

ISSN 2087-3336 (Print) | 2721-4729 (Online)

TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika

Volume 10, Nomor 2, Juli 2023, hlm. 236-243

<http://jurnal.stmcileungsi.ac.id/index.php/tekno>

DOI: 10.37373

**Pemantauan *programmable logic controller* berbasis *internet of things*
dengan menggunakan sistem notifikasi**

***Monitoring a programmable logic controller using an internet of things
and a warning system***

Mastang^{1*}, Muhamad Ali Pahmi¹, Norhana Arsad²

¹*Program Studi Teknik Industri-Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi, Cileungsi, Bogor, Indonesia, Perum PT. SC, Jl. Anggrek No. 25, Cileungsi, Bogor, Indonesia (16820)

²Dept of Electrical, Electronic and Systems Engineering, Centre for Engineering Education Research, Faculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM, Bangi, Selangor, Malaysia

*Koresponden Email: mastang@stmcileungsi.ac.id

Artikel dikirim: 25/02/2023

Artikel direvisi: 16/03/2023

Artikel diterima: 18/03/2023

ABSTRAK

Di era Industri 4.0, sistem pemantauan mesin berbasis IoT mutlak diperlukan sehingga mesin bisa bekerja dengan cerdas dan kegagalan mesin bisa dideteksi dari awal. Pemantauan industri sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi mesin yang selalu berubah secara drastis dan dapat mempengaruhi kinerja produksi. Pemantauan mesin di Industri bermanfaat untuk memenuhi target produksi yang tinggi, mengurangi konsumsi daya listrik, meningkatkan kualitas dan manajemen industri secara global. Tujuan pada penelitian ini adalah merancang sebuah sistem pemantauan mesin berbasis PLC dan sistem pencatatan berbasis *raspberrypi* yang terhubung menggunakan aplikasi Whatsapp. Sebuah grup whatsapp yang berisi beberapa orang pengguna akan menerima notifikasi kondisi mesin melalui grup. Hal ini sangat bermanfaat apabila terjadi keadaan darurat di mesin, maka semua pengguna di grup tersebut bisa langsung mengetahuinya. Berdasarkan hasil penelitian, sistem ini mampu merespon pembacaan PLC dengan rata-rata 1.84 detik dan penerimaan pesan di whatsapp dengan rata-rata 4.43 detik. Hal ini memungkinkan untuk memantau kondisi mesin dengan cepat dan tepat.

Kata Kunci: Sistem pemantauan PLC; PLC berbasis IoT; PLC berbasis whatsapp

ABSTRACT

An IoT-based machine tracking system is essential in the age of Industry 4.0 so that machines can function intelligently and failures can be identified early. Industrial monitoring is required to determine the machine's state, which is constantly changing dramatically and can impact production efficiency. The use of machine monitoring in the sector helps to achieve ambitious production goals, cut electric consumption, boost quality, and advance worldwide industrial management. The purpose of this study is to develop a Whatsapp-connected machine tracking system based on a PLC and a recording system based on a raspberrypi. Notifications of machine conditions will be sent to a whatsapp group with multiple members through the group. If there is an emergency on the machine, all group members will be made instantly aware of it thanks to this. According to the study's findings, this system can react to PLC readings on average in 1.84 seconds and receive WhatsApp messages on average in 4.43 seconds. As a result, the machine's condition can be swiftly and precisely monitored.

Keywords: PLC monitoring system; IoT-based PLC; whatsapp-based PLC



TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi & Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. ISSN 2087-3336 (Print) | 2721-4729 (Online)

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, pemantauan mesin memainkan peranan yang penting di area industri untuk memantau dan mengontrol sistem dan peralatan industri. Pemantauan industri sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi mesin yang selalu berubah secara drastis dan dapat mempengaruhi kinerja produksi. Pemantauan mesin di Industri bermanfaat untuk memenuhi target produksi yang tinggi, mengurangi konsumsi daya listrik, meningkatkan kualitas dan manajemen industri secara global [1]. Terdapat banyak metode yang tersedia untuk memantau dan mengontrol proses produksi di industri seperti zigbee, PLC-SCADA, *Internet of Things*, Android, Arduino, dan sebagainya. Pada saat ini, *Internet of Things* menjadi pilihan terbaik untuk pemantauan mesin-mesin industri.

