

Rancang Bangun Aplikasi *Barcode* dan PLC Terintegrasi Berbasis MX-Component dan .Net untuk Mendukung Program *Saving Energy* Pada Mesin *Curing Seyen E24 Area KTC PT XYZ*

Muhammad Rikza As-Subhy¹⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
rikza@student.poltek-gt.ac.id

Adik Susilo Wardoyo²⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
adikusilo@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

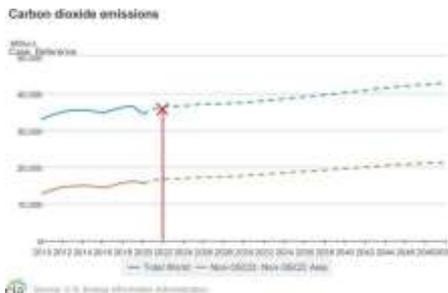
Tumbuhnya kesadaran akan isu penggunaan energi dalam lingkup global merupakan salah satu kontributor utama terciptanya konsep (sustainability). Menurut International Energy Agency, penggunaan energi rata-rata per orang meningkat 10% sementara di sisi lain populasi dunia juga meningkat 0,7% setiap tahunnya dan akan menyentuh 9 juta orang pada tahun 2050. Penggunaan energi ini menghasilkan berbagai macam gas mengendap di atmosfer bumi sehingga dapat menimbulkan efek rumah kaca dan puncak pemanasan global. Di antara gas-gas penyebab efek rumah kaca adalah karbondioksida (CO₂) yang menyumbang 9-26% dari total gas rumah kaca. Salah satu penyebab meningkatnya konsentrasi karbondioksida di atmosfer adalah aktivitas manusia (antropogenik). Oli merupakan produk yang menggunakan bahan dasar penyulingan minyak bumi, dengan campuran bahan aditif, sehingga terdapat berbagai jenis oli yang banyak digunakan oleh dunia industri untuk melumasi mesin, cairan hidrolik, cairan pendingin pada bagian-bagiannya. Riset berupa desain memungkinkan dilakukan dengan mengintegrasikan sistem barcode dengan sistem PLC yang akan membuka mesin berdasarkan persetujuan jalur produksi dan teknik, sistem terintegrasi yang dirancang berdasarkan teknologi .NET dan perpustakaan MX-Component sebagai interface untuk pertukaran data antara PLC dengan Aplikasi Barcode Scanner.

Kata Kunci : *Saving Energy Curing, Tyre Machine, NET Framework, MX-Component, Barcode System*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Diantara gas-gas yang menjadi penyebab efek rumah kaca adalah karbon dioksida (CO₂) yang menyumbang 9-26% dari keseluruhan gas rumah kaca (Perini, 2016) berdampingan dengan air dan gas-gas lain, keberadaan CO₂ di bumi diproyeksikan akan meningkat dari 36,5 Gt (Giga ton) pada tahun 2022 menjadi 42,8 Gt pada tahun 2050 (lihat gambar 1).



Gambar 1. Proyeksi emisi gas buang CO₂ dunia
(Sumber: Badan Administrasi Informasi Energi US, 2022)

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida (seperti pada diagram di atas) salah satu penyebabnya adalah aktivitas manusia (antropogenik). Ekstraksi dan pembakaran bahan bakar fosil menggunakan karbon yang telah diasingkan selama jutaan tahun di litosfer (kerak bumi), telah menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer meningkat sekitar 50% sejak awal masa revolusi industri hingga sekarang (Li, 2016). Sebagian besar CO₂ dari aktivitas manusia dilepaskan dari pembakaran minyak bumi (Friedlingstein et al., 2019).

Oli adalah salah satu produk yang dihasilkan dari hasil distilasi minyak bumi, oli digunakan oleh dunia industri untuk fluida hidrolik. Ketika sudah diimplementasikan, oli ditransmisikan melalui jaringan perpipaan, hal ini tidak menutup kemungkinan terjadi kebocoran pada jalur transmisi. Sebagaimana yang terjadi pada mesin curing tyre E24 pada area KTC PT XYZ yang mengalami anomali pada jumlah pengisian oli.

