



Perancangan Sistem Pemantauan Sensor Pada *Programmable Logic Controller* Mesin Produksi Berbasis *Internet Of Things*

***Vinsensius Reinard¹, Hugeng Hugeng¹, Hadian Satria Utama¹**

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, DKI Jakarta, Jakarta Timur, Indonesia, 11440.

*Email: vinsensius.525200005@stu.untar.ac.id

ABSTRAK

Industri otomatisasi memainkan peran kunci dalam perkembangan Industri 4.0 yang saat ini sedang berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem pemantauan yang mampu memantau alat. Sistem pemantauan yang dirancang menggunakan teknologi IoT sebagai fondasinya. Memanfaatkan konektivitas jaringan, sistem ini mampu memantau alat-alat yang terhubung melalui sensor-sensor yang terpasang. Sistem menggunakan sebuah PLC (*programmable logic controller*) yang dipantau melalui aplikasi *web grafana* yang terintegrasi dengan platform *Node-RED*. Data yang diambil meliputi sensor suhu, tekanan air, dan kecepatan mesin. Sensor-sensor memberikan informasi tentang kondisi dan kinerja alat dalam industri otomatisasi. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini dikirim ke sistem pemantauan dan disimpan dalam sebuah basis data untuk analisis lebih lanjut. Pengujian sistem pemantauan dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi berhasil memantau dengan tingkat akurasi 100%, mengindikasikan konsistensi yang tinggi antara nilai yang ditampilkan di aplikasi *web grafana* dan nilai yang dihasilkan oleh sensor-sensor. Penelitian membuktikan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT dapat digunakan untuk memantau alat-alat pada area terlarang. Memanfaatkan teknologi IoT dan integrasi dengan aplikasi *web grafana*, sistem pemantauan ini memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam pemantauan industri otomatisasi.

Kata Kunci: Sistem Pemantauan, *Programmable Logic Controller*, *Internet Of Things*, *Grafana*, *Node-Red*.

ABSTRACT

The automation industry plays a pivotal role in the ongoing development of Industry 4.0. This study aims to develop a monitoring system capable of overseeing machinery. The monitoring system designed employs IoT technology as its foundation. Leveraging network connectivity, this system monitors connected machinery through installed sensors. The system utilizes a Programmable Logic Controller (PLC) monitored via the Grafana web application integrated with the Node-RED platform. Data captured includes temperature, water pressure, and machine speed sensors, providing insights into the condition and performance of machinery in the automation industry. Information from these sensors is transmitted to the monitoring system and stored in a database for further analysis. Testing of the monitoring system was conducted to assess its effectiveness. Test results revealed that the application successfully monitored with 100% accuracy, indicating high consistency between values displayed in the Grafana web application and those generated by the sensors. The research confirms that an IoT-based monitoring system can be utilized for overseeing machinery in restricted areas. Utilizing IoT technology and integration with the Grafana web application, this monitoring system offers an effective and efficient solution for monitoring the automation industry.

Keywords: Monitoring Systems, *Programmable Logic Controller*, *Internet Of Things*, *Grafana*, *Node-Red*.

Submitted : Revision : Accepted :

PENDAHULUAN

Industri otomatisasi adalah sektor yang menerapkan teknologi dan sistem otomatis untuk mengontrol, memantau, dan mengoperasikan berbagai proses produksi. Mesin-mesin produksi memainkan peran esensial dalam menjaga kelancaran proses produksi dan mengoptimalkan kualitas produk yang dihasilkan (Kromann dkk. 2020).

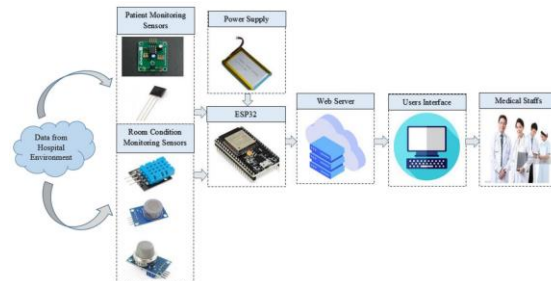
Sistem pemantauan mesin produksi adalah bagian yang signifikan dalam industri otomatisasi. Menggunakan sistem pemantauan perusahaan dapat memantau dan mengawasi kinerja mesin-mesin produksi secara *real-time*. Melalui pemantauan, pengguna dapat mendeteksi dini potensi masalah atau kegagalan mesin. Data yang dipantau dapat dijadikan dasar dari tindakan perbaikan dan pencegahan dapat diambil sebelum masalah tersebut berdampak pada kelancaran proses produksi serta kualitas produk yang dihasilkan (Henao-Hernández dkk. 2019; Kromann dkk. 2020).

