

RANCANG BANGUN PRODUK SUBSTITUSI SISTEM DATA LOGGER ALIRAN DAN TEKANAN AIR PADA ALIRAN PIPA TERTUTUP MENGGUNAKAN KOMUNIKASI LoRaWAN

Hadi Supriyanto¹, Wisnu Aji², Abdur Rohman Harits Martawireja³, Sarosa Castrena Abadi^{4*}, Sandy Bhawana Mulia⁵, Wahyu Adhi Candra⁶, Rizki Aji Pratama⁷, Reka Adi⁸, Naufaldo⁹

¹⁻⁹Politeknik Manufaktur Bandung

Email: ¹ hadi.s@polman-bandung.ac.id, ² sarosa@ae.polman-bandung.ac.id

Abstrak

Abstrak-- Ketersediaan data logger sebagai akuisisi data masih terbatas pada sensor level dan data logger tersebut belum diproduksi di Indonesia. Hal tersebut menyulitkan pemantau untuk mendapatkan data seperti data tekanan air dan debit air. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan mengurangi biaya impor pembelian data logger dari luar negeri dengan mengembangkan data logger yang mampu mengambil data ketinggian air, tekanan air, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana rancang bangun dan performa dari produk substitusi sistem data logger aliran dan tekanan air menggunakan komunikasi LoRa WAN. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa Sistem Data logger Aliran dan Tekanan Air berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat dengan error pembacaan dari sensor itron cyble sebesar 1% dan error pembacaan sensor tekanan sebesar 20.66%. Nilai Packet Loss pengiriman data dari perangkat data Logger berbanding lurus dengan jarak dimana nilai packet loss terkecil sebesar 13% pada jarak 50m dan 80% pada jarak 2800m.

Kata Kunci: Data Logger, LoRa WAN, SCADA, Node-RED, MQTT

Abstract

The availability of data loggers as data acquisition is still limited to sensor levels and the data loggers have not been produced in Indonesia. This makes it difficult for monitors to obtain data such as water pressure and water discharge data. The solution to this problem is to reduce the import cost of purchasing data loggers from abroad by developing data loggers that are able to take data on water level, water pressure. This study aims to determine how the design and performance of data logger system substitution products flow and water pressure using LoRa WAN communication. The test results show that the Water Flow and Pressure Data logger System functions according to the design that has been made with error readings from the itron cyble sensor of ?? and a pressure sensor reading error of 20.66%. The Packet Loss value of sending data from the data logger device is directly proportional to the distance where the smallest packet loss value is 13% at a distance of 50m and 80% at a distance of 2800m.

Keywords: Data Logger, LoRa WAN, SCADA, Node-RED, MQTT

I. PENDAHULUAN

Sistem pengairan memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai sektor dan dapat mencakup beberapa aspek kunci seperti distribusi air minum, daerah aliran sungai dan pertanian (Pramono G. E. dan Andana R., 2019). Teknologi dapat dimanfaatkan dalam sistem pengairan agar memperoleh sistem pengairan yang lebih baik. Salah

satunya pemanfaatan teknologi dalam sistem pengairan ialah *Data Logger* yang dapat memantau ketinggian air, tekanan air, dan debit air (Islami W. Y. dkk., 2023). *Data Logger* merupakan sistem yang digunakan untuk merekam data dari waktu ke waktu. Data yang direkam dapat berupa data suhu, kelembaban, tekanan, cahaya, suara, dan sebagainya. *Data logger* biasanya digunakan untuk memantau

kondisi lingkungan atau mesin (Contreras, G. C. dkk., 2019).

Saat ini *data logger* yang digunakan di beberapa Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia belum dilakukan secara otomatis, adapun beberapa PDAM di Indonesia sudah menggunakan produk *data logger* yang dapat mengukur secara otomatis namun masih menggunakan *data logger* impor yang harganya cukup mahal serta ketersediaannya yang sulit di pasar dalam negeri. Besarnya biaya dan keterbatasan ketersediaan *data logger* ini menyebabkan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan Balai Wilayah Sungai (BWS) kesulitan dalam otomatisasi pengukuran tekanan dan aliran air yang menjadi indikator distribusi air berjalan dengan baik. Ketersediaan *data logger* sebagai akuisisi data masih terbatas pada sensor level dan *data logger* tersebut belum diproduksi di Indonesia. Hal tersebut menyulitkan pemantau untuk mendapatkan data seperti data tekanan air dan debit air.