Internet of Things (IoT) dianggap sebagai gelombang baru dalam dunia teknologi dan ekonomi dalam industri informasi global setelah Internet. IoT adalah jaringan cerdas yang menghubungkan semua hal ke Internet yang bertujuan untuk melakukan pertukaran informasi dan data melalui perangkat penginderaan atau sensor melalui mekanisme protokol yang sudah disepakati [2]. Ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menemukan, melacak, memantau, dan mengelola berbagai hal secara cerdas. Hal ini merupakan perpanjangan dan perluasan jaringan berbasis internet, dimana akan terjadi komunikasi dari manusia dan manusia ke manusia dan benda atau benda dan benda [3]. Dalam paradigma IoT, banyak objek di sekitar kita akan terhubung ke jaringan dalam beberapa bentuk. Identifikasi RF (RFID), teknologi sensor, dan teknologi pintar lainnya dapat disematkan ke dalam berbagai aplikasi. *Internet of Things* harus memiliki tiga karakteristik sebagai berikut: 1) Masukan yang tepat: Melalui penggunaan RFID [4], sensor, dan barcode dua dimensi untuk mendapatkan informasi objek kapan saja dan di mana saja, hal itu akan menjadi peluang baru dalam sistem informasi dan komunikasi. Data-data identitas dapat diletakkan secara tidak kasat mata di lingkungan sekitar kita. Jaringan sensor [5] akan memungkinkan orang untuk berinteraksi dengan dunia nyata dari jarak jauh. Teknologi identifikasi yang disebutkan di sini mencakup objek dan identifikasi lokasi. Identifikasi dan pengambilan data melalui sensor di dunia fisik adalah dasar penerapan internet of things. 2) Transmisi yang Andal: Melalui berbagai jaringan radio, jaringan telekomunikasi, dan Internet yang tersedia, informasi objek dapat tersedia kapan saja. Teknologi komunikasi di sini mencakup berbagai teknologi transmisi kabel dan nirkabel, teknologi *switching*, teknologi jaringan, dan teknologi *gateway*. IoT harus mampu menciptakan interaksi antara dunia fisik, dunia virtual, dunia digital, dan masyarakat. Mesin ke mesin (M2M) merupakan teknologi yang mengimplementasikan *Network of Things* dimana memungkinkan terjadi koneksi dan komunikasi antara M2M dan Manusia ke Mesin termasuk Seluler ke Mesin [6]. 3) Pemrosesan Cerdas: Dengan mengirimkan data IoT ke dalam basis data, berbagai teknologi komputasi cerdas termasuk komputasi awan dapat mendukung aplikasi data IoT. Penyedia layanan jaringan dapat memproses puluhan juta atau bahkan miliaran pesan secara instan melalui komputasi awan. Dengan demikian, teknologi komputasi awan akan menjadi promotor utama IoT.

IoT adalah kombinasi dari sistem *embedded* dan sistem komunikasi dimana peralatan dan mesin industri saling terhubung menggunakan jaringan internet dengan memanfaatkan jaringan sensor nirkabel [7]. Mesin-mesin ini kemudian dipantau dan dikontrol menggunakan peralatan berbasis android ataupun laptop [8]. Pada umumnya sistem pemantauan mesin industri menggunakan media website untuk menampilkan kondisi-kondisi mesin. Pengguna yang ingin melihat kondisi mesin harus membuka browser dan menuju ke link website tersebut. Hal ini kurang efektif, karena kondisi darurat pada mesin tidak bisa langsung diinformasikan ke pengguna. Pada penelitian ini, sebuah sistem pemantauan mesin dibangun dengan menggunakan aplikasi Whatsapp. Sebuah grup whatsapp yang berisi beberapa orang pengguna akan menerima notifikasi kondisi mesin melalui grup. Hal ini sangat bermanfaat apabila terjadi keadaan darurat di mesin, maka semua pengguna di grup tersebut bisa langsung mengetahuinya.