Pemantauan data dengan cara mendatangi langsung mesin produksi dan melihat data yang ditampilkan pada mesin, kemudian menuliskan data tersebut memiliki potensi kesalahan cukup tinggi (Mays dan Mathias 2019). Industri farmasi memiliki standar sterilisasi ketat dibandingkan dengan industri lain. Standar tersebut membatasi personil yang masuk pada tempat pembuatan obat khususnya pada kelas A. Personil mengakses area kelas B, C, dan D juga memerlukan baju yang tepat. Pemakaian baju tersebut memakan waktu cukup signifikan, ditambahkan lagi faktor pengambilan data secara manual meningkatkan potensi kontaminasi pada obat-obatan yang sedang dibuat (World Health Organization 2022).

Sejumlah survei literatur telah dilakukan terkait sistem pemantauan yang sudah dirancang. Survei tersebut melibatkan tinjauan literatur dan perbandingan antara alat yang telah ada dengan alat yang ingin dirancang.

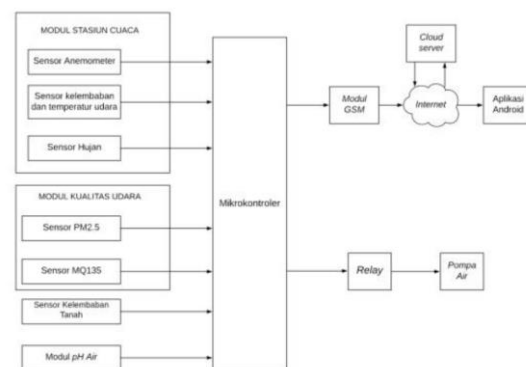
Survei pertama merupakan jurnal yang berjudul “*Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment*” yang ditulis oleh M. M. Islam, A. Rahaman, dan M. R. Islam. Jurnal menggambarkan pembuatan sebuah alat yang menggunakan sensor untuk mengumpulkan data. Sensor tersebut mendeteksi data yang kemudian diproses menjadi format yang dapat dipahami oleh *web server* menggunakan ESP32. Selain itu, ESP32 juga bertugas mengirimkan data ke *web server*. *Web server* merupakan sebuah *server* yang terhubung pada jaringan lokal. Pengiriman data menggunakan WiFi yang terdapat pada ESP32. *Web server* bertugas untuk menyimpan data tersebut dalam basis data. Data yang disimpan dapat diakses dan digunakan melalui platform *ThingSpeak*.

ThingSpeak memiliki kemampuan untuk menampilkan data dari basis data dalam bentuk grafik yang mudah dipahami oleh pengguna. Pengguna yang dituju pada perancangan tersebut adalah tenaga medis. (Islam, Rahaman, dan Islam 2020)



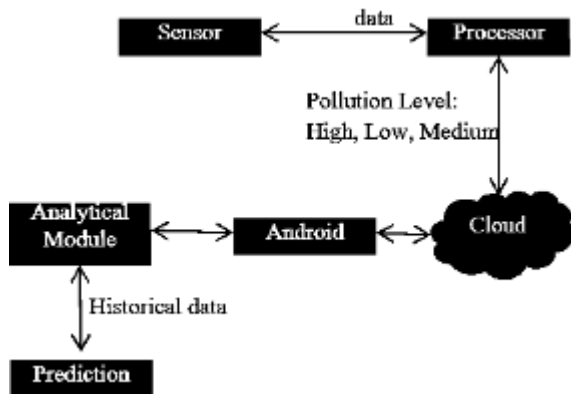
Gambar 1. Diagram dari Sistem Pemantauan Kesehatan (Islam dkk. 2020)

