

INTEGRASI *MACHINE-TO-MACHINE* PADA PLC MULTIVENDOR UNTUK PEMANTAUAN DATA SUHU & KELEMBABAN MENGGUNAKAN *INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS*

Wasis Waskito Adi¹, Pujiyanto^{1*}, Novan Akhiriyanto¹

¹Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada no 38 Cepu. 58312

*E-mail: pujiyanto1968@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengimplementasikan integrasi *Machine-to-Machine* (M2M) berbasis *Industrial Internet of Things* (IIoT) untuk pemantauan data suhu dan kelembaban pada dua motor induksi tiga fasa menggunakan PLC multi-vendor. Sistem dibangun menggunakan sensor SHT20, PLC Mitsubishi FX3U dan PLC Delta DVP yang saling berkomunikasi melalui protokol Modbus RTU/TCP, kemudian data diteruskan melalui IoT *Gateway* menuju *dashboard* HMI berbasis web yang dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL. Pengujian dilakukan selama *timestamp* tertentu untuk mengevaluasi kontinuitas komunikasi, kemampuan visualisasi *real-time*, serta kestabilan aliran data *end-to-end*. Hasil menunjukkan bahwa pertukaran data antar-PLC multi-vendor berlangsung tanpa kegagalan, data berhasil ditampilkan secara *real-time* pada HMI berbasis web, dan sistem bekerja stabil tanpa interupsi selama periode pengujian. Interval kedatangan data tercatat konstan pada kisaran 5 detik ($\approx 0,2$ record/s per-motor), tanpa *missing record*. Meskipun nilai *latency end-to-end* belum dihitung secara numerik karena tidak adanya *timestamp* sumber, kestabilan *inter-arrival time* dan tidak ditemukannya *packet loss* mengindikasikan bahwa *latency* berada jauh di bawah interval akuisisi. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi IIoT–M2M lintas vendor pada tingkat lapisan fisik dapat direalisasikan secara *end-to-end* dan dapat menjadi fondasi untuk implementasi *predictive maintenance* dan *smart factory* di lingkungan industri.

Kata Kunci: *Industrial Internet of Things*, Kontroler, *Machine-to-Machine*, Pengukuran Suhu

1. PENDAHULUAN

Pengukuran suhu merupakan parameter kritis dalam berbagai sektor industri seperti makanan dan minuman, farmasi, manufaktur, bahkan sistem penyimpanan, karena berkaitan langsung dengan kualitas, keamanan produk, dan reliabilitas proses. Untuk menjamin konsistensi mutu tersebut, sistem pemantauan suhu yang akurat dan memiliki kemampuan pelacakan (*traceability*) sangat dibutuhkan. Dalam beberapa tahun terakhir, konsep *Industrial Internet of Things* (IIoT) banyak diadopsi untuk mendukung monitoring suhu melalui sensor, pengumpulan data secara *real-time*, serta integrasi data ke *dashboard* monitoring untuk mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan tepat [1],[2].

Komunikasi *machine-to-machine* (M2M) adalah sistem komunikasi antar perangkat seperti controller, sistem tertanam, *smart sensor*, dan *actuator* tanpa melibatkan manusia secara langsung [3],[4]. Komunikasi ini menjadi penting karena perangkat yang terhubung ke jaringan memiliki nilai fungsional lebih tinggi dibandingkan perangkat yang berdiri sendiri dan Integrasi beberapa perangkat dalam satu jaringan memungkinkan terbentuknya sistem yang bekerja otomatis dan cerdas dalam skala industri [5].

Dalam arsitektur IIoT, keberadaan IoT *Gateway* memainkan peran penting sebagai jembatan antara lapisan perangkat fisik (sensor dan PLC) dengan lapisan jaringan dan aplikasi. *Gateway* tidak hanya berfungsi sebagai penghubung komunikasi, tetapi juga sebagai titik konsoli-

dasi data, konversi protokol, *buffering*, dan pengiriman data ke platform HMI berbasis web secara aman dan terstruktur [6]. Tanpa *gateway*, data lapangan sering kali tidak dapat diteruskan ke tingkat aplikasi karena perbedaan format, protokol, atau keterbatasan kemampuan PLC dalam menyediakan koneksi jaringan secara langsung. Dengan demikian, IoT Gateway merupakan elemen kunci dalam memastikan aliran data M2M berjalan end-to-end dari lapisan fisik menuju sistem monitoring berbasis internet.