Penelitian berupa rancang bangun memungkinkan dilakukan dengan mengintegrasikan sistem *barcode* dengan sistem PLC yang akan membuka mesin yang mengalami *problem* oli berdasarkan persetujuan lini produksi dan engineering, selain itu notifikasi juga akan dikirim melalui *Whatsapp* ketika *problem* oli terjadi, sistem terintegrasi dirancang berbasis pada teknologi .NET dan library MX-Component sebagai antarmuka pertukaran data PLC dengan Aplikasi *Barcode* Scanner. Setelah penelitian, diterapkan kebocoran oli dapat langsung dicegah dan diketahui dengan notifikasi yang berhasil dikirimkan setiap 10 detik saat *problem*.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran penggunaan oli dan *saving energy* pada mesin curing seyen E24 di atas, maka masalah yang sedang terjadi adalah:

1. Alur proses unlock mesin yang terkunci masih memungkinkan mesin tetap berjalan dalam keadaan abnormal.
2. Unlock mesin menggunakan kata sandi melalui layar HMI (*Human Machine Interface*).
3. Proses unlock mesin masih memungkinkan tidak diketahui oleh seluruh *stakeholder*.
4. Belum ada antarmuka *portable* yang dapat bertukar data secara langsung dengan PLC.

3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat poin-poin batasan permasalahan untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar pembahasan terfokus dan tidak terlalu luas, batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perancangan sistem hanya diimplementasikan pada mesin curing seyen E24 area KTC.
2. Penelitian tidak membahas *cost benefit*, melainkan hubungan pertukaran data antara sistem-sistem yang ada.
3. Penelitian berfokus pada pengembangan sistem mesin.
4. Penelitian dilakukan ketika sistem mesin (PLC dan Barcode) tidak dalam kondisi abnormal.
5. Permasalahan 4M (*Man, Machine, Methode, Materials*) yang diselesaikan hanya pada aspek mesin dan yang berkaitan dengan *saving energy*.

4. Tujuan Penulisan

Setelah berhasil dirancang alat ini, harapannya akan:

1. Mengintegrasikan sistem PLC dengan aplikasi *barcode* berbasis website.
2. Menerapkan protokol MQTT pada sistem PLC dan aplikasi *barcode*.
3. Membuat aplikasi *web* dengan menerapkan konsep PWA (*Progressive dWeb Apps*).
4. Membuat *web server* yang *reliable* dan *high security* untuk mendukung aplikasi *barcode scanner*.

5. Manfaat Penulisan

Konsekuensi logis dari rancang bangun sistem ini akan menghasilkan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan manfaat kepada penulis dan pembaca tentang pentingnya penghematan dan efisiensi energi

- khususnya di dunia manufaktur
2. Memberikan manfaat pengetahuan tentang dampak yang ditimbulkan akibat energi yang tidak digunakan sebagaimana mestinya.
 3. Mengurangi penggunaan energi berlebih akibat kebocoran pada mesin *curing* seyen E24.
 4. Mengurangi *cost operasional* pabrik yang disebabkan pemakaian energi yang tidak seharusnya akibat kebocoran.
 5. Mendukung program *dunia net zero emmissions* pada tahun 2060 yang tercetus didalam Paris *climate agreement*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Energy Efficiency dan Energy Saving

Energy Saving atau penghematan energi adalah perubahan dari kebiasaan mengkonsumsi atau hanya cukup menghilangkan kebiasaan yang membuang- buang energi. Sementara, *Energy Efficiency* atau efisiensi energi adalah meminimalkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan tanpa mempengaruhi kualitas energi terhadap penggunaannya, seperti penggantian satu mesin ke mesin yang lain dengan manfaat yang sama, dengan tujuan mengkonsumsi listrik lebih sedikit. Oleh karena itu, ini bukan berarti melakukan perubahan dalam kebiasaan konsumsi. Melainkan perilaku pengguna tetap sama, namun lebih sedikit energi yang dikonsumsi, karena energi untuk melakukan layanan yang sama dapat diperoleh dengan listrik yang lebih rendah (Agugliaro & Moreno, 2021).