Jurnal kedua yang disurvei adalah artikel berjudul “*Sistem Kontrol Untuk Pertanian Berbasis Internet of Things*” yang ditulis oleh R. S. Prakoso, J. Fat, E. Setyaningsih, dan Hugeng. Jurnal ini menggambarkan sebuah sistem yang dirancang untuk pengambilan dan pengendalian pompa. Sensor digunakan untuk mengumpulkan berbagai jenis data yang kemudian diproses oleh mikrokontroler *Arduino Mega 2560 R3*. Mikrokontroler *Arduino Mega 2560 R3* bertanggung jawab dalam memproses data tersebut menjadi bentuk yang dapat dimengerti oleh *cloud server*. Hasil dari pemrosesan data juga digunakan untuk mengendalikan operasi pompa air. Data dikirimkan ke *cloud server* melalui modul GSM dengan koneksi 3G/4G. Data yang telah disimpan dalam *cloud server* dapat diakses kembali melalui sebuah aplikasi Android. (Prakoso dkk. 2022)



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kontrol Alat Pemantauan Pertanian (Prakoso dkk. 2022)

Survei ketiga melibatkan jurnal yang berjudul “IoT-Mobair: Sistem Pemantauan Polusi Udara Berbasis *Internet of Things* untuk Perangkat Bergerak” yang ditulis oleh S. Dhingra dan rekan-rekannya. Jurnal ini menjelaskan tentang sistem yang digunakan untuk memantau polusi udara. Proses pengumpulan data dimulai dengan penggunaan sensor yang mendeteksi berbagai parameter yang berkaitan dengan kualitas udara. Setelah itu, data yang terkumpul diproses menggunakan mikrokontroler *Arduino UNO*. *Arduino UNO* terdapat juga modul *ESP8266* yang berfungsi sebagai pengirim data melalui jaringan *WiFi*. Data yang telah diproses dan dikirimkan melalui *WiFi* tersebut kemudian diteruskan ke layanan *server* bernama *Ubidots*, yang merupakan sebuah layanan *cloud*. Guna mengakses dan menampilkan data yang telah tersimpan di *server Ubidots*, digunakan sebuah aplikasi android yang telah terintegrasi dengan *external android libraries* yang relevan. (Dhingra dkk. 2018)



Gambar 3. Sistem Pemantauan Polusi Udara (Dhingra dkk. 2018)

Setelah melakukan survei terhadap alat-alat yang sebelumnya telah dikembangkan oleh para peneliti, dapat disimpulkan bahwa informasi-informasi yang relevan telah ditemukan dan dapat dijadikan sebagai hasil dalam survei ini. Hasil tersebut kemudian disusun dan disajikan dalam bentuk tabel yang diberi label "Tabel 1", yang berfungsi sebagai rangkuman komprehensif dari data yang dikumpulkan. Tabel ini memuat informasi penting yang terkait dengan alat-alat yang telah diteliti sebelumnya, sehingga memudahkan

pengidentifikasi pola atau tren yang muncul dari survei tersebut.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Perancangan

Sistem	Mikro-kontroler	Jaringan
Pemantauan kesehatan	<i>ESP32</i>	<i>WiFi</i>
Pemantauan pertanian	<i>Arduino Mega 2560 R3</i>	<i>GSM 3G /4G</i>
Pemantauan polusi udara	<i>Arduino UNO dan ESP8266</i>	<i>WiFi</i>
Alat yang ingin dibuat	<i>Programmable Logic Controller Siemens S7-300</i>	<i>Ethernet</i>

Perancangan bertujuan untuk menggantikan sistem pengambilan data secara manual dengan mengimplementasikan sistem pemantauan dan pengambilan data otomatis. Sistem dirancang dengan kemampuan untuk secara otomatis mengumpulkan data dari mesin produksi dan menyimpannya dalam sebuah basis data. Kelebihan tambahan dari sistem pemantauan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengambilan data, mengurangi penggunaan proses manual yang rentan terhadap kesalahan. Sistem pemantauan dirancang sedemikian rupa sehingga data yang terkumpul dapat dengan mudah diakses, dianalisis, dan digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam lingkungan produksi obat-obatan. Sistem pemantauan diharapkan menambahkan manfaat bagi pembuat sebagai peningkatan volume produksi dan dirasakan oleh khalayak yang mengonsumsi obat tersebut (Arden dkk. 2021).