Beberapa penelitian tentang pemantauan mesin berbasis IoT telah banyak dikembangkan. Mengembangkan sistem pemantauan sumber daya berbasis IoT. Sistem ini masih menggunakan *WebAccess System Framework* dimana menggunakan sistem SCADA untuk memantau kondisi mesin [9]. *WebAccess* ini masih bersifat pasif karena tidak bisa mengirimkan notifikasi ke pengguna. Mengembangkan sistem pemantauan PLC berbasis real time. Sistem ini berbasis *browser* dan server [10]. Kelebihan daripada sistem ini adalah beberapa grafik hasil pemantauan dapat ditampilkan secara *real time*. Grafik itu juga dapat diperbesar dan diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kehendak pengguna. Sistem ini juga masih bersifat pasif karena belum bisa mengirimkan notifikasi ke pengguna. Mengembangkan sistem pemantauan sumber daya listrik pada industri [11]. Kelebihan daripada sistem

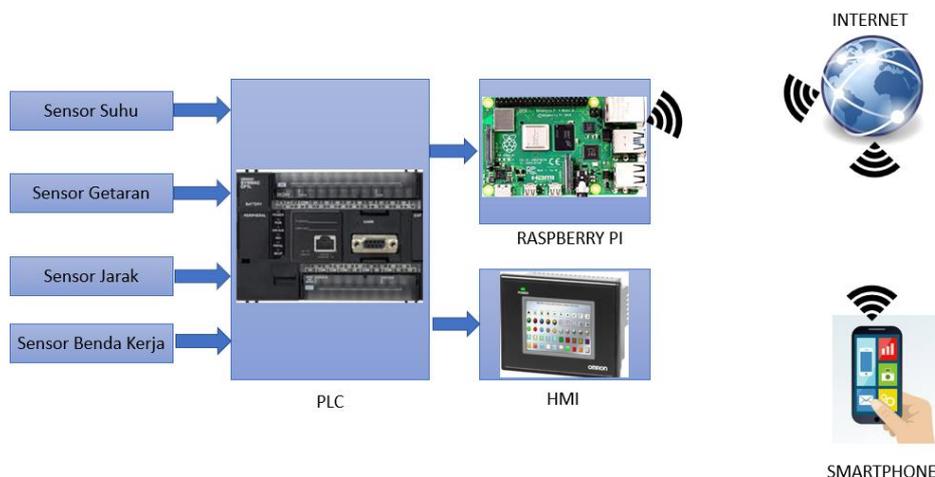
ini adalah mampu menampilkan daya listrik yang dikonsumsi mesin dalam bentuk dollar. Metoda fuzzy diimplementasikan untuk membuat sistem ini bekerja cerdas dalam mengambil keputusan. Sistem ini masih bersifat pasif karena belum bisa mengirimkan notifikasi ke pengguna.

Mengembangkan sistem pemantauan mesin industri alat berat berbasis Zigbee. Zigbee merupakan modul transmisi wireless yang sangat efektif dalam memantau mesin [12]. Sistem ini juga masih bersifat pasif karena belum bisa mengirimkan notifikasi ke pengguna. Mengembangkan sistem pemantauan IoT berbasis POC.NET. OPC merupakan NET Framework yang berbasis windows [13]. Sistem ini bisa diaplikasikan di Industri maupun rumah cerdas. Sistem ini juga masih bersifat pasif karena belum bisa mengirimkan notifikasi ke pengguna. Pada penelitian sebuah sistem pemantauan PLC berbasis IoT dibangun dengan menggunakan sistem notifikasi. Sejauh ini, sistem berbasis IoT dengan notifikasi belum pernah dipublikasikan dalam bentuk jurnal maupun hak cipta. Sehingga ide ini masih baru dalam dunia penelitian.