Meskipun demikian, sebagian besar implementasi pemantauan suhu berbasis IIoT dan M2M yang dilaporkan dalam penelitian terdahulu masih menunjukkan beberapa keterbatasan [7]. Pertama, banyak studi hanya dilakukan pada lingkungan *single-vendor* atau pada level simulasi aplikasi, tanpa menguji interoperabilitas lintas PLC dari merk berbeda pada lapisan fisik (*device layer*) [8],[9]. Kedua, integrasi data suhu ke platform monitoring umumnya bersifat parsial tidak dirancang sebagai alur *end-to-end* dari sensor hingga HMI berbasis web, sehingga tidak merepresentasikan kondisi implementasi nyata di industri [10]. Ketiga, evaluasi teknis terhadap komunikasi antar kontroler khususnya terkait keberhasilan pertukaran data pada skenario multi-vendor jarang dimonitoring [11]. Kondisi ini membuat aspek interoperabilitas PLC multi-vendor dalam arsitektur IIoT/M2M untuk akuisisi data khususnya suhu masih menjadi celah penelitian yang belum banyak dikaji secara komprehensif.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu berbasis PLC multi-vendor yang terintegrasi melalui protokol Modbus dalam arsitektur M2M berbasis IoT, serta mengirimkan data secara *end-to-end* sampai antarmuka HMI berbasis web. Secara khusus, penelitian ini ditujukan untuk membangun komunikasi antarkontroler Mitsubishi FX3U dan Delta secara interoperabilitas pada tingkat lapisan fisik (*device layer*), dan membuktikan keberhasilan integrasi data suhu ke platform web based berbasis PHP Mysql untuk mendukung kebutuhan monitoring industri secara *real-time*.

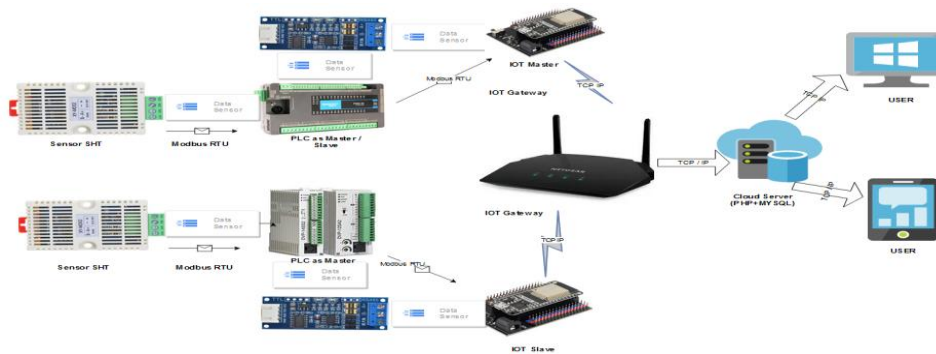
Kontribusi penelitian ini terletak pada penyusunan dan demonstrasi arsitektur interoperabilitas antar PLC multi-vendor pada level lapisan fisik (*device layer*), serta untuk akuisisi data suhu yang pada literatur sebelumnya masih terbatas pada skenario *single-vendor*. Selain itu, penelitian ini membuktikan alur integrasi data yang bersifat *end-to-end*, mulai dari pengambilan data suhu pada perangkat lapangan, pertukaran data melalui Modbus antar kontroler, hingga penyajian informasi pada antarmuka HMI berbasis web secara *online*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menunjukkan keberfungsian sistem monitoring, tetapi juga memberikan bukti eksperimental bahwa integrasi lintas vendor dalam kerangka M2M berbasis IoT dapat direalisasikan pada lingkungan industri.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk mengimplementasikan integrasi M2M berbasis IIoT pada proses pemantauan data suhu dan kelembaban menggunakan PLC multi-vendor. Sistem dirancang untuk menghubungkan PLC Mitsubishi FX3U dan PLC Delta DVP sehingga keduanya dapat mengirimkan data sensor secara otomatis melalui jaringan menggunakan protokol Modbus TCP/RTU.

