkat lunak untuk mengelola data sensor, mengatur aktuator, dan menghubungkan sistem ke jaringan IoT.
 - b) Mengintegrasikan algoritma pengendalian yang diperlukan untuk mengatur penyiraman berdasarkan data yang diterima.
6. Pengujian dan Validasi:
 - a) Menguji sistem dalam berbagai kondisi lapangan dan lingkungan yang berbeda.
 - b) Memverifikasi bahwa sensor memberikan data yang akurat, dan sistem dapat mengambil keputusan pengendalian yang tepat
7. Integrasi dengan IoT:

Mubungkan sistem ke infrastruktur IoT, seperti jaringan internet dan server yang dapat diakses dari jarak jauh.
8. Evaluasi dan Analisis Data:
 - a) Melakukan evaluasi sistem untuk memastikan bahwa tujuan efisiensi penggunaan air, produktivitas pertanian, dan keberlanjutan

- tercapai.
- b) Menganalisis data yang dihasilkan oleh sistem untuk memahami kinerja dan efektivitasnya.
9. Dokumentasi:
- a) Mendokumentasikan langkah-langkah pengembangan, konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta hasil pengujian.
 - b) Menyediakan panduan pengguna untuk sistem.
10. Publikasi Hasil:
Mempublikasikan temuan peneliti dalam jurnal ilmiah atau konferensi.



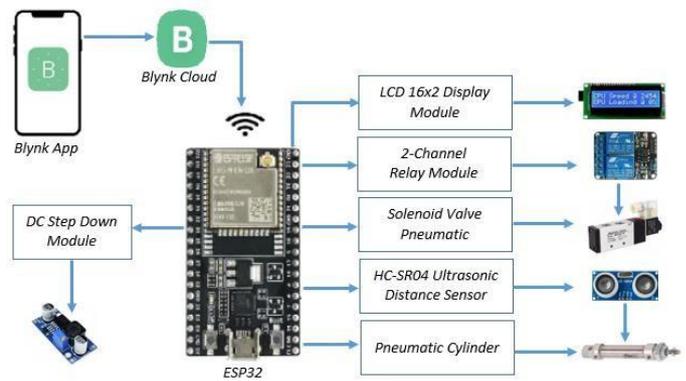
Gambar 3. Bagian Penelitian dan Indikator Keluaran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui hasil dan pembahasan ini, Peneliti dapat menggambarkan secara komprehensif bagaimana rancang bangun smart irigasi berbasis IoT telah berhasil, serta implikasi dan potensi pengembangan lebih lanjut dari penelitian.

A. Tindakan

Memahami pokok masalah yang ada kemudian dilanjutkan dengan menyusun rencana tindakan yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang ada, tindakan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu, dimulai dengan desain skema rancangan alat penelitian seperti Gambar 4.



Gambar 4. Overview of the IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System

Dari skema rancangan selanjutnya peneliti membuat modul penelitian yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak seperti Gambar 6, dari hasil pembuatan ini dilakukan beberapa pengujian sesuai dengan tujuan penelitian.