METODOLOGI

Deskripsi Konsep

Alat yang dirancang memanfaatkan teknologi pemantauan. Alat pemantauan memantau data yang ditampilkan dari *human machine interface (HMI)* ke pada aplikasi *web grafana*. *Programmable logic controller (PLC)* merupakan sebuah mikrokontroler namun dibuat untuk pengaplikasian dibidang industri. Data dari PLC diambil dari blok data. Blok data tersebut berisikan data yang ditampilkan di HMI.

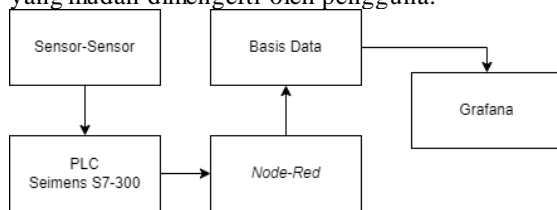
Pengendalian mesin produksi, menggunakan PLC Siemens S7-300 sebagai pengendali utama. Selain tugas pengendalian, PLC juga memiliki kemampuan untuk terhubung ke jaringan melalui antarmuka *ethernet*. PLC dapat mengirimkan data

melalui jaringan menggunakan bantuan *Node-RED*, sebuah aplikasi web yang berada di *server* yang terhubung ke jaringan yang sama dengan PLC. *Node-RED* berperan sebagai penerima data dari PLC dan melakukan proses pengolahan data. Setelah data diproses, hasilnya dapat dikirimkan ke sebuah basis data yang terletak di *server* lokal yang terhubung dengan *Node-RED*.

Basis data ini juga dihubungkan dengan aplikasi *web Grafana* yang terpasang di *server* lokal yang dapat diakses oleh perangkat-perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama. Mengintegrasikan antara basis data dan *grafana*, data yang telah diproses dapat disajikan secara visual melalui grafik-grafik yang mudah dipahami oleh pengguna.

Diagram Blok

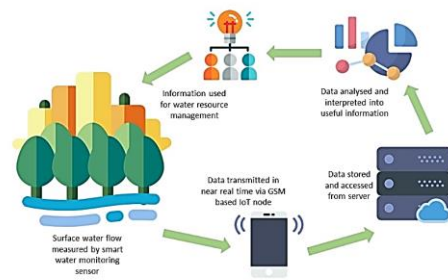
Perancangan yang terbuat terdiri dari kumpulan sensor-sensor yang terhubung dengan PLC Siemens S7-300. Sensor yang terhubung dengan PLC menghasilkan data yang diproses oleh PLC sehingga data tersebut bisa dikirimkan dan oleh PLC ke *Node-RED*. *Node-RED* menerima data yang dikirimkan oleh PLC dan mengirimkannya ke basis data. *Grafana* mengambil data tersebut dari basis data dan mengembarkannya sebagai grafik yang mudah dimengerti oleh pengguna.



Gambar 4. Diagram Blok Alat Pemantauan PLC

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah paradigma komputasi yang menghubungkan berbagai objek fisik melalui jaringan internet, memungkinkan pertukaran data dan interaksi antara objek-objek tersebut. IoT memainkan peran penting dalam mengimplementasikan sistem yang terhubung ke jaringan, di mana sensor-sensor dan perangkat elektronik terhubung untuk mengumpulkan data, menganalisisnya, dan mengirimkan data tersebut. Melalui konsep IoT, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan pemantauan dalam bidang manufaktur dengan memanfaatkan konektivitas dan kemampuan pemrosesan data yang diberikan oleh IoT. (Bandyopadhyay dan Sen 2011; Xia, Yang, dan Wang 2012)