Solusi dari permasalahan di atas yaitu dengan mengurangi biaya impor pembelian *data logger* dari luar negeri dengan mengembangkan *data logger* yang mampu mengambil data ketinggian air, tekanan air.

Salah satu aspek terpenting pada sistem *data logger* yaitu media komunikasi yang di gunakan untuk mengirim data atau informasi hasil pencatatan ke sistem pemantauan. Media Komunikasi yang dapat diterapkan salah satunya Teknologi LoRa yaitu lapisan fisik yang memodulasi sinyal dalam pita ISM SUB-GHZ menggunakan teknik menyebar yang dikembangkan untuk komunikasi dua arah oleh semtech (Raza U. dkk., 2017). LoRa merupakan sistem komunikasi *wireless* yang dapat mengirim dengan jarak komunikasi cukup luas dan konsumsi baterai rendah yang cocok digunakan dalam jangka waktu lama (Martinez B. dkk., 2015). Menurut sudaram, LoRa memiliki beberapa parameter utama yaitu *Bandwidth* (BW), *Spreading Factor* (SF), *Coding Rate* (CR) dan *Transmission Power* (Sundaram dkk., 2019).



Gambar 1. Proses Pengiriman Data menggunakan LoRa Antares

LoRaWAN merupakan protokol jaringan untuk perangkat LoRa. LoRaWAN bersifat *open source* dan didukung LoRa Alliance (Devi P. dkk., 2019). Telkom Indonesia mengembangkan platform *internet of things* (IoT) berupa platform Antares IoT

yang menyediakan *end-to-end* untuk LoRaWAN (Gunawan A. dkk., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu terkait pengembangan pengukuran aliran dan penggunaan LoRaWan sudah dilakukan. Hadi melakukan pengukuran akuisisi data aliran cairan berfiksitas tinggi dengan sensor (Supriyanto et al., 2021). Penelitian lain seperti penelitian Harry yang membahas pengukuran air otomatis jarak jauh dengan memanfaatkan protokol LoraWan, dan dihasilkan *metering* otomatis pengganti *metering* analog dengan daya yang rendah (Bangkit H. dkk., 2023). Selanjutnya penelitian Nico mencoba untuk mengirimkan daya pemakaian listrik dengan *platform* antares dengan hasil *delay* dan *packet loss* didapat *delay* terkecil 0.04 oleh SF8 dan terbesar di 0.52 detik oleh SF7, Jarak penelitian yang dilakukan Nico terhadap LoRa Gateway adalah sebesar 13.5 km (Pangabea F.N. dkk., 2023). Penggunaan *platform* antares juga dilakukan pada penelitian Muhammad, didapatkan data pengukuran dapat diterima *platform* antares dengan baik (Prabowo et al., 2020). Penelitian selanjutnya yaitu analisis yang dilakukan oleh Kurniawan, didapatkan bahwa *spreading factor* (SF) yang besar dan *bandwidth* yang kecil cocok digunakan untuk transmisi lora dengan jarak lebih dari 250 meter sedangkan untuk *spreading factor* yang lebih kecil dan *bandwidth* yang lebih besar cocok digunakan untuk transmisi jarak kurang dari 250 meter (Kurniawan M. M. dkk., 2022).

Penelitian ini akan membahas mengenai pembuatan produk substitusi *data logger* aliran dan tekanan air. perangkat *data logger* dilengkapi sensor untuk mengukur nilai aliran dan tekanan air kemudian modul LoRa sebagai media komunikasi data antara perangkat *data logger* dengan LoRaWAN Antares. Selanjutnya data dari Antares dikirimkan ke *server* dan SCADA melalui protokol Komunikasi MQTT.

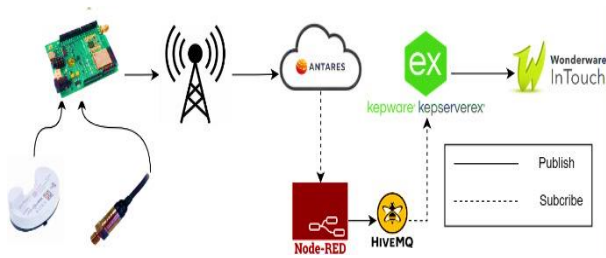
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana rancang bangun dan performa dari produk substitusi sistem *data logger* aliran dan tekanan air menggunakan komunikasi LoRaWAN. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk alternatif untuk digunakan di dalam negeri dengan biaya yang lebih murah dari produk impor sehingga dapat diterapkan di seluruh daerah di Indonesia.