2. Internet Of Things (IoT)

IoT adalah jaringan yang menghubungkan 'THINGS' (benda- benda) dengan identitas yang unik atau berbeda- beda *diantara* benda tersebut ke dalam internet, dimana benda-benda tersebut memiliki kemampuan *sensing* (penginderaan) atau *actuation* (mengendalikan benda yang lain) dan juga berpotensi untuk memiliki kemampuan mengeksekusi program. Melalui aktivitas *sensing* dan identifikasi, informasi seputar 'THING' (benda) tersebut dapat diambil dan kondisi dari 'THING' dapat diubah dari manapun, kapanpun, dan oleh apapun (Hassan, 2018, p. 1).

3. MX-Component

MX Component adalah *library* yang memungkinkan komputer pribadi (PC) melakukan komunikasi dengan mudah terhadap PLC (*Programmable Logic Controller*). Dengan menggunakan kontrol (*Act control*) yang disediakan oleh MX Component, informasi perangkat PLC dapat diperoleh dan dikirim ke aplikasi yang telah dikembangkan. Selain itu, rute komunikasi ke PLC dapat diatur secara rinci dengan menggunakan utilitas (Mitsubishi Electric, 2022).

4. NET Framework

NET Framework adalah *platform* yang dibuat oleh

Microsoft untuk mengembangkan aplikasi seperti windows applications, web applications, *web services*, aplikasi yang dapat didistribusikan, dll.

5. NET Framework

NET Framework mencakup *Base Class Library* (BCL) yang besar dan menyediakan interoperabilitas bahasa. CLR (*Common Language Runtime*) adalah mesin virtual dari Net Framework di mana program dijalankan. CLR menyediakan beberapa layanan seperti keamanan, manajemen memori otomatis, penanganan pengecualian, dan manajemen sumber daya (Lock, 2021).

6. Protokol MQTT

Protokol MQTT adalah protokol konektivitas *machine-to-machine* (M2M) dan IoT. MQTT adalah protokol pesan ringan yang bekerja dengan mekanisme *publish-subscribe* berbasis *server* dan berjalan di atas TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). Cara kerja MQTT menggunakan pola *publish-subscribe* atau pub-sub. Dalam pola *publish-subscribe*, klien yang memublikasikan pesan dipisahkan dari klien lain atau klien yang menerima pesan. Klien tidak tahu tentang keberadaan klien lain. Klien dapat memublikasikan pesan dari jenis tertentu dan hanya klien yang tertarik dengan jenis pesan tertentu yang akan menerima pesan yang diterbitkan (Hillar, 2018, p. 9). Pola *publish-subscribe* membutuhkan *server* atau *broker*. Semua klien melakukan koneksi dengan *server*. Klien yang mengirim pesan melalui *server* dikenal sebagai *publisher* (Hillar, 2018, p. 9).

7. Progressive Web Apps (PWA)

PWA adalah website yang ketika dibuka hanya sebagai situs web sederhana, tetapi saat pengguna mengaksesnya secara terus menerus, mereka secara bertahap memperoleh kekuatan baru dari fitur-fitur yang disediakan PWA. PWA berubah dari situs web sederhana menjadi sesuatu yang lebih dengan performa layaknya aplikasi asli atau *native* (Ater, 2017). Dengan fitur- fitur yang dimiliki PWA memungkinkan website dapat menyerupai aplikasi asli atau *native*.

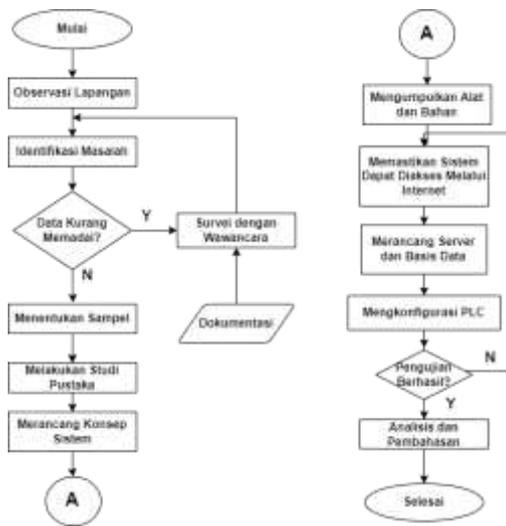
8. Teknologi Barcode

Barcode atau kode batang adalah metode untuk merepresentasikan *data* dalam bentuk visual yang dapat dibaca mesin. *Barcode* menyajikan data dengan memvariasikan lebar dan jarak garis paralel. Terdapat 2 macam jenis *barcode*, yang pertama biasa disebut linier atau satu dimensi (1D), dapat dipindai oleh pemindai optik khusus, yang disebut