Gambar 5. Ilustrasi Alir Data dari Sistem IoT

Jaringan

Penyebaran *Internet of Things (IoT)* membutuhkan pengembangan teknologi jaringan yang sesuai supaya IoT dapat diimplementasikan dengan menghubungkan objek-objek di dunia fisik ke internet. pencapaian konektivitas jaringan, teknologi seperti *radio frequency identification (RFID)*, komunikasi nirkabel jarak pendek, dan jaringan sensor digunakan. Selain itu, protokol Internet versi 6 (IPv6) dengan alamat yang lebih luas memungkinkan pengalamatan, koneksi, dan pelacakan berbagai objek IoT. Keamanan, skalabilitas, dan kompatibilitas lintas platform di aplikasi IoT, menjadi persyaratan penting. Oleh karena itu, teknologi jaringan harus menyediakan solusi yang dapat menghubungkan berbagai objek ke jaringan dengan biaya yang lebih rendah. Akses jaringan yang merata juga akan mengubah cara informasi diproses. Menggunakan arsitektur *Internet Protocol (IP)* yang mendukung komunikasi ujung ke ujung, tidak diperlukan *gateway* terjemahan protokol yang rumit. Perancangan jaringan yang dipakai dalam hal ini merupakan jaringan lokal dimana mesin dan *server* memiliki IP yang saling berkomunikasi. (Bandyopadhyay dan Sen 2011)

PLC Siemens S7-300

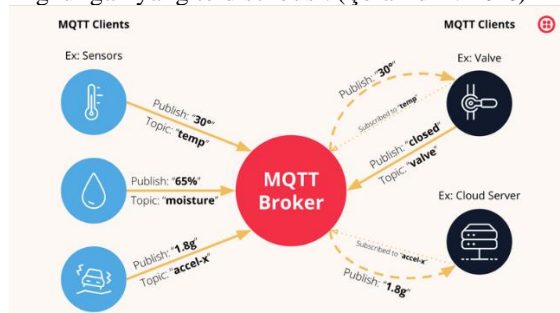
PLC diketahui sebagai mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali di bidang otomatisasi industri. Perancangan memanfaatkan PLC bertipe Siemens S7-300. Siemens S7-300 digunakan sebab memiliki fitur IoT menggunakan tatap muka *ethernet*. Tatap muka menggunakan protokol komunikasi lapisan *transport profibus TCP/IP*. (Hudedmani dkk. 2017)



Gambar 6. PLC Siemens S7-300

Protokol Komunikasi

Protokol komunikasi yang digunakan adalah *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). MQTT adalah sebuah protokol komunikasi yang ringan, dirancang khusus untuk pertukaran pesan antara perangkat dalam jaringan *Internet of Things* (IoT). Protokol ini memungkinkan pengiriman pesan dengan *overhead* yang rendah melalui koneksi jaringan terbatas. MQTT menggunakan model *publish-subscribe*, di mana pesan dikirim oleh pengirim (*publisher*) ke broker MQTT, dan penerima (*subscriber*) dapat berlangganan pada topik-topik tertentu untuk menerima pesan yang diterbitkan ke topik tersebut. Kelebihan MQTT meliputi kemampuan asinkron dan ringan, cocok untuk perangkat dengan sumber daya terbatas seperti sensor IoT, serta dukungan untuk tingkat keandalan pengiriman pesan yang dapat dikontrol. MQTT telah digunakan luas dalam berbagai aplikasi IoT, memberikan pertukaran data yang efisien dan andal antara perangkat IoT, untuk komunikasi yang adaptif dan responsif di lingkungan yang terdistribusi. (Çorak dkk. 2018)

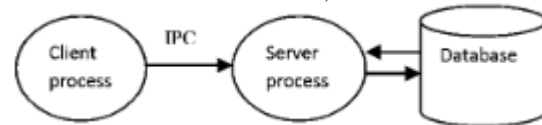


Gambar 7. Ilustrasi Cara Kerja Protokol Komunikasi MQTT pada Sistem IoT

Server

Server merupakan sebuah komputer yang biasa memiliki perangkat yang lebih kuat dan terhubung kepada klien. Klien pada perancangan merupakan PLC yang terhubung pada *server*. Sistem tersebut disebut sistem *server-klien*. Sistem

server-klien bisa didefinisikan sebagai sistem yang terdiri dari *server* dan klien, dan klien selalu mengirimkan permintaan kepada *server*. *Server* kemudian memenuhi permintaan klien dengan respons yang sesuai dari permintaan tersebut. Kesimpulan dari sistem *server-klien* adalah komponen dari sistem saling berkomunikasi dan saling bertukaran data. Komponen dari sistem tersebut memiliki fungsi sendiri. (Haroon-Sulyman dan Shakirat Oluwatosin 2014)