2. METODE

2.1 Konsep sistem pemantauan

Dalam sistem ini, raspberry pi yang merupakan komputer mini digunakan sebagai alat untuk memproses data dan berkomunikasi dengan internet. **Gambar 1** menunjukkan diagram blok dari sistem yang dibangun. Sistem yang dibangun terdiri dari tiga bagian utama yaitu sistem pemantauan kondisi mesin berbasis PLC, sistem pencatatan data berbasis raspberry pi, dan sistem peringatan pengguna berbasis whatsapp. Pada bagian PLC, input terminal akan mengumpulkan informasi dari mesin melalui beberapa jenis sensor. Beberapa sensor yang terhubung ke PLC diantaranya adalah sensor getaran yang berfungsi untuk memantau getaran yang berlebihan pada mesin, sensor suhu yang berfungsi untuk memantau suhu mesin, sensor benda kerja yang berfungsi untuk memantau keberadaan benda kerja dan sensor jarak yang berfungsi untuk mendeteksi pergerakan aktuator-aktuator pada mesin. Raspberry pi yang terhubung dengan PLC, dilengkapi dengan kartu memori SD yang berfungsi sebagai tempat program yang akan dijalankan.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Ketika sensor mendeteksi adanya *abnormal* pada mesin, sensor akan mengirimkan sinyal ke PLC yang akan diolah menjadi sinyal serial sehingga bisa dikirim ke *raspberry pi* melalui koneksi Rx dan Tx. *Raspberry pi* yang terhubung dengan internet akan mengirimkan data ke web server twilio yang kemudian diteruskan ke grup whatsapp yang sudah terdaftar. Aplikasi whatsapp merupakan aplikasi umum yang banyak dipakai oleh pengguna dengan jumlah pengguna sekarang adalah 1.56 miliar [14]. Hal ini menjadikan whatsapp menjadi perangkat komunikasi utama dalam dunia internet.

2.2 Konsep fitur sistem pemantauan

Fitur dari prototipe sistem yang diusulkan adalah sebagai berikut.

- a. Pemantauan parameter-parameter mesin secara otomatis: Sistem ini menggunakan metode pemantauan data berkelanjutan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi ketidaknormalan dan

meningkatkan produksi pada perusahaan manufaktur. Sistem yang diusulkan dapat memantau parameter kritis seperti getaran berlebihan dan suhu diatas normal pada mesin. Sistem akan terus menerus mengukur parameter mesin dan mencatat parameter tersebut berdasarkan nilai sensor. Nilai parameter ini dicatat dalam kartu SD untuk digunakan di masa mendatang untuk membandingkan data dengan yang sebelumnya untuk produksi yang lebih baik.

- b. Pengontrolan aktuator secara otomatis: Dengan adanya komunikasi antara PLC, *raspberry pi* dan whatsapp, maka tidaklah mustahil untuk mengontrol mesin melalui whatsapp sehingga pengontrolan jarak jauh dapat dibangun. Hal ini akan memberikan fleksibilitas bagi para teknisi dan engineer dalam mengontrol mesin dari manapun dan kapanpun.
- c. Pemanfaatan aplikasi Android *open source* media sosial bernama Whatsapp. Sistem ini menggunakan aplikasi whatsapp android untuk pemantauan dan pengendalian mesin melalui PLC dan raspberry. Peringatan pesan yang dikirimkan oleh whatsapp akan menunjukkan ketidaknormalan parameter pada mesin dimana ketidaknormalan ini menunjukkan penyimpangan nilai aktual dari nilai ambang batas parameter sensor. Itu akan memberi tahu teknisi dengan membuat pesan peringatan melalui aplikasi twilio.