barcode scanner. Kemudian, barcode dua dimensi (2D) yang menggunakan persegi panjang, titik, segi enam, dan pola lainnya, yang disebut QR Code atau kode batang 2D. Barcode berfungsi untuk mempercepat proses check-out pada supermarket, dapat dijadikan sebagai tiket masuk suatu acara.

III. METODOLOGI KAJIAN

Di bawah ini adalah langkah-langkah pelaksanaan pembuatan alat yang disajikan dalam bentuk flowchart dari mulai penulisan hingga rancang bangun alat.



Gambar 2. Flow chart penelitian

Adapun penjelasan setiap langkah pada gambar di atas adalah sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Pada tahap ini, penulis melakukan observasi ke lokasi penelitian, dalam hal ini adalah area KTC plant XYZ untuk mencari permasalahan yang dirasa dapat ditemukan solusinya melalui penelitian.

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, penulis menentukan pain point (masalah darurat) dari permasalahan-permasalahan yang ditemukan untuk kemudian dipertimbangkan dengan melihat seluruh aspek yang memungkinkan dilaksanakannya penelitian.

Masalah yang ditemukan adalah adanya keabnormalan jumlah penggunaan oli pada mesin curing bernomor identitas E24, dimana hal tersebut akan mempengaruhi konsumsi energi pada perusahaan dan dapat menimbulkan kerugian baik secara ekonomi maupun secara lingkungan.

3. Survei Dengan Wawancara

Pada tahap ini, penulis melemparkan beberapa pertanyaan yang menjurus kepada tujuan penelitian untuk melihat permasalahan dari perspektif yang berbeda, kemudian hasil survei dijadikan tolak ukur

digunakan untuk melacak objek dalam ekspedisi pengiriman, dan sebagainya (Chen et al., 2019).

Di bawah ini adalah langkah-langkah pelaksanaan pembuatan alat yang disajikan dalam bentuk flowchart dari mulai penulisan hingga rancangan bangun ala

dalam menentukan hipotesis. Wawancara menghasilkan bahwa area kerja dan mesin terkadang tercecer oli yang dikhawatirkan hasil dari kebocoran jalur perpipaan oli.

4. Menentukan Sampel

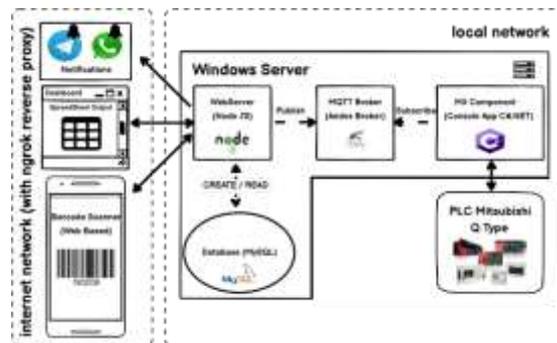
Karena keluasan area objek penelitian dan untuk mengefektifkan penelitian yang dilakukan, maka diperlukan penentuan sampel yang representatif. Dalam hal ini penelitian dilakukan pada mesin dengan nomor identitas E24 karena mesin tersebut didapat menggunakan oli (periode tahun 2021) lebih banyak dibanding dengan mesin-mesin yang lain.

5. Melakukan Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan studi komparasi terhadap aktivitas penelitian dengan tema serupa untuk melihat peluang penelitian dan mengukur pembahasan yang dapat dilakukan dalam penelitian ini. Referensi yang digunakan bersumber dari jurnal, buku, dan penelitian yang sebelumnya.