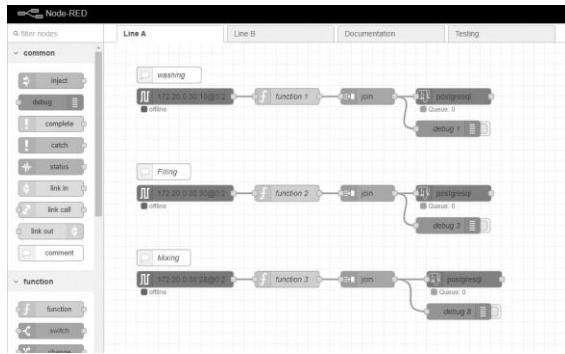
Gambar 8. Sistem *Server-Klien* (Haroon-Sulyman dan Shakirat Oluwatosin 2014)

Gambar 8 adalah sistem *server-klien* yang terdiri dari *client process* (proses klien), *server process* (proses server), dan *database* (basis data). Proses *server* pada perancangan merupakan tempat aplikasi berbasis *web Node-RED* dan *grafana* dipasang. *Server* bisa bertukaran data dengan basis data. Selain dari PLC, *server* juga terhubung dari klien-klien lain. Klien terdiri dari banyak gawai dan komputer. (Haroon-Sulyman dan Shakirat Oluwatosin 2014)

Node-RED

Perancangan menggunakan *Node-RED* untuk mengolah data yang dikirimkan oleh PLC. *Node-RED* adalah platform pemrograman visual yang digunakan untuk menghubungkan dan mengotomatiskan aliran data dari berbagai sumber dan sistem. *Node-RED* memungkinkan pengguna untuk membuat aliran data dengan cara menarik dan menjatuhkan blok yang mewakili fungsi atau aksi tertentu, seperti membaca data dari sensor atau mengirim pesan ke sistem lain.

Node-RED terutama digunakan dalam aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan lingkungan industri untuk mengintegrasikan dan mengotomatiskan aliran data dari berbagai sistem dan perangkat, seperti sensor, perangkat lunak, dan sistem kontrol industri. *Node-RED* juga memiliki ketersediaan blok yang telah dikembangkan oleh komunitas, yang memudahkan peneliti untuk membuat aliran data yang lebih kompleks tanpa harus menulis kode dari awal (Brock dan Eich 2020; Ferencz dan Domokos 2019; Nițulescu dan Korodi 2020).



Gambar 9. Dashboard Aplikasi Web Node-RED

Grafana

Grafana merupakan platform analisis dan visualisasi data yang bersifat *open-source* yang memungkinkan pengguna untuk memonitor dan menganalisis data dalam waktu. Data dapat diambil dari berbagai sumber data seperti layanan *cloud*, *database*, ataupun alat pengumpul data seperti *InfluxDB* dan *Prometheus*.

Pengembang dapat membuat *dashboard* dan grafik interaktif yang dapat memvisualisasikan data secara *real-time* sesuai kebutuhan bisnis atau teknis. Grafana banyak digunakan oleh *developer*, *engineer*, dan analis data dalam lingkungan IT (Chan 2019). Platform *grafana* tepat digunakan untuk proyek dikarenakan proyek sedang tahap awal dan ingin membuat konsep secara cepat dan baik. Grafana digunakan sebagai alat untuk visualisasi data yang terdapat pada *database*. Data dapat ditampilkan sesuai keperluan dari pengguna nantinya, untuk sekarang *developer* memberikan sampel untuk nantinya dievaluasi atau diubah sesuai dari kemauan pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemantauan dibuat di *server* menggunakan aplikasi *web grafana*. Sensor yang telah diambil datanya berhasil jika memiliki nilai yang sama pada HMI dan *grafana*. Beberapa data yang diambil di antaranya:

1. Suhu elemen pemanas.
2. Tekanan air.
3. Kecepatan putaran mesin.

Nilai pada HMI di ambil dengan cara melihat HMI yang terhubung dengan PLC. PLC bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari sensor dan perangkat terhubung, kemudian mengirimkan data tersebut ke HMI. HMI menerima data dari PLC, data adalah nilai pembacaan sensor yang terhubung dengan PLC. Nilai pada *grafana* di ambil dengan metode mengobservasi nilai yang tertera pada sistem pemantauan yang dirancang di aplikasi *grafana*. Aplikasi *grafana* mendapatkan data dari basis data yang berisikan data yang

diambil dari PLC.