2.3 Komponen perangkat keras

Komponen perangkat keras utama yang digunakan untuk perancangan sistem adalah PLC Omron, *Raspberry Pi*, dan software untuk komunikasi dengan twilio dan whatsapp. PLC adalah komputer digital yang dirancang untuk mengontrol proses industri tertentu, sistem mesin, atau seluruh lini produksi dalam pengaturan manufaktur. Pengontrolan mesin, peralatan, dan proses ini berdasarkan urutan instruksi dan kondisi yang diprogram. Pengontrol PLC tidak hanya menyediakan fungsionalitas kontrol seperti kontrol posisi, kuantitas kontinu, dan kecepatan, tetapi juga memungkinkan pertukaran data antar perangkat. Pada dasarnya, PLC seperti otak dari hampir semua sistem/peralatan otomasi industri yang memerlukan kontrol keandalan tinggi, diagnosis kesalahan proses, dan kemudahan pemrograman.

Perangkat keras selanjutnya adalah *Raspberry Pi* yang merupakan komputer mini, tapi memiliki fungsi dan fitur yang cukup banyak dan bermanfaat untuk komunikasi dan pemrosesan data. Ini adalah perangkat kecil yang memungkinkan orang dari segala usia untuk menjelajahi komputasi, dan mempelajari cara memprogram dalam bahasa seperti *Scratch* dan *Python*. **Gambar 2.** menunjukkan *Raspberry Pi* yang memiliki beberapa model seperti model A, model A+, model B, model B+, generasi 2 model B (2B) dll. Model B generasi ketiga *Raspberry Pi* digunakan dalam proyek ini. Spesifikasi utama Raspberry Pi 3B adalah memori SDRAM 1GB, 4 port USB, pin out 40 GPIO, 900 MHz quad core ARM Cortex A7, video out HDMI (*High Definition Multimedia Interface*), dukungan kartu SD maksimum 32Gb, koneksi kabel daya micro USB, konektivitas ethernet, tidak ada ADC dan tidak ada VGI (*Video Graphics Interface*) [15].

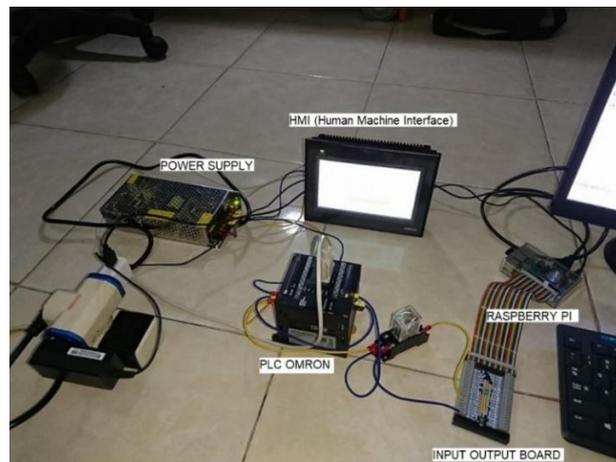


Gambar 2. *Raspberry pi* model 3B dengan peta masukan dan keluaran

Untuk menjalankan sistem perangkat keras, diperlukan *software* yang dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Python adalah bahasa pemrograman dinamis tingkat tinggi, bersifat umum, mudah dipelajari, dan digunakan secara luas [16]. Filosofi desainnya menekankan pembacaan kode yang lebih mudah dipahami, dan sintaksnya memungkinkan pembuat program untuk mengekspresikan konsep dalam baris kode yang lebih sedikit daripada yang mungkin dalam bahasa seperti C++ atau Java. Python mendukung banyak paradigma pemrograman, termasuk pemrograman berorientasi objek, imperatif dan fungsional atau gaya prosedural. Ini adalah fitur sistem yang dinamis dengan manajemen memori otomatis dan memiliki perpustakaan standar yang besar dan komprehensif. Penerjemah Python tersedia untuk banyak sistem operasi sehingga memungkinkan kode Python berjalan di berbagai sistem. Dengan menggunakan perangkat lunak pihak ketiga, seperti penginstal Py2exe atau Py, kode Python dapat dikemas ke dalam program yang dapat dijalankan sendiri untuk beberapa sistem operasi paling populer, sehingga perangkat lunak berbasis Python dapat didistribusikan dan digunakan pada sistem operasi tersebut dengan tidak perlu menginstal instalasi bahasa Python.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika segala jenis kegagalan sistem terjadi pada mesin, pesan alarm akan segera dikirim ke whatsapp grup. Twilio yang digunakan dalam penelitian ini merupakan platform yang memungkinkan pengembang untuk membangun aplikasi komunikasi cloud dan sistem web yang handal.