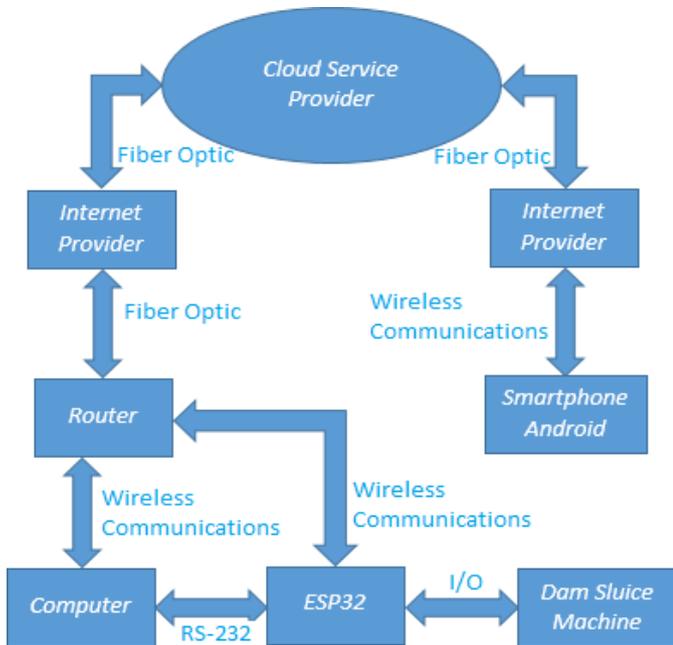
Pada perancangan hardware yang ditunjukkan Gambar 6. menggunakan satu buah mikrokontroler ESP32, duan buah sensor pembacaan jarak (HC-SR04), yang berfungsi untuk membaca ketinggian air dalam bendungan, dan untuk membaca teinggiian buka-tutup pintu irigasi pneumatic silender yang system kerjanya membutuhkan tekanan udara. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan ke lcd 16x2 dan juga dikirim ke blynk cloud, pengontrolan untuk membuka-menutup pintu air dikendalikan melalui aplikasi blynk dengan menggunakan jaringan internet.



Gambar 5. Modul Perangkat Penelitian

B. Tindakan

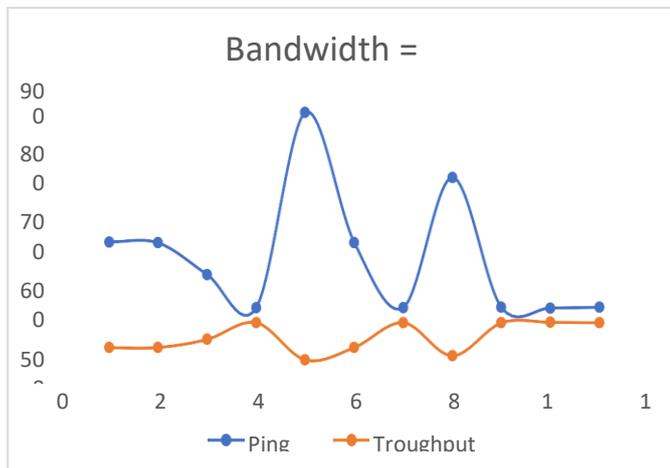
Dalam rencana tindakan peneliti melakukan pengukuran pada modul perangkat penelitian dengan beberapa tahapan pengujian sesuai dengan blok system pengujian Gambar 6.



Gambar 6. Blok Sistem Pengujian

1) Hasil Pengukuran dan Analisis QoS adalah sebagai berikut:

a) Delay dan troughput dengan bandwidth 190 Kbps

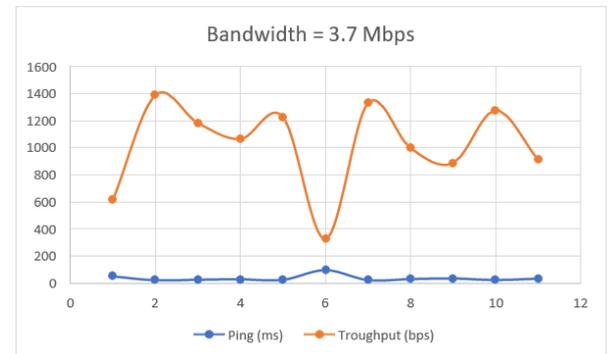


Gambar 7. Pengujian QoS untuk Bandwidth 190 Kbps

Dari Gambar 8 pengujian parameter Quality of Service yang terdiri dari throughput, delay (parameter nilai ping), menunjukkan jaringan IoT masih dapat bekerja dengan

bandwidth jaringan internet sekitar 190 Kbps dengan nilai troughput minimal 50 bps dan nilai ping maksimal 800 mbps.