II. METODE

Perancangan Arsitektur Sistem

Tahapan penelitian dimulai dengan membuat rancangan arsitektur sistem yaitu melalui studi literatur dari penelitian terdahulu. Hasil dari studi

literatur menghasilkan gambaran arsitektur dari sistem *data logger*. Berikut sistem *data logger* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Sistem *Data Logger* Aliran dan Tekanan Air

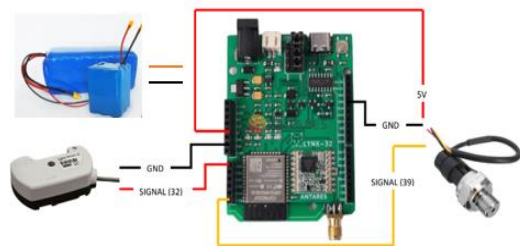
Sistem terdiri dari 4 bagian yaitu:

1. Perangkat *Data Logger*: Berfungsi untuk mengukur data aliran dan tekanan air di lapangan dan kemudian data tersebut di kirim ke LoRA Gateway Antares.
2. LoraWAN Antares IoT Platform: Antares adalah platform IoT milik Telkom Indonesia yang menawarkan berbagai fitur, termasuk penyimpanan data dan manajemen perangkat. Fitur-fitur ini memudahkan pengembangan IoT. Antares telah menyediakan API dan memenuhi standar global oneM2M. Platform ini juga mendukung berbagai bahasa pemrograman, seperti Arduino, ESP, dan Raspberry Pi. Konektivitas Antares juga beragam, termasuk LTE dan LoRa. Pada penelitian ini Antares menerima data sensor aliran dan tekanan dari *data logger* yang menggunakan konektivitas LoRA.
3. Server Node-RED: Node-RED adalah alat visual pengembangan alur (*flow-based development tool*) yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, perangkat lunak, dan layanan online. Alat ini memungkinkan pengguna untuk membuat alur kerja (*flows*) yang disebut "Node-RED flows" menggunakan antarmuka grafis berbasis web. Node-RED biasanya digunakan dalam konteks pengembangan IoT dan integrasi sistem (Abadi S. C. dkk.,2022). Pada penelitian ini Node-RED digunakan untuk mensubscribe topic data aliran dan tekanan air dari Antares untuk nanti di publish ke broker hivemq.
4. SCADA: *Supervisory Control and Data Acquisition* melakukan pengumpulan data dari peralatan atau sensor di lapangan (Hakim D. L. dkk.,2020). Data ini kemudian diproses dan disajikan dalam bentuk visual di antarmuka pengguna. SCADA menyediakan antarmuka pengguna yang disebut HMI, yang

memungkinkan operator untuk memahami dan berinteraksi dengan sistem. HMI biasanya menampilkan data dalam bentuk grafis, tabel, atau grafik. Pada penelitian ini HMI yang digunakan yaitu *Wonderware In Touch* kemudian sebelum di tampilkan pada HMI data dari Broker Hivemq di *subscribe* menggunakan KepServerEX

Perancangan Perangkat Keras

Setelah perancangan arsitektur sistem tahapan penelitian selanjutnya yaitu perancangan perangkat keras pada sistem *data logger*.



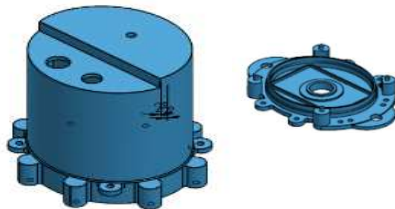
Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras *Data Logger*

Perangkat *data logger* terdiri dari Modul Lynx-32 Antares yaitu perangkat perangkat buatan Antares yang merupakan *board* integrasi antara mikrokontroler ESP32, modul komunikasi jarak jauh LoRa, yang dapat terhubung dengan platform cloud Antares untuk mengelola dan memantau data IoT (Zain A. R. dkk., 2021). Komponen selanjutnya yaitu *Itron Cyble Sensor* (Miron A.V.,2014) dihubungkan ke *pin* 32 Lynx-32 Antares, berfungsi untuk mengubah putaran mekanis dari water meter menjadi pulsa digital sebagai nilai dari aliran air. Komponen selanjutnya Sensor Tekanan WPT-83C-E4C4 dihubungkan ke *pin* 39 Lynx-32 Antares untuk mengukur tekanan dari pipa aliran air dan komponen terakhir yaitu baterai sebagai sumber daya dari perangkat *data logger*.