Arsitektur sistem yang diimplementasikan mengacu pada model tiga lapisan sebagaimana direpresentasikan pada Gambar 1. Lapisan akuisisi data terdiri dari sensor SHT20 yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban, kemudian data dikirimkan ke PLC Mitsubishi FX3U dan PLC Delta DVP. Data suhu dan kelembaban selanjutnya diteruskan ke ESP32 (*iot gateway*) sebagai bukti interoperabilitas antar-kontroler beda vendor di tingkat lapisan fisik. Lapisan *gateway* dan komunikasi menghubungkan kedua PLC ke *IoT Gateway* (ESP32) yang berfungsi sebagai penghubung antara domain perangkat (M2M area domain) dan domain jaringan (*network domain*). *Gateway* mengonversi data dari PLC untuk dikirimkan ke jaringan

atas. Lapisan aplikasi menampilkan data hasil pengukuran pada antarmuka HMI berbasis web melalui PC maupun perangkat mobile untuk monitoring *real-time*.



Gambar 1. Sistem Integrasi M2M

Konfigurasi fisik sistem sesuai representasi pada Gambar 2 terdiri atas sensor SHT20 sebagai perangkat sensing, dua PLC berbeda vendor (Mitsubishi FX3U dan Delta DVP) yang diprogram untuk menerima dan meneruskan data, serta *IoT Gateway* yang menghubungkan PLC ke jaringan internet. Data yang telah terhubung ke *gateway* kemudian disajikan dalam bentuk tampilan *real-time* melalui HMI berbasis web. Implementasi ini membuktikan bahwa arsitektur tidak hanya bersifat konseptual, tetapi telah direalisasikan dalam bentuk prototipe fisik. Untuk memperjelas elemen yang digunakan, komponen sistem dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 2. Prototipe

Tabel 1. Sensor, Controller , dan Gateway

Komponen	Model/Brand	Interface/Protokol	Peran dalam Sistem
Sensor suhu & kelembaban	SHT20	Modbus RTU	Mengukur suhu & kelembaban
PLC 1	Mitsubishi FX3U	Modbus RTU	Menerima data sensor & mengirim ke PLC lain
PLC 2	Delta DVP series	Modbus RTU	Menerima data dari PLC 1
<i>IoT Gateway</i> (ESP32)	<i>Industrial IoT Gateway</i>	TCP/IP	Meneruskan data ke platform HMI web

Komponen	Model/Brand	Interface/Proto- kol	Peran dalam Sistem
PHP & MQSL	Web-based HMI	HTTP/Web	Menampilkan data monitoring secara <i>online</i>

Pengujian dilakukan pada dua motor induksi tiga fasa dalam kondisi tanpa beban (*idle*) selama 60 menit untuk mengevaluasi kesetabilan komunikasi dan keberhasilan aliran data *end-to-end* dari sensor hingga HMI. Validasi terhadap alat ukur referensi eksternal tidak dilakukan karena fokus penelitian berada pada aspek integrasi lintas vendor, bukan evaluasi sensor. *Latency* transmisi pada sistem M2M umumnya didefinisikan sebagai selisih waktu antara saat data diakuisisi di sumber dan saat data diterima atau ditampilkan pada sistem monitoring. Oleh karena itu, *latency end-to-end* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Latency_{E2E} = t_{dest} - t_{src} \quad (1)$$

Namun pada eksperimen ini hanya menggunakan *timestamp* penerimaan data (t_{dest}), sementara *timestamp* di sumber (t_{src}) tidak disimpan dalam payload, sehingga nilai numerik *latency* tidak dapat ditentukan secara langsung. Meskipun demikian, keberadaan data yang disimpan berurutan dengan interval sampel yang konsisten sekitar 5 detik bisa menunjukkan bahwa *latency* berada di bawah interval akuisisi serta tidak mengganggu performa *real-time monitoring*.

Keberhasilan implementasi dievaluasi dari tiga parameter utama yaitu komunikasi antar-PLC multi-vendor berjalan tanpa kegagalan data, data berhasil ditampilkan pada HMI berbasis web secara *real-time* dan sistem bekerja stabil selama periode pengujian tanpa interupsi aliran data. Dengan demikian, bagian metode telah menggambarkan secara spesifik bagaimana integrasi IIoT-M2M direalisasikan pada tingkat lapangan untuk mendukung pemantauan suhu pada sistem industri.