6. Merancang Konsep Sistem

Pada tahap ini, penulis merancang konsep sistem dengan mengacu pada teknologi yang memungkinkan diterapkan pada sistem yang sebelumnya sudah berjalan, kemudian dipresentasikan dalam bentuk desain arsitektur, sebagaimana pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Arsitektur Sistem

Pendekatan dengan konsep demikian menggunakan 2 perangkat utama yang mendukung sistem secara keseluruhan, yaitu PLC dan Komputer Server.

7. Mengumpulkan Alat dan Bahan

Pada tahap ini, penulis melakukan pengadaan alat-alat dan bahan yang menunjang penelitian, seperti dibawah ini:

- Tablet dual OS Alldocube, digunakan untuk menjalankan *windows server* sekaligus perangkat komunikasi MX Component dengan PLC.
- PLC Mitsubishi Tipe Q, digunakan untuk memproses dan mengklasifikasi data jenis *error* yang terjadi pada mesin untuk kemudian disimpan kedalam *device memory*.
- Router, berfungsi agar *Server* terhubung dengan jaringan internet.
- Software Node JS, digunakan untuk menjalankan *Web Server*, *MQTT Client*, dan memungkinkan Raspberry PI menjadi perangkat MODBUS.
- Software Visual Studio, digunakan sebagai lingkungan pengembangan aplikasi .NET dengan bahasa C#.
- Software Visual Studio Code, digunakan sebagai kode editor yang dapat *remote server* dari jarak jauh menggunakan protokol SSH.
- Software GX-Works 2, sebagai alat konfigurasi agar PLC.

8. Memastikan Sistem Dapat Diakses Melalui Internet

Pada tahap ini, penulis menyediakan perangkat router dan modem, hal ini menjadi hal yang esensial karena sebagaimana fungsi server pada penelitian ini digunakan sebagai pusat integrasi sistem *barcode* dan PLC.

9. Merancang Server dan Basis Data

Pada tahap ini, penulis mengkonfigurasi jaringan dan lingkungan pengembangan pada *Windows Server* sebagai berikut:

- Dilakukan instalasi MQTT Broker secara local sebagai perantara yang menghubungkan antara perangkat-perangkat MQTT, dalam hal ini adalah *Windows Server* dan perangkat-perangkat yang mengakses WEB Monitoring (Laptop, HP, dll).
- Dilakukan instalasi server dengan memasang NODE-JS untuk memanfaatkan pustaka web server untuk mengembangkan aplikasi *barcode scanner*.
- NODE-JS juga dimanfaatkan untuk menjalankan MQTT Broker sebagai gerbang pertukaran data (*publish/subscribe*) antara Node JS Web Server dengan .NET Console App.
- Dikembangkan aplikasi berbasis command line / console app dengan teknologi .NET yang dapat menjalankan MX-Component sebuah kumpulan kode antarmuka yang memungkinkan aplikasi dapat *berkomunikasi* dengan PLC.

Dilakukan instalasi layanan reverse proxy ngrok agar web dapat diakses melalui internet.

10. Mengkonfigurasi PLC

Pada tahap ini, PLC dikonfigurasi agar dapat berkomunikasi dan bertukar data dengan perangkat diluar PLC melalui protokol yang menyediakan fitur akses memori PLC, dan juga disiapkan kontak, koil, dan memori yang berkaitan dengan aktivitas kerusakan mesin, agar nantinya dapat dibaca dan dikontrol oleh perangkat di luar PLC.

11. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, penulis melakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem dalam waktu 2 bulan dengan tujuan evaluasi dan pengumpulan data untuk analisis sistem. Adapun sistem yang diuji adalah, pengujian server khususnya pada API yang telah dibuat. Pengujian API dilakukan menggunakan konsep *unit testing* dengan bantuan POSTMAN yang berfungsi untuk melakukan request ke API (hit API). Pengujian terhadap kecepatan transmisi oleh MQTT Protocol juga akan dibahas pada penelitian ini.

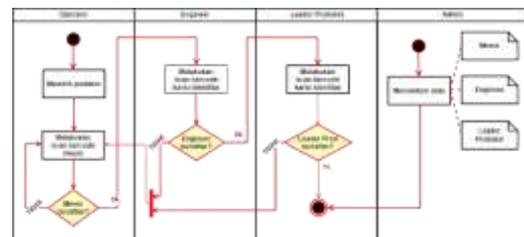
12. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, penulis menganalisis data hasil pengujian untuk mengukur tingkat keberhasilan penelitian.