Perancangan Desain Case Data Logger

Case Data Logger dirancang untuk kenyamanan penggunaan dan portabilitas yang efisien. *Case Data Logger* dirancang agar dapat melindungi perangkat keras *data logger* dari pengaruh lingkungan seperti air, debu dan lainnya. Desain *Case Data Logger* mencakup dudukan untuk komponen seperti lynx lora, sensor-sensor, baterai yang terintegrasi dengan sebuah PCB untuk optimalitas rangkaian, selain itu, wadah pelindung ini dirancang untuk memungkinkan koneksi langsung ke perangkat atau sensor lain dengan

memberikan fasilitas konektor Antena, CB 5 pin male dan konektor *Fitting Pneumatik PC Push in Male* sehingga dengan pendekatan ini, pengguna dapat dengan mudah mengoperasikan alat ini tanpa kesulitan teknis, sementara desain yang efisien memastikan portabilitas yang optimal. Keberadaan sensor tekanan dan *pin male* juga menambah fungsionalitas alat ini, memungkinkan integrasi yang lancar dengan perangkat lain sesuai kebutuhan.



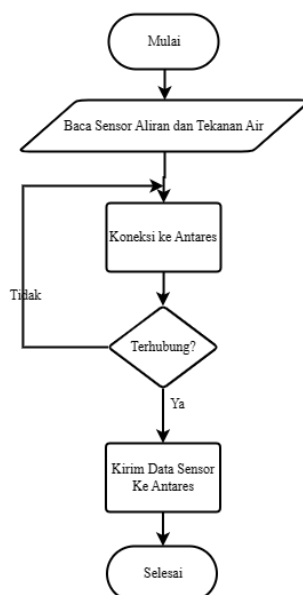
Gambar 4. Desain Case Data logger

Perancangan Perangkat Lunak

Tahapan selanjutnya yaitu perancangan perangkat Lunak yang terbagi menjadi 3 program meliputi perancangan program perangkat *data logger*, program server node-RED, konfigurasi dan tampilan SCADA *Wonderware In Touch*.

Perancangan Program Perangkat Data Logger

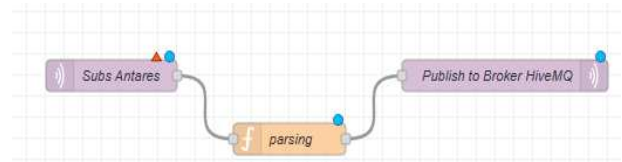
Algoritma dari program dimulai ketika *mikrokontroler* lynx-32 menerima data dari sensor *cyble* dan sensor tekanan selanjutnya *mikrokontroler* lynx-32 menyambungkan koneksi ke Antares melalui media LoRA jika koneksi berhasil maka data sensor *cyble* dan sensor tekanan di kirim ke Antares. Berikut *flowchart* dari program perangkat *data logger* dapat di lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Program Perangkat Keras Data Logger

Perancangan Program Server Node-RED

Server Node-RED berfungsi untuk mensubscribe data dari database Antares untuk kemudian di publish ke Broker HiveMQ. Program pada server Node-RED pada sistem ini terdiri dari *node* MQTT *Subscriber* yang berfungsi untuk mensubscribe topic data sensor dari database Antares. Selanjutnya data dari *node* MQTT *Subscriber* disambungkan ke *node function* yang berfungsi untuk melakukan proses *parsing* data yang memiliki format json dan di masukkan ke dalam suatu variabel untuk selanjutnya di *publish* ke *Broker* MQTT HiveMQ melalui *node* MQTT *Publisher*. Berikut *flow* Node-RED untuk program Server.