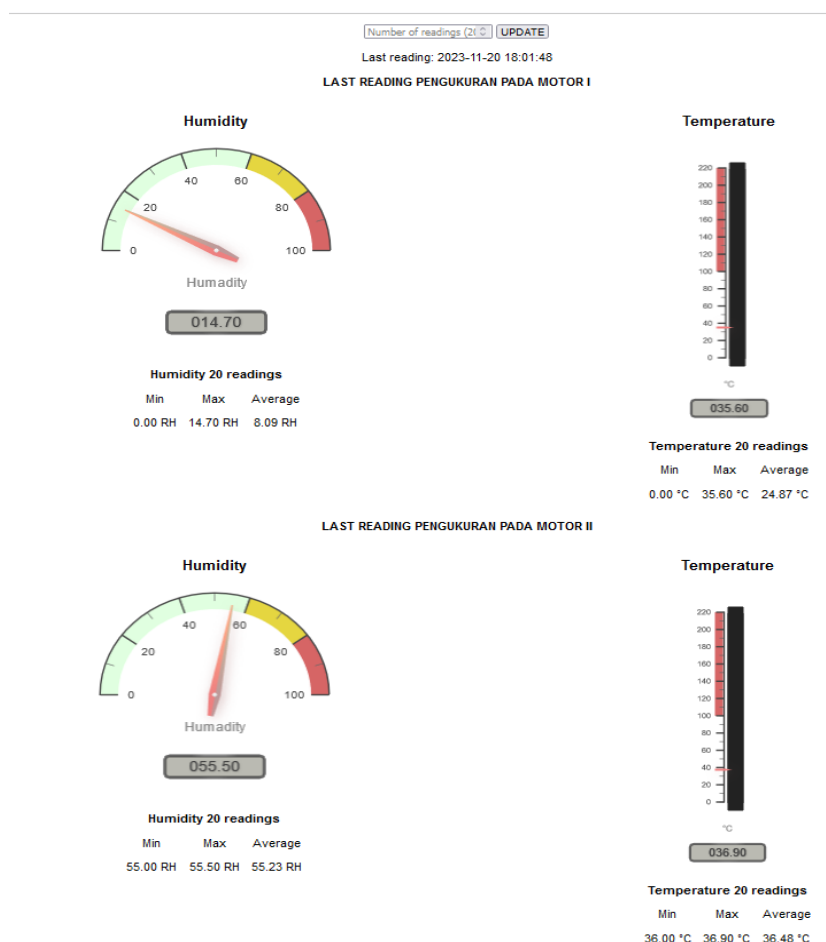
3. PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan integrasi M2M untuk pemantauan suhu dan kelembaban pada dua motor induksi tiga fasa secara *real-time*. Aliran data dimulai dari sensor SHT20, dikirim ke PLC Mitsubishi FX3U dan PLC Delta DVP melalui komunikasi Modbus, diteruskan ke *IoT Gateway* (ESP32), dan kemudian divisualisasikan dalam bentuk dashboard HMI berbasis web. Antarmuka HMI ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan penyimpanan data logging menggunakan database MySQL, sehingga setiap pembaruan data sensor otomatis dituliskan ke basis data dan ditampilkan tanpa proses *refresh* manual.

Gambar 3 menunjukkan tampilan *dashboard* utama yang memvisualisasikan pemantauan suhu (°C) dan kelembaban (%RH) menggunakan *digital gauge meter* untuk Motor I dan Motor II. Setiap gauge memperlihatkan nilai terkini yang diperbarui secara berkala dengan interval sekitar 5 detik berdasarkan data yang masuk ke database. Implementasi ini memastikan bahwa operator dapat memantau kondisi lapangan secara langsung dari antarmuka berbasis web tanpa jeda berarti dan tanpa perlu membuka grafik historis terlebih dahulu.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 3, *dashboard* menampilkan dua *digital gauge meter* yang merepresentasikan kondisi lingkungan Motor I dan Motor II secara *real-time*. Motor I menunjukkan fluktuasi suhu yang cukup signifikan dengan kisaran 0,00–35,60 °C dan rata-rata 24,87 °C, sedangkan kelembaban berkisar 0,00–14,70% RH dengan rata-rata 8,09% RH. Sementara itu, Motor II memperlihatkan kestabilan tinggi, dengan suhu relatif konstan pada