Gambar 3. Rangkaian pemantauan PLC berbasis IOT

Dalam platform ini nomor harus didaftarkan pada *web server twilio*, kemudian kode API dari twilio akan dimasukkan ke dalam program python. Untuk pengujian awal, kondisi output PLC berupa ON atau OFF akan dikirimkan ke nomor whatsapp melalui aplikasi Twilio. Twilio adalah perusahaan *cloud communications platform as a service* (PaaS) berlokasi di San Francisco, California. Layanan Twilio diakses melalui HTTP dan ditagih berdasarkan penggunaan [17]. **Gambar 3** menunjukkan rangkaian sistem pemantauan kondisi PLC menggunakan *Raspberry pi*. PLC yang digunakan adalah merk OMRON tipe CP1L-L20DT-D dimana PLC ini memiliki 12 x 24 VDC input, 8 x NPN output dengan kemampuan penyimpanan 5000 step program ladder dan 10.000 word data memori. Untuk modul antarmuka mesin, OMRON HMI dengan tipe NB7W TW00B digunakan untuk menampilkan abnormal mesin. Antarmuka ini memiliki layer 7 inci dengan resolusi tampilan adalah 800 x 480. Untuk bisa berkomunikasi dengan PLC, sebuah modul RS-232 dengan tipe CP1W-CIF01 ditambahkan ke PLC Omron. Pada umumnya, semua PLC menggunakan tegangan 24 Volt sehingga sumber tegangan perlu ditambahkan untuk mengubah tegangan PLN 220 volt menjadi 24 volt. Sementara itu, *raspberry pi* menggunakan tegangan 5 volt, sehingga sebuah relay digunakan sebagai penyangga antara tegangan 24 volt dan 5 volt. Setiap keluaran PLC yang bernilai 24 volt akan terbaca sebagai 5 volt di *raspberry* melalui perantara relay ini. Hal ini membuat *raspberry pi* lebih awet karena berada pada jalur tegangan yang sesuai dengan spesifikasi. Untuk komunikasi antara *raspberry pi* dengan relay, sebuah papan input output diperlukan sehingga penyambungan terminal dan kabel lebih mudah. Modul ini memiliki 40 pin dengan rincian 2 pin untuk komunikasi serial, 3 pin untuk sumber tegangan, 1 pin untuk PWM, dan 1 pin untuk port I2C.

Pada penelitian ini hanya menggunakan input output PLC sebagai pemicu pengiriman pesan melalui whatsapp meskipun banyak fitur-fitur yang bisa diuji coba untuk melihat kehandalan sistem ini. Namun dengan percobaan ini, kerangka sistem notifikasi pada PLC dapat dibuktikan dan diperlihatkan. Penggunaan server twilio menjadi dasar pertimbangan karena dengan twilio, pengelolaan perangkat IoT dapat dipersiapkan tanpa harus membuat infrastruktur yang lebih rumit kompleks.

```

Algorithm 1 : Pembacaan output PLC dan pengiriman data ke whatsapp
Initialize :
Set GPIO as input
Set account sid = 'AC3abba6ada3fda242b2f825e3bfe1d617'
Set Auth_token = 'ac245f4daf2c2e6087a0138deef34bc5'
Input :
Read GPIO input
Output :
Send message to twilio
Steps :
Read buffer
While (buffer > 0)
    Read input 8 bit
    Copy input to variable x
    Convert 8 bit to byte
    Move byte to variable
    If (twilio = ready?)
        Create message header
        Create message body + variable
        Send message to twilio server
    End If
End While
    
```