b) Delay dan troughput dengan bandwidth 3.7 Mbps

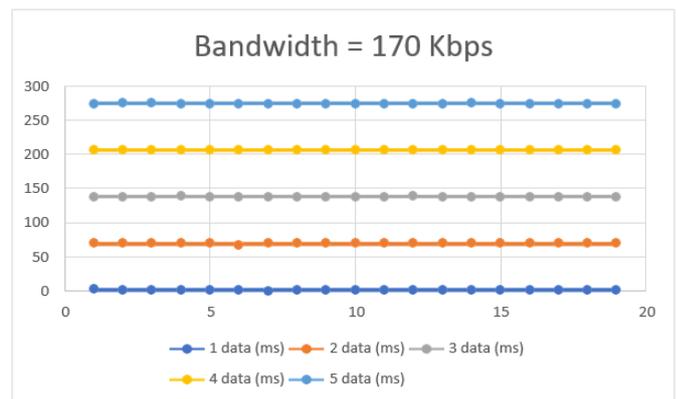


Gambar 8. Pengujian QoS untuk Bandwidth 3.7 Kbps

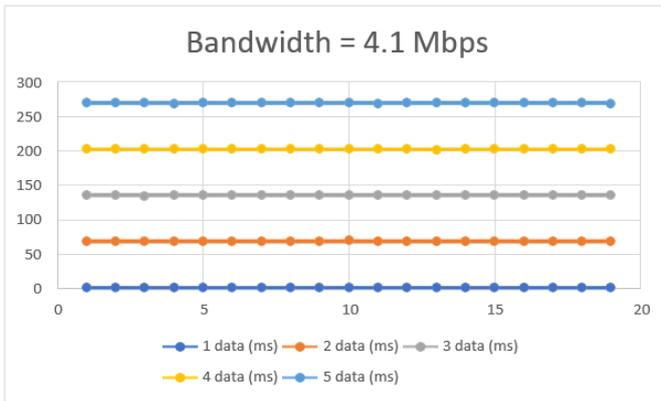
Dari Gambar 9 pengujian parameter Quality of Service yang terdiri dari throughput, delay (parameter nilai ping), menunjukkan jaringan IoT koneksi internet yang sangat bagus dengan nilai delay ping maksimal sekitar 100 ms, dan nilai troughput paling rendah 300 bps, hasil dari pengujian Gambar 8 dan 9 menyatakan bahwa semakin besar bandwidth maka komunikasi antara perangkat ESP32 dengan server Blynk cloud menunjukkan kinerja yang sangat baik, walaupun perangkat ESP32 dapat bekerja dengan bandwidth yang rendah.

2) Waktu Pengiriman Data Virtual ESP32 ke Blynk Cloud

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan oleh perangkat ESP32 dalam proses pengiriman ke server Blynk cloud sampai perangkat ESP32 dapat melanjutkan proses pembacaan aliran program selanjutnya, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 9. Pengujian Data Virtual ESP32 ke Blynk Cloud dengan Bandwidth 170 Kbps

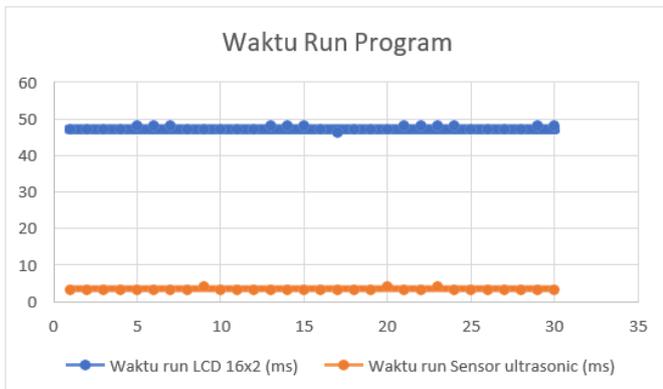


Gambar 10. Pengujian Data Virtual ESP32 ke Blynk Cloud dengan Bandwidth 4.1 Mbps

Dari kedua Gambar 10 dan 11 menunjukkan semakin banyak data virtual yang akan dikirim ke Blynk cloud maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan oleh ESP32 dalam menangani program, dari kedua pengujian menunjukkan jaringan IoT dapat bekerja pada bandwidth 170 Kbps, dan semakin besar bandwidth yang tersedia tidak mempengaruhi kinerja dalam pengiriman data virtual.