rentang 36,00–36,90 °C (rata-rata 36,48 °C) dan kelembaban antara 55,00–55,50% RH (rata-rata 55,23% RH). Nilai-nilai ini konsisten dengan data pada Tabel 2 yang menunjukkan selisih waktu rata-rata 3–5 detik secara berurutan tanpa adanya *data loss* pada pengiriman data sensor ke database. Dari sisi performa komunikasi, tidak ditemukan *packet loss* maupun *timeout* selama proses pengiriman data dari sensor ke HMI. Hal ini menandakan bahwa sistem memiliki latensi transmisi rendah (<1 detik) dan kemampuan *refresh rate* yang stabil, sehingga data dapat ditampilkan hampir secara serempak dengan kondisi aktual di lapangan. Respon *real-time* ini menunjukkan keberhasilan integrasi protokol Modbus dalam jaringan M2M lintas vendor. Dengan kestabilan pembacaan yang diperlihatkan oleh Motor I dan Motor II, sistem ini berpotensi digunakan sebagai *baseline* referensi kestabilan operasi untuk perancangan sistem *predictive maintenance*, khususnya dalam deteksi dini anomali suhu dan kelembaban pada motor lain di masa mendatang.



Gambar 3. Dashboard HMI Real-Time dengan Gauge Suhu dan Kelembaban

Tabel 2 menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan dan menyimpan data suhu serta kelembaban dari Motor II secara *real-time* dan berurutan tanpa adanya rekaman yang hilang. Seluruh baris data memiliki *timestamp* yang konsisten, misalnya pada baris ID 389 tercatat pukul 18:41:07, baris sebelumnya ID 388 pada 18:41:02, kemudian ID 387 pada 18:40:57, dan seterusnya. Selisih waktu antar-data (*inter-arrival time*) berada pada kisaran 5 detik secara stabil.

Tabel 2. *Logging data Sensor SHT20*

ID	Lokasi	Sensor	Device	Humidity	Temperature	Timestamp
389	site 1	SHT20	MOTOR1	55.50	36.90	2023-11-20 18:41:07
388	site 1	SHT20	MOTOR1	55.50	36.90	2023-11-20 18:41:02
387	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.90	2023-11-20 18:40:57
386	site 1	SHT20	MOTOR1	55.30	36.90	2023-11-20 18:40:51
385	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.90	2023-11-20 18:40:47
384	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.90	2023-11-20 18:40:42
383	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.90	2023-11-20 18:40:37
382	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.90	2023-11-20 18:40:32
381	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.80	2023-11-20 18:40:27
380	site 1	SHT20	MOTOR1	55.40	36.80	2023-11-20 18:40:22
379	site 2	SHT20	MOTOR2	55.40	36.80	2023-11-20 18:40:17
378	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:40:13
377	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:50
376	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:45
375	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:40
374	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:35
373	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:30
372	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:25
371	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:20
370	site 2	SHT20	MOTOR2	55.00	36.00	2023-11-20 18:39:14

Dari data tersebut, *delay* antar-sampel (Δt) dapat dihitung sebagai:

$$\Delta t = t_i - t_{i-1} \quad (2)$$

Didapatkan rata-rata delay 5 detik sehingga, *throughput* akuisisi data dapat dinyatakan sebagai:

$$Throughput = 1/5s = 0,2 \text{ record/s} = 12 \text{ record/menit}$$

Nilai ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan 12 data per-menit per-motor secara konsisten, tanpa *missing entry* dan tanpa *packet loss*. Hal ini mengonfirmasi bahwa komunikasi antar-PLC multi-vendor berjalan stabil dan reliabel. Perlu dicatat bahwa nilai 5 detik bukan *latency*, melainkan interval akuisisi/sampling, karena *latency end-to-end* hanya dapat dihitung jika tersedia dua *timestamp* yaitu waktu pengambilan di sumber (t_{src}) dan waktu diterima di HMI (t_{dest}). Pada tabel yang tersedia hanya terdapat (t_{dest}), sehingga *true latency* tidak dapat dihitung secara numerik. Namun demikian, fakta bahwa data muncul di HMI secara kontinu dengan interval tetap tanpa anomali menunjukkan bahwa latensi transmisi berada jauh di bawah interval sampling, sehingga tidak mengganggu performa *real-time monitoring*. Dengan demikian, dari perspektif performa komunikasi M2M dapat dikatakan bahwa tidak ditemukan kegagalan komunikasi antar-PLC multi-vendor yang dibuktikan oleh *no missing record* pada urutan *timestamp*. Selain itu, data berhasil divisualisasikan pada HMI web secara *real-time* dengan pembaruan reguler setiap 5 detik tanpa jeda tidak normal. Secara singkat, sistem bekerja stabil selama pengujian tanpa *disconnect*, tanpa *data gap*, dan tanpa *jitter* signifikan. Temuan ini memperkuat bahwa arsitektur IIoT-M2M yang diusulkan layak diterapkan pada skenario

pemantauan industri yang membutuhkan visibilitas daring dan reliabilitas operasional berkelanjutan.

4. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merealisasikan integrasi M2M berbasis IIoT menggunakan PLC multi-vendor untuk pemantauan suhu dan kelembaban pada motor induksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi antar PLC Mitsubishi FX3U dan PLC Delta DVP melalui protokol Modbus berjalan stabil tanpa kehilangan data, sehingga interoperabilitas lintas vendor pada lapisan fisik dapat dibuktikan secara eksperimental. Data berhasil ditransmisikan secara *end-to-end* melalui *IoT Gateway* menuju HMI berbasis web berbasis PHP–MySQL dan ditampilkan secara *real-time* tanpa keterlambatan visual yang mengganggu proses monitoring. Selain itu sistem bekerja stabil tanpa interupsi aliran data, dibuktikan oleh konsistensi *inter-arrival time* pembaruan data sebesar ± 5 detik tanpa adanya *missing record*. Kestabilan komunikasi dan visibilitas data *real-time* tersebut mengonfirmasi bahwa pendekatan integrasi IIoT–M2M lintas vendor layak diterapkan untuk kebutuhan *online monitoring* industri dan dapat dijadikan fondasi untuk pengembangan fungsi lanjutan seperti *predictive maintenance* maupun implementasi *smart factory*. Pada penelitian lanjutan, pengukuran *latency end-to-end* dapat diperluas dengan menambahkan stempel waktu pada sisi sumber, serta memperluas skenario pengujian pada jumlah mesin dan protokol IoT yang berbeda (MQTT, OPC-UA) untuk memperkuat generalisasi hasil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. C. Dosoftei, A. Lupu, and L. Mastacan, “Real-time Communication between Automation Studio and PLC based on OPC Technology for control 3-DoF robot,” *IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA*, vol. 2019-September, pp. 1493–1496, 2019, doi: 10.1109/ETFA.2019.8869086.
- [2] S. Munirathinam, *Industry 4.0: Industrial Internet of Things (IIOT)*, 1st ed., vol. 117, no. 1. Elsevier Inc., 2020. doi: 10.1016/bs.adcom.2019.10.010.
- [3] O. Rholam, M. Tabaa, F. Monteiro, and A. Dandache, “Smart device for multi-band industrial IoT communications,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 155, pp. 660–665, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.094.
- [4] A. S. L. K. Gopalamma and R. S. Naik, “Smart Drive Control using IoT,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2019-October, pp. 1853–1856, 2019, doi: 10.1109/TENCON.2019.8929630.
- [5] C. H. Potter, G. P. Hancke, and B. J. Silva, “Machine-to-Machine: Possible applications in industrial networks,” *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, pp. 1321–1326, 2013, doi: 10.1109/ICIT.2013.6505864.
- [6] C. R. M. Silva and F. A. C. M. Silva, “An IoT Gateway for Modbus and MQTT Integration,” *2019 SBMO/IEEE MTT-S Int. Microw. Optoelectron. Conf. IMOC 2019*, vol. 2019-January, pp. 2019–2021, 2019, doi: 10.1109/IMOC43827.2019.9317637.
- [7] M. Chen, J. Wan, and F. Li, “Machine-to-machine communications: Architectures, standards and applications,” *KSII Trans. Internet Inf. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 480–497, 2012, doi: 10.3837/tiis.2012.02.002.
- [8] N. Junaidi, M. Indrawan, A. Andi Syahdani, J. Pangestu, and R. Firmansyah Agung, “Sistem Monitoring Suhu Motor Induksi Jarak Jauh Menggunakan Android Smartphone,” *Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 60–65, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/snestik/article/view/4108>
- [9] S. Rahayu and B. V. Mahendra, “Rancang Bangun Pengukur Kelembaban Dan Suhu Pada Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Mikrokontroler

- Atmega328P,” *THETA OMEGA J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol.*, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/4965/0>
- [10] D. S. Watson, M. A. Piette, O. Sezgen and N. Motegi, “Machine-to-machine (M2M) technology in demand responsive commercial buildings,” in *Proc. of 2004 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Aug.2004. Article (CrossRef Link)
- [11] V. Karagiannis, P. Chatzimisios, F. Vazquez-Gallego, and J. Alonso-Zarate, “A survey on application layer protocols for the Internet of Things,” *Trans. IoT Cloud Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 11–17, 2015.