Gambar 4. Algoritma pembacaan output PLC dengan pyhton

Gambar 4 memperlihatkan struktur program yang ditulis dengan menggunakan bahasa python. Ada 4 item yaitu inialisasi, input, output dan step. Program ini dimulai dengan inialisasi GPIO raspberry sebagai input yang bertujuan agar raspberry bisa membaca setiap keluaran dari PLC. Langkah selanjutnya adalah menambahkan account sid dan token yang diambil dari twilio. Ini merupakan data unik yang berasal dari *website twilio* pada saat kita melakukan pendaftaran. Untuk item input, ditulis program python untuk bisa membaca keluaran plc sedangkan untuk item output, program python ditulis untuk mengirimkan langsung data hasil pembacaan PLC. Pada item step, Langkah pertama yang dilakukan adalah memeriksa isi *buffer input raspberry*. Apabila ada data di buffer, data ini kemudian dimasukkan ke dalam variable, dikonversi ke *byte*, dan dipindahkan ke *variable* lain. Langkah kedua adalah membaca ketersediaan jaringan twilio. Apabila jaringan twilio tersedia, maka data yang ada dalam *variable* akan dibungkus dengan header dan dikirim ke server twilio.



Gambar 5. Status PLC di Whatsapp

Gambar 5 menunjukkan hasil monitoring dari kondisi PLC. Dimana apabila keluaran PLC adalah ON maka Twilio akan mengirimkan sinyal ON ke Whatsapp penerima sedangkan apabila keluaran PLC adalah OFF maka Twilio akan mengirimkan sinyal OFF ke Whatsapp penerima. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk melihat respon pesan yang selama input berubah dari ON ke OFF dan sebaliknya. Salah satu dari faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan adalah waktu respons untuk melihat kecepatan pemrosesan data oleh *raspberry pi*.

Tabel 1. Waktu respon PLC dan whatsapp

Sampel	Waktu (detik)	
	Pengiriman	Pembacaan
1	1,75	3,85
2	1,85	2,75
3	1,95	4,69
4	2,06	4,87
5	1,55	4,84
6	1,95	3,91
7	1,85	3,88
8	1,77	5,77
9	1,93	4,96
10	1,7	4,79
Rata-rata	1,84	4,43

Tabel 1 menunjukkan 10 sampel data mewakili jumlah pengamatan dan waktu di mana output PLC memberikan perintah agar raspberry mengirimkan data ke *server twilio*. Rata-rata 1,84 s diperoleh untuk menulis data setelah sinyal dikirim dan untuk membaca keluaran PLC ke halaman pemantauan 4.43 s, yang merupakan kecepatan membaca yang cepat saat membaca *Python script* dari halaman web yang diprogram dengan PHP. Ketidakstabilan pada suatu sistem dapat disebabkan oleh berbagai komponen, salah satunya adalah *delay time* yang terjadi pada suatu sistem jaringan.

4. SIMPULAN

Sistem ini menunjukkan otomatisasi proses pemantauan abnormal mesin melalui penggunaan berbagai platform yang terintegrasi dengan melibatkan sistem kontrol industri, teknik informatika dan komunikasi data. Penggunaan whatsapp sebagai alat komunikasi menjadikan mesin-mesin produksi dapat dipantau dengan lebih cepat dimanapun dan kapanpun. Sistem yang diterapkan dapat dicapai melalui desain dan pemrograman PLC, layar HMI, dan halaman web melalui protokol komunikasi MQTT dengan Raspberry Pi, yang diperlukan untuk kontrol dan pemantauan mesin-mesin produksi. Hasil pengujian kinerja menunjukkan sistem integrasi yang kuat antara *prototype*, HMI, PLC dan Raspberry Pi, yang rata-rata membutuhkan waktu 1.84 detik untuk menulis data setelah sinyal dikirim dan untuk membaca output dari PLC ke whatsapp 4.43 detik. Adanya delay ini disebabkan karena jaringan internet tidak selalu stabil dalam setiap waktu.