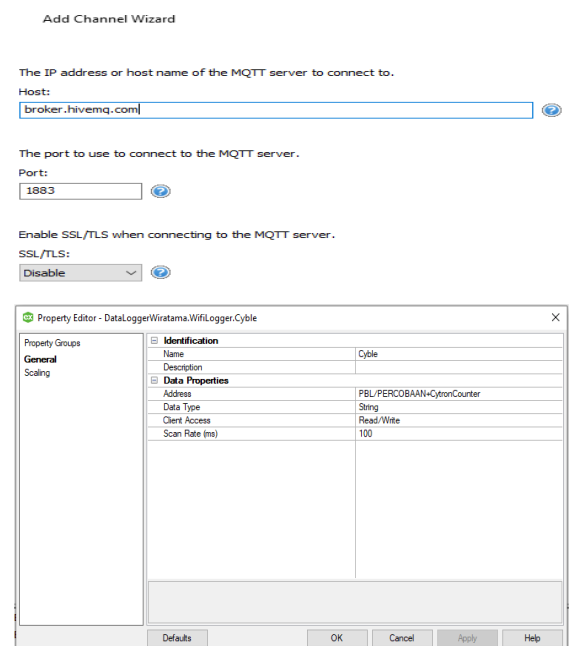


Gambar 6. Node-RED Flow Program Server

Perancangan Tampilan SCADA Wonderware

Intouch

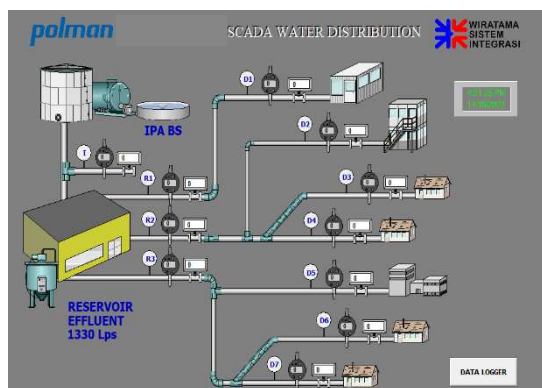
Perancangan program antarmuka SCADA pada sistem *data logger* aliran dan tekanan air ini di mulai dengan pengaturan *KepServerEx* yaitu perangkat lunak yang dirancang untuk menyediakan konektivitas antara berbagai perangkat keras dengan perangkat lunak industri. Adapun Konfigurasi *KepServerEx* dari sistem dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



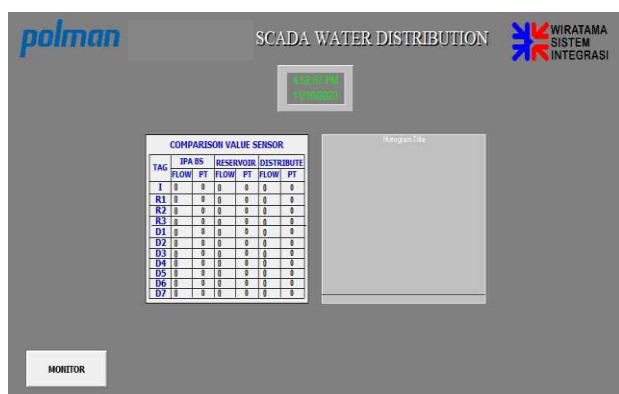
Gambar 7. Konfigurasi KepServerEx

Pada Wonderware InTouch, KepServerEx biasanya digunakan sebagai OLE for Process Control (OPC) *Server* untuk membantu menghubungkan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dengan berbagai perangkat otomatisasi, seperti *Programmable Logic Controller* (PLC), Remote Terminal Unit (RTU), dan perangkat lainnya. Melalui KepServerEx, Wonderware InTouch dapat berkomunikasi dengan perangkat di lapangan dan mengambil data proses untuk tampilan dan pengawasan dalam sistem SCADA.

Pada penelitian ini KepServerEx berfungsi untuk mengambil data dengan topic yang berisi data sensor aliran dan tekanan air dari Broker HiveMQ kemudian jika data berhasil di terima data tersebut akan ditampilkan pada HMI Wonderware Intouch. Berikut perancangan tampilan HMI SCADA pada Wonderware Intouch dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