IV. HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dan pembahasan penelitian yang diperoleh penulis dari percobaan, pengujian, dan komparasi terhadap penelitian yang telah ada.

1. Alur kerja aplikasi *barcode scanner*



Gambar 4. Diagram aktivitas

Gambar diatas menunjukkan alur kerja aplikasi *barcode scanner*, dimana proses *scanning* untuk membuka mesin dibuat terurut dimulai dari scan mesin kemudian scan identitas *engineer*, scan identitas pihak produksi, hal ini sejalan dengan tujuan dibuatnya aplikasi ini agar seluruh pihak, baik produksi maupun *engineering* mengetahui *problem* yang sedang terjadi pada mesin dan menyepakati langkah yang akan diambil selanjutnya.

2. Prinsip Kerja Sistem

Sistem dapat dijalankan ketika mesin mengalami *problem oil level* rendah atau dengan kata lain mesin sedang terkunci dan tidak dapat dioperasikan, aplikasi *barcode scanner* yang dapat diakses *online* melalui link reverse proxy NGROK, akan diakses oleh user yang digunakan untuk membuka problem dengan cara yang berurutan yaitu memilih problem yang sedang terjadi, kemudian melakukan *scanning barcode* mesin, lalu melakukan *scanning barcode* penneng pihak *engineering*, lalu melakukan *scanning barcode* penneng pihak produksi, dimana setiap proses *scanning* dilakukan validasi dan pengecekan ke *database*.

Selanjutnya, jika seluruh proses *scanning* berhasil, sistem akan mengirimkan identitas *mesin* dan jenis problem ke aplikasi *console.NET* yang berisi MX-Component yang akan mengubah *koil* dan register pada PLC, sehingga mesin menjadi terbuka dan dapat dioperasikan.

Selain terhubung dengan aplikasi *console*, aplikasi *barcode scanner* juga mengirimkan notifikasi ke aplikasi *Whatsapp* bersamaan dengan pembukaan mesin. *Whatsapp* juga menerima notifikasi ketika terjadi problem level oli di bawah batas yang ditentukan.

3. Pembahasan Aplikasi Barcode Scanner

a. Halaman Home Scanner

Halaman ini berisi informasi riwayat pembukaan scan berhasil yang terbaru, informasi berisi identitas mesin, nama problem, tanggal dan jam scan berhasil. Selain itu juga terdapat alur unlock mesin, dengan langkah pertama memilih problem yang sedang terjadi melalui combo box, ketika problem telah dipilih, pengguna akan diarahkan ke halaman *scannerdisplay*.

Terdapat pula halaman yang disembunyikan, yaitu halaman tambah karyawan dan rekaman (log) scan (lihat sub bab selanjutnya), yang dapat dilihat dengancara mengetuk layar sebanyak 10 kali dalam rentang waktu 10 detik.



Gambar 5. Halaman home Aplikasi *BarcodeScanner*

b. Halaman Scanner Display

Halaman ini berisi *display* yang berfungsi untuk proses *scanning barcode*, pengguna juga dapat memilih tipe dan resolusi kamera menggunakan combo box, terdapat pula label untuk menampilkan hasil tag barcode yang terscan dalam waktu yang sama, aplikasi juga mengeluarkan suara untuk menandakan bahwa scan berhasil.

Area scan dapat diubah dengan menekan tombol "ubah area scan", yang ditujukan untuk mempersempit ruang scanning relatif terhadap ukuran tag barcode.

Pada halaman ini, juga akan muncul beberapa *pop-up alert* sebagai notifikasi keberhasilan hasil dari proses *scanning*.



Gambar 6. Halaman *Scanner Display* Aplikasi *Barcode scanner*

c. Halaman Tambah Karyawan (Admin)

Halaman ini berada pada ranah admin, karena untuk mengaksesnya memerlukan cara khusus, alih-alih menggunakan sistem login, halaman ini dapat diakses dengan mengetuk layar sebanyak 10 kali dalam waktu 10 detik.