REFERENSI

- [1] Shanzhi Chen, Hui Xu, Dake Liu, Bo Hu, and Hucheng Wang, "A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 4, pp. 349–359, Aug. 2014.
- [2] Sanjay Satam, S., El-Ocla, H. Home Security System Using Wireless Sensors Network. *Wireless Pers Commun* 125, 1185–1201 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11277-022-09596-z>
- [3] M. S. Punith, M. Nithya and K. Deepa, "IoT Enabled Smart Fleet Management," 2022 IEEE 4th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA), Goa, India, 2022, pp. 256-260, doi: 10.1109/ICCCMLA56841.2022.9989097.
- [4] Zongchao Wei, Teg Alam, Saleh Al Sulaie, Mohamed Bouye, Wejdan Deebani, Miao Song, An efficient IoT-based perspective view of food traceability supply chain using optimized classifier algorithm, *Information Processing & Management*, Volume 60, Issue 3, 2023, 103275, ISSN

- 0306-4573, <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2023.103275>.
- [5] Abdelkader Benelhouri, Hafida Idrissi-Saba, Jilali Antari, An evolutionary routing protocol for load balancing and QoS enhancement in IoT enabled heterogeneous WSNs, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 124, 2023, 102729, ISSN 1569-190X, <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2023.102729>.
- [6] Albream, M.A., Sheikh, A.M., Bashir, M.J.K. et al. Towards green Internet of Things (IoT) for a sustainable future in Gulf Cooperation Council countries: current practices, challenges and future prospective. *Wireless Netw* 29, 539–567 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11276-022-03133-3>
- [7] V. K. Burugari, P. Selvaraj, K. P and C. P. Kaliappan, "An Automated cloud based Water Utilization Management System," 2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCCI54379.2022.9740858.
- [8] K. S. Shinde and P. H. Bhagat, "Industrial process monitoring using IoT," in *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017, pp. 38–42.
- [9] H. Luan and J. Leng, "Design of Energy Monitoring System based on IOT," *2016 Chinese Control Decis. Conf.*, pp. 6785–6788, May 2016.
- [10] R. Joshi, H. M. Jadav, A. Mali, and S. V Kulkarni, "IOT application for real-time monitor of PLC data using EPICS," in *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*, 2016, pp. 68–72.
- [11] K. Collins, M. Mallick, G. Volpe, and W. G. Morsi, "Smart energy monitoring and management system for industrial applications," in *2012 IEEE Electrical Power and Energy Conference*, 2012, pp. 92–97.
- [12] M. B. Kannamma, B. Chanthini, and D. Manivannan, "Controlling and monitoring process in industrial automation using Zigbee," in *2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, 2013, pp. 806–810.
- [13] I. Ungurean, N.-C. Gaitan, and V. G. Gaitan, "An IoT architecture for things from industrial environment," in *2014 10th International Conference on Communications (COMM)*, 2014, pp. 1–4.
- [14] Appel, G., Grewal, L., Hadi, R. et al. The future of social media in marketing. *J. of the Acad. Mark. Sci.* 48, 79–95 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00695-1>
- [15] Y. Zhang, S. Kasahara, Y. Shen, X. Jiang and J. Wan, "Smart Contract-Based Access Control for the Internet of Things," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 1594-1605, April 2019, doi: 10.1109/JIOT.2018.2847705.
- [16] A. Saxena, M. Tyagi and P. Singh, "Digital Outing System Using RFID And Raspberry Pi With MQTT Protocol," 2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Bhimtal, India, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519923.
- [17] S. Venkatesan, A. Jawahar, S. Varsha and N. Roshne, "Design and implementation of an automated security system using Twilio messaging service," 2017 International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS), Yogyakarta, Indonesia, 2017, pp. 59-63, doi: 10.1109/ICON-SONICS.2017.8267822.