Percobaan pertama dilakukan pada sensor suhu elemen pemanas. Elemen pemanas pada mesin telah menyala dan telah diatur untuk memanaskan di suhu 300°C ketika mesin beroperasi. Tabel 2 merupakan hasil pengamatan sensor suhu setiap 5 menit.

Tabel 2. Hasil Pemantauan dari HMI dan Grafana untuk Sensor Suhu Elemen Pemanas

Percobaan	Nilai pada HMI (°C)	Nilai pada grafana (°C)
1	299.66	299.66
2	300.49	300.49
3	299.67	299.67
4	299.61	299.61
5	300.39	300.39
6	299.86	299.86
7	299.99	299.99
8	300.29	300.29
9	299.73	299.73
10	299.32	299.32

Berdasarkan data yang didapatkan, pengambilan data dari PLC untuk sensor suhu elemen pemanas berhasil. Pengambilan data yang dikategorikan berhasil jika data nilai yang tampil di HMI sama dengan nilai yang tampil di *grafana*. Tabel 2 mengindikasikan nilai yang tertera pada HMI sama dengan *grafana*. Deviasi dari suhu terjadi akibat toleransi dari sensor suhu yang terdapat pada elemen pemanas.

Percobaan kedua dilakukan pada sensor tekanan air. Tekanan air harus memiliki nilai dengan jangkauan 0.5 Bar – 1 Bar ketika mesin beroperasi nilai tersebut juga harus memiliki tren. Tabel 3 merupakan hasil pengamatan dari sensor tekanan air yang dilakukan setiap 5 menit.

Tabel 3. Hasil Pemantauan dari HMI dan Grafana untuk Sensor Tekanan Air

Percobaan	Nilai pada HMI (mBar)	Nilai pada grafana (mBar)
1	864	864
2	566	566
3	918	918

4	656	656
5	535	535
6	862	862
7	655	655
8	723	723
9	854	854
10	1015	1015

Berdasarkan data Tabel 3, pengambilan data dari PLC berhasil terhubung dengan *grafana*. Pengambilan data dapat dianggap berhasil jika nilai yang ditampilkan pada HMI dan *grafana* adalah sama. Kesesuaian nilai antara HMI dan *grafana* tergambar dalam Tabel 3. Pada percobaan 10 terjadi nilai yang lebih dari 1 Bar. Juga data tekanan yang diberikan tidak menunjukkan tren. Hal ini dapat disebabkan sensor yang berfungsi kurang baik.

Percobaan ketiga dilakukan pada sensor kecepatan mesin produksi. Kecepatan mesin memiliki kecepatan yang relatif konstan dan tidak berubah. Tabel 4 merupakan hasil dari pengamatan dari kecepatan mesin produksi, pengamatan dilakukan dengan interval 5 menit.

Tabel 4. Hasil Pemantauan dari HMI dan *Grafana* untuk Kecepatan Mesin Produksi

Percobaan	Nilai pada HMI (%)	Nilai pada <i>grafana</i> (%)
1	40.7	40.7
2	40.9	40.9
3	40.4	40.4
4	40.1	40.1
5	40.9	40.9
6	40.8	40.8
7	40.9	40.9
8	40.3	40.3
9	40.6	40.6
10	40.1	40.1

Data yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa percobaan tersebut berhasil, di mana nilai yang ditampilkan pada HMI dan *grafana* selalu sama. Selama sepuluh percobaan yang dilakukan, nilai yang ditampilkan pada HMI dan