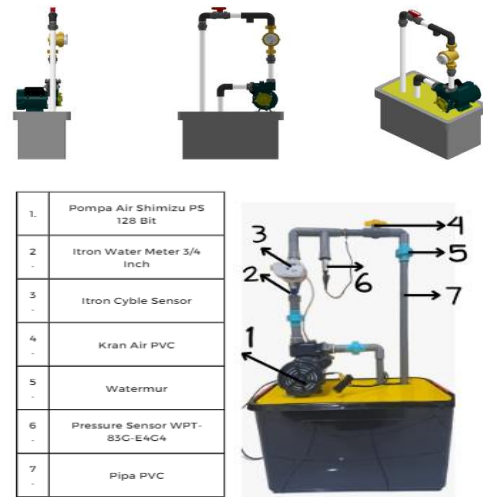
Gambar 8. Perancangan Tampilan HMI SCADA Screen 1



Gambar 9. Perancangan Tampilan HMI SCADA Screen 2

Perancangan Prototype Plant Sistem Distribusi Air

Prototype plant dirancang untuk dijadikan simulasi plant dalam proses pengujian system *data logger* aliran dan tekanan air. Plant ini terdiri dari komponen box, pipa, watermur, *cyble sensor*, watermeter, dan *sensor pressure*. Berikut desain dari plant ditunjukkan oleh Gambar 10



Gambar 10. Prototype Plant Distribusi Air

Tes Kemampuan Data Logger

Pada Pengujian Packet Loss (%) digunakan persamaan (Ting & Chan, 2024) :

$$\text{Packet loss (\%)} = \frac{\text{Total Number of Packet Loss}}{\text{Total Number of Packet}} \times 100\%$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sensor Cyble

Pengujian dimulai dengan pengujian perangkat keras *data logger*. Perangkat *data logger* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Assembly Perangkat Keras Data Logger

Pengujian perangkat keras *data logger* terdiri dari pengujian pembacaan sensor dan pengiriman sensor ke Antares. Berikut pengujian sensor *cyble* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Sensor Cyble

Percobaan	Nilai Aliran Air di Water Meter (m ³)	Nilai Sensor Cyble
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15

Hasil Pengujian Sensor Tekanan

Pengujian sensor tekanan dilakukan dengan cara membandingkan nilai *actual* input *pressure gauge* yang bisa diatur nilai tekanannya dengan nilai pembacaan sensor untuk diketahui akurasi pembacaan sensor tekanan WPT-83C-E4C4. Berdasarkan hasil pengujian nilai rata-rata *error* pembacaan sensor tekanan WPT-83C-E4C4 sebesar 20.66%. Berikut pengujian sensor tekanan dapat dilihat pada tabel 2.

Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Antares

Pengujian pengiriman data dari perangkat ke *data logger* melalui media LoRA ke BTS Antares dilakukan secara sampling dari jarak 50 meter – 2800 meter dari lokasi BTS, dengan mengirimkan 10 data secara continue dalam kurun waktu tertentu. Hasil pengujian pengiriman data sensor dari perangkat *data logger* ke Antares dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Pengukuran Sensor Tekanan WPT-83C-E4C4

Percobaan	Pressure Gauge/ Input (mPa)	Pressure Sensor/Output (mPa)	Error (%)
1	0	0	0
2	0,1	0,1	0
3	0,15	0,12	20
4	0,2	0,15	25
5	0,25	0,19	24
6	0,3	0,22	26,6
7	0,35	0,25	28,57
8	0,4	0,3	25
9	0,45	0,32	28,8
10	0,5	0,35	30
11	0,55	0,39	29,09
12	0,6	0,43	28,33
13	0,65	0,45	30,76
14	0,7	0,49	30
15	0,75	0,51	32
Rata - rata			20.66

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Paket Data ke Antares

Jarak(m)	Packet Loss(%)	Throughput(bps)
50	13	100
150	13	100
450	27	100
700	30	100
850	44	100
1500	60	100
2200	73	100
2800	80	100

Berdasarkan hasil pengujian nilai *packet loss* data berbanding lurus dengan jarak BTS ke perangkat *data logger*.