3) Pengujian Waktu Akses Program Sensor dan LCD Pada ESP32

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar waktu untuk mengeksekusi program yang telah tertanam pada ESP32 untuk membaca sensor jarak dan tampilan LCD, hasil pengujian ini akan mempengaruhi kinerja perangkat penelitian yang dibuat.



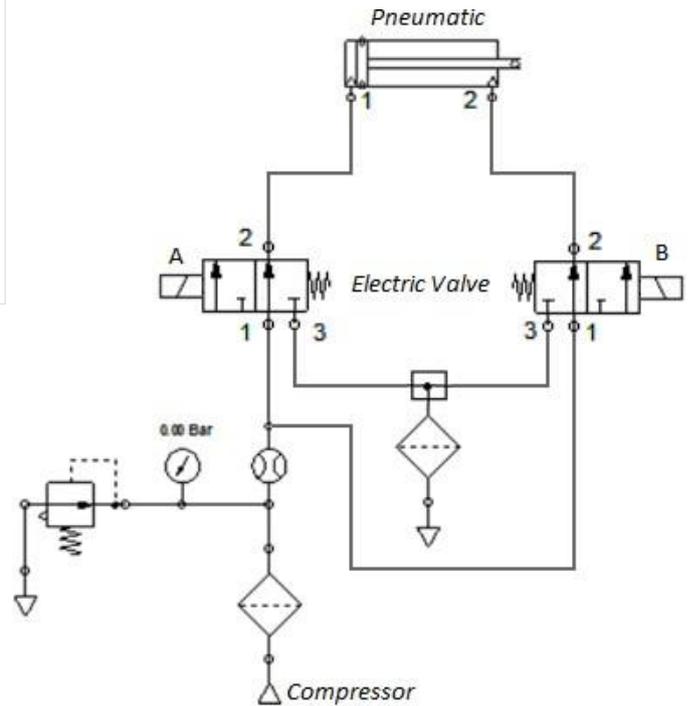
Gambar 11. Pengujian Waktu Eksekusi Program LCD dan Sensor Jarak

Dari pengujian Gambar 12 menunjukkan waktu total untuk mengeksekusi dua sensor jarak dan penampil LCD membutuhkan waktu rata-rata sekitar 50 milliseconds.

4) Pengujian Kinerja Transduser Pintu Irigasi

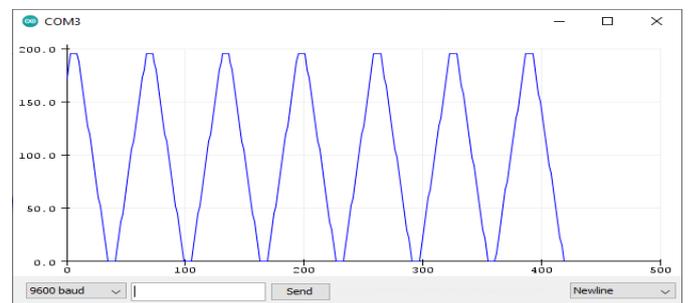
Pengujian ini dilakukan sesuai dengan desain perangkat transduser yang digunakan. Perangkat transduser

yang digunakan yaitu pneumatic silinder yang berfungsi sebagai penggerak buka-pintu irigasi, setiap pergerakan pneumatic terbaca oleh sensor jarak.