grafana selalu memiliki kesesuaian yang sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengambilan data berjalan lancar dan sesuai dengan yang diinginkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, beberapa poin dapat disimpulkan. Pertama, perancangan sistem pemantauan data berhasil dirancang dengan sukses. Hal ini terindikasi dari konsistensi nilai yang ditampilkan di HMI dan aplikasi web *grafana*. Kedua, sistem ini mampu memantau data suhu elemen pemanas, tekanan air, dan kecepatan mesin produksi melalui *grafana*. Ketiga, sistem pemantauan ini menunjukkan tingkat akurasi yang mencapai 100% untuk ketiga sensor tersebut. Namun, perlu diperhatikan bahwa perancangan sistem pemantauan ini hanya terbatas pada sensor-sensor yang terhubung dengan PLC dan memerlukan adanya fitur *ethernet* dan *profibus* TCP/IP pada PLC untuk pengaplikasian rancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arden, N. Sarah, Adam C. Fisher, Katherine Tyner, Lawrence X. Yu, Sau L. Lee, dan Michael Kopcha. 2021. "Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future." *International Journal of Pharmaceutics* 602:120554. doi: 10.1016/J.IJPHARM.2021.120554.
- Bandyopadhyay, Debasis, dan Jaydip Sen. 2011. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." *Wireless Personal Communications* 58(1):49–69. doi: 10.1007/S11277-011-0288-5.
- Brock, AW, dan B. Eich. 2020. "JavaScript: the first 20 years." *Proceedings of the ACM on Programming Languages* 4(HOPL):1–189. doi: 10.1145/3386327.
- Chan, N. 2019. "A Resource Utilization Analytics Platform Using Grafana and Telegraf for the Savio Supercluste." *Proceedings of the Practice and Experience in Advanced Research Computing on Rise of the Machines (learning)* 19:1–6. doi: 10.1145/3332186.3333053.
- Çorak, BH, FY Okay, M. Güzel, dan ... Ş. Murt. 2018. "Comparative analysis of IoT communication protocols." Hlm. 1–6 dalam *2018 International symposium on networks, computers and communications (ISNCC)*.
- Dhingra, Swati, Rajasekhara Babu Madda, Amir H. Gandomi, Senior Member, Rizwan Patan, Mahmoud Daneshmand, dan Life Member. 2018. "Internet of Things mobile-air pollution

- monitoring system (IoT-Mobair).” *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*.
- Ferencz, K., dan J. Domokos. 2019. “Using Node-RED platform in an industrial environment.” *XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia, Budapest* 52–63.
- Haroon-Sulyman, Shakirat, dan Haroon Shakirat Oluwatosin. 2014. “Client-Server Model.” *Journal of Computer Engineering* (1):67–71. doi: 10.9790/0661-16195771.
- Henao-Hernández, Iván, Elyn L. Solano-Charris, Andrés Muñoz-Villamizar, Javier Santos, dan Rafael Henríquez-Machado. 2019. “Control and monitoring for sustainable manufacturing in the Industry 4.0: A literature review.” *IFAC-PapersOnLine* 52(10):195–200. doi: 10.1016/J.IFA COL.2019.10.022.
- Hudedmani, MG, RM Umayal, ... SK Kabberalli-Advanced Journal of, dan undefined 2017. 2017. “Programmable logic controller (PLC) in automation.” *journals.aijr.org* 2(1):37–45. doi: 10.21467/ajr.2.1.37-45.
- Islam, Md Milon, Ashikur Rahaman, dan Md Rashedul Islam. 2020. “Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment.” *SN Computer Science* 1(3). doi: 10.1007/S42979-020-00195-Y.
- Kromann, Lene, Nikolaj Malchow-Møller, Jan Rose Skaksen, dan Anders Sørensen. 2020. “Automation and productivity—a cross-country, cross-industry comparison.” *Industrial and Corporate Change* 29(2):265–87. doi: 10.1093/icc/dtz039.
- Mays, James A., dan Patrick C. Mathias. 2019. “Measuring the rate of manual transcription error in outpatient point-of-care testing.” *Journal of the American Medical Informatics Association* 26(3):269–72. doi: 10.1093/JAMIA/OCY170.
- Nițulescu, IV, dan A. Korodi. 2020. “Supervisory control and data acquisition approach in node-RED: Application and discussions.” *IoT* 1(1):5. doi: 10.3390/iot1010005.
- Prakoso, Rafael Saktiaji, Joni Fat, Endah Setyaningsih, dan Hugeng. 2022. “SISTEM KONTROL UNTUK PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS.” *TESLA: Jurnal Teknik Elektro* 24(1):91–100. doi: 10.24912/TESLA.V24I1.19563.
- World Health Organization. 2022. *Annex 2 WHO good manufacturing practices for sterile pharmaceutical products*.
- Xia, F., LT Yang, dan L. Wang. 2012. “Internet of things.” *International journal of communication systems* 25(9):1101–3.