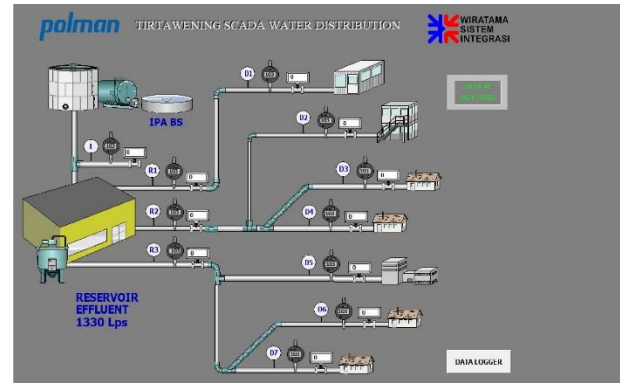
Hasil Pengujian Server Node-RED

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian proses *subscribe* data dari Antares dan di *publish* ke broker MQTT HiveMQ. Berikut hasil dari pengujian program server Node-RED dapat dilihat pada Gambar 12

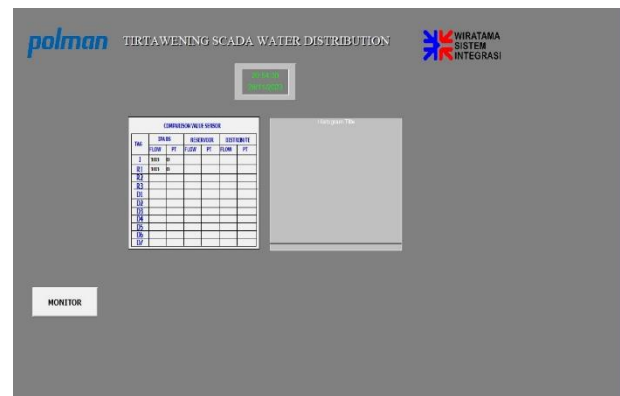
```

11/11/2023, 11:13:08 node: debug_dataAntares
/oneM2M/resp/antares-
cse/b71a09347c900325:297987e4397d48dc/json :
msg : Object
▼ object
  topic: "/oneM2M/resp/antares-
cse/b71a09347c900325:297987e4397d48dc/json"
  payload: "{"m2m:rsp":
{"rsc":2001,"fr":"/antares-
cse","to":"b71a09347c900325:297987e4397d48dc","ty":4,"rqi":"123456",
"pc":{"m2m:cin":
{"rn":"cin_j7vjTZTx8lZy08FnJ4RxyI9eM9QJvvCT","ty":4,"ri":"/antares-
cse/cin-
j7vjTZTx8lZy08FnJ4RxyI9eM9QJvvCT",
"pi":"/antares-cse/cnt-
KtEwiuWHn5n7JTXm","ct":"20231111T111306","lt":"20231111T111306","s
t":0,"cnf":"message","cs":17,"con
t":{"ButtonState\":"1"}"}]}"}"
  qos: 0
  retain: false
  _msgid: "248cfdadaf14de82"

```

Gambar 12. Pengujian *Debug Message* Pada Server Node-RED

Gambar 14. Pengujian Tampilan HMI SCADA Screen 1



Gambar 15. Pengujian Tampilan HMI SCADA Screen 2

Hasil Pengujian HMI SCADA Wonderware Intouch

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian tampilan HMI SCADA di *Wonderware Intouch*. Pengujian dimulai dengan pengujian subscribe data dari Broker HiveMQ MQTT ke KepServerEx. Berikut hasil pengujian subscribe data KepServerEx

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel1.Device1.Tag1	String	1	11:52:09.143	Good	3

Gambar 13. Pengujian Subscribe data dari broker HiveMQ ke KepServerEx

Setelah KepServerEx berhasil menerima data selanjutnya yaitu Integrasi dengan HMI SCADA *Wonderware InTouch*. Berikut hasil pengujian tampilan HMI SCADA *Data Logger* Aliran dan Tekanan Air.