Gambar 12. Skema Penerapan Pneumatic Silinder Pada Smart Irigasi

Pengujian skema penerapan pneumatic silinder dilakukan langsung pada perangkat seperti Gambar 6. Dengan sistem control dilakukan secara otomatis, dimana pada tahap awal kondisi pintu irigasi pada posisi tertutup, kemudian diberikan sinyal ke valve A pneumatik untuk memberikan tekanan udara, sehingga membuat pintu irigasi dalam posisi terbuka, setelah 5 (lima) detik dilanjutkan valve A ditutup dan Valve B dalam kondisi terbuka untuk mengalirkan tekanan udara ke pneumatic, sehingga membuat posisi pintu irigasi kembali menutup, tahapan ini kembali berulang untuk membuka-menutup pintu irigasi dengan waktu tunda setiap proses diberikan sekitar 5 detik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 14 berikut ini.



Gambar 13. Hasil Pengujian Pneumatic Silinder Pada Smart Irigasi

Pada hasil pengujian Gambar 14, jarak buka dan tutup pintu irigasi berkisar 200 mm atau 20 cm, waktu yang dibutuhkan untuk membuka pintu adalah 2600 milliseconds dan waktu

untuk menutup pintu adalah 2600 millisecons. Tekanan yang diberikan ke pneumatic yaitu 100 psi. Pengaturan waktu tutup dan buka pintu air dapat diatur melalui control pembuang tekanan dari katup udara.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, berikut adalah kesimpulan yang dapat dirangkum sebagai berikut:

- 1) Sistem smart irigasi berbasis IoT yang telah peneliti rancang dan kembangkan berhasil dalam memonitor dan mengendalikan transduser pintu air irigasi secara otomatis berdasarkan data sensor tingkat air, dan kondisi buka-tutup pintu.
- 2) Internet of Things (IoT) dapat bekerja pada jaringan internet dengan bandwidth 170 Kbps.
- 3) Waktu pengiriman data virtual dari ESP32 ke Blynk cloud membutuhkan waktu dari 2 ms sampai 270 ms.
- 4) Waktu yang dibutuhkan untuk membuka pintu adalah 2600 millisecons dan waktu untuk menutup pintu adalah 2600 millisecons dengan tinggi pintu 200 mm. Dengan pemberian tekanan pneumatic berkisar 100 psi.

REFERENSI

- [1] I Wayan Sukadana, 2021. Sistem Monitoring dan audit energi listrik berbasis Internet of Thing (IOT), Jurnal teknik Elektro dan Vokasional Universitas Negeri Padang, Vol 7, No.2
- [2] Muhammad Triyo Rahmanto, krismadinata, 2019, Rancang Bangun Internet Of Thing (IOT) untuk kalkulasi Intensitas Konsumsi Energi, Jurnal Teknik, Vol 13, No 2
- [3] Novian Bayu Putranto, Agus Darma, Putu Ayu Rhamani Suryadhi, Audit Energi dan monitoring berbasis IOT untuk peningkatan efisiensi penggunaan listrik di ART center Denpasar, Jurnal SPEKTRUM, Vol 6.No.2
- [4] Dikpride Despa, 2018, Monitoring dan manajemen energi gedung laboratorium berbasis Internet of Thing (IOT), Seminar Nasional Teknik Elektro Batu Malang, ISBN 978-602-8692-34.2
- [5] Hartono Budi Santoso, Sapto Prajogo, 2018, Pengembangan Sistem Pemantauan konsumsi Energi Rumah Tangga berbasis Internet Of Thing (IOT), Jurnal ELKOMIKA ITENAS, Vol 6.No.3
- [6] Muhammad Viki Fauzan, Budiyanto Husodo, 2020, Analisis Peluang penghematan energi pada peralatan listrik di gedung kantor PT.PLN UPT Bogor, Jurnal teknologi elektro universitas mercu buana, vol 11, no 1