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa Sistem *Data logger* Aliran dan Tekanan Air berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat dengan pembacaan dari sensor itron cyble 1 pulse untuk 1 m³ dan error pembacaan sensor tekanan sebesar 20.66%. Nilai Packet Loss pengiriman data dari perangkat *data logger* berbanding lurus dengan jarak dimana nilai packet terkecil sebesar 13% pada jarak 50m dan 80% pada jarak 2800m.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh program Matching Fund (MF) Pendidikan Vokasi Tahun Anggaran 2023 dengan nomor kontrak Nomor 124/PKS/D.D4/PPK.01.APTV/V/2023. Kami juga berterimakasih kepada PT. Wiratama Sistem Integrasi sebagai mitra dalam program MF. Kami juga mengucapkan terima kasih banyak kepada Jurusan Teknik Otomasi dan Mekatronika atas fasilitas yang diberikan dan bimbingan dalam proses pengerjaan penelitian ini.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, S. C., Nugraha, N. W., Dhimyati, I. A., & Sumarso, A. H. (2023). Penerapan Human Machine Interface Berbasis Augmented Reality pada Sistem SCADA Modular Production System. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(2), 285.
- Bangkit, H., Fakhurroja, H., Aripin, I., Supriadi, S., Rahman, M. S. A., & Ahmad, N. (2023, October). Automatic Water Meter Reading Development Based On CNN and LoRaWAN. In *2023 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA)* (pp. 212-215). IEEE.
- Contreras, G. C., Dulcé-Moreno, H. J., & Melo, R. A. (2019, November). Arduino data-logger and artificial neural network to data analysis. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1386, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Devi, P., Istanti, D., Prawiro, S. Y., Bogi, N., Karna, A., & Nursafa, I. A. (2019). Analisis performansi teknologi akses LPWAN LoRa Antares untuk komunikasi data end node. *Citee 2019*, 24-25.
- GUNAWAN, A., NAWANGSIH, I., & RAHARDJO, S. B. (2023). Penerapan Sistem Elektronik Keamanan Lingkungan Berbasis Internet of Things Menggunakan Modul LoRa Garuda. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, 8(1), 92-106.
- Hakim, D. L., Abdullah, A. G., & Mulyadi, Y. A. D. I. (2020). SCADA application for geothermal power plant. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(2), 1018-1031.
- Islami, W. Y., & Dianta, Y. M. (2023). Rancang Bangun Pengendalian Sistem Jarak Jauh Pengairan Area Persawahan Basah dengan Aplikasi pada Telepon Pintar Android berbasis Arduino. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 9(1), 24-36.
- Kurniawan, M. M., Amron, K., & Siregar, R. A. (2022). Analisis Karakteristik Transmisi LoRa pada Wilayah Perkotaan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(8), 3977-3986.
- M. C. A. Prabowo, S. S. Hidayat, and F. Luthfi, "Low Cost Wireless Sensor Network for Smart Gas Metering using Antares IoT Platform," in *3rd International Conference on Applied Science and Technology, iCAST 2020, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 2020, pp. 175–180. doi: 10.1109/iCAST51016.2020.9557692.
- Martinez, B., Monton, M., Vilajosana, I., & Prades, J. D. (2015). The power of models: Modeling power consumption for IoT devices. *IEEE Sensors Journal*, 15(10), 5777-5789.
- Maron, A. V. (2014). Remote Smart Metering for Multiple Utilities. *Scientific Bulletin of the Electrical Engineering Faculty*, 1(25), 42-47.
- Panggabean, F. N., Pramono, S., & Hidayat, A. T. (2023). Sistem Pemantauan Parameter Kelistrikan berbasis Komunikasi LoRaWAN dengan Platform Antares. *Journal of Electronic and Electrical Power Applications*, 3(1), 145-151.
- Pramono, G. E., & Andana, R. (2019). Analisis Kebutuhan Air Dan Pembangunan Sistem Pengairan Menggunakan Pompa Air Di Kampung Cengal Desa Karacak. *Abdi Dosen: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 3(3), 216-221.
- Raza, U., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2017). Low power wide area networks: An overview. *ieee communications surveys & tutorials*, 19(2), 855-873.
- Supriyanto, H., Rohman, A., Martawireja, H., Manufaktur, J. O., Mekatronika, D., & Manufaktur Bandung, P. (2021). Analisis Kontrol Aliran Fluida Berviskositas Tinggi dengan Sensor Flow YF-S201 pada Otomatisasi Dispenser Minyak Goreng. *Jurnal Teknologi Terapan* |, 7(1).
- Sundaram, J. P. S., Du, W., & Zhao, Z. (2019). A survey on lora networking: Research problems, current solutions, and open issues. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(1), 371-388.
- Semtech, "Semtech." [Online]. Available: <https://www.semtech.com/lora>
- Y. T. Ting and K. Y. Chan, "Optimising performances of LoRa based IoT enabled wireless sensor network for smart agriculture," *J Agric Food Res*, vol. 16, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.jafr.2024.101093.
- Zain, A. R., Hudi, S. A. R., & Neforawati, I. (2021). Analisis Pengiriman Data dari LoRa Gateway ke Network Server. *MULTINETICS*, 7(1), 21-29.