Halaman ini *berguna* untuk menambah karyawan dari pihak produksi maupun *engineering*, dengan tujuan identitas dari karyawan tersebut dapat dijadikan

acuan validasi ketika proses scanning. Penambahan karyawan dilakukan menggunakan form yang berisi susunan *textbox* dan *combo box* kemudian dikirim menggunakan tombol "simpan". Selain itu halaman ini juga berisi label bertuliskan "lihat rekaman data" yang ketika diklik akan mengarahkan ke halaman *log scan*.



Gambar 7. Halaman tambah karyawan

d. Halaman Monitoring Log Scan

Halaman log scan berisi rekaman seluruh data scanning yang pernah dilakukan dan berhasil, rekaman ini ditampilkan dalam bentuk tabel vertikal ketika dibuka diperangkat mobile dan horizontal (baris & kolom) ketika dibuka diperangkat desktop.

e. Halaman Monitoring Log Scan

Halaman log scan berisi rekaman seluruh data scanning yang pernah dilakukan dan berhasil, rekaman ini ditampilkan dalam bentuk tabel vertikal ketika dibuka diperangkat mobile dan horizontal (baris & kolom) ketika dibuka diperangkat desktop. Tabel berisi informasi tentang identitas mesin, jenis problem yang terjadi, identitas penanggung jawab (PIC) dari pihak produksi dan engineering, tanggal, dan waktu ketika scan dilakukan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan dan diterapkan, penelitian ini menghasilkan:

1. Alur pembukaan mesin ketika terjadi *problem saving energy* berhasil diubah dengan sistem yang lebih aman untuk penggunaan oli dan kebocoran jangka panjang.
2. Sistem PLC dengan Aplikasi *barcode scanner* berhasil diintegrasikan sehingga memungkinkan untuk melakukan pertukaran data diantara kedua sistem.
3. Sistem yang dirancang berhasil mengunci mesin sekaligus mengirimkan notifikasi melalui

Whatsapp setiap 10 detik pada saat terjadi *problem level oli*.

4. Aplikasi *barcode scanner* yang dirancang dengan prinsip RESTful API berhasil teruji dengan cara melakukan *scanning* menggunakan 2 mekanisme pengujian (salah dan benar).

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agugliaro, F. M., & Moreno, A. J. P. (2021). *Energy Saving at Cities*. Mdpia AG. <https://books.google.co.id/books?id=7isWEAAAQBAJ>
- [2] Ater, T. (2017). *Building Progressive Web Apps: Bringing the Power of Native to the Browser*. O'Reilly Media. <https://books.google.co.id/books?id=I8o0DwAAQBAJ>
- [3] Chen, R., Yu, Y., Xu, X., Wang, L., Zhao, H., & Tan, H.-Z. (2019). Adaptive Binarization of QR Code Images for Fast Automatic Sorting in Warehouse Systems. *Sensors*, 19(24). <https://doi.org/10.3390/s19245466>
- [4] Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Hauck, J., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., le Quéré, C., Bakker, D. C. E., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Anthoni, P., Barbero, L., Bastos, A., Bastrikov, V., Becker, M., ... Zaehle, S. (2019). Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data*, 11(4), 1783–1838. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>
- [6] Hassan, Q. F. (2018). *Internet of things A to Z: technologies and applications*. John Wiley & Sons.
- [7] Hillar, G. C. (2018). *Hands-On MQTT Programming with Python: Work with the lightweight IoT protocol in Python*.
- [8] Packt Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=mF9dDwAAQBAJ>
- [9] Li, A. H. F. (2016). Hopes of Limiting Global Warming? *China Perspectives*, 2016(1), 4954. <https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.692>
- [10] Lock, A. (2021). *ASP.NET Core in Action, Second Edition*. Manning. <https://books.google.co.id/books?id=FzgzEAAAQBAJ>
- [11] Mitsubishi Electric. (2022). *MX Component Version Operation Manual*. 662. <https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc/sh082395eng/sh082395engc.pdf>
- [12] Perini, K. (2016). Climate Change. *Urban Sustainability and River Restoration*, 10–16. <https://doi.org/10.1002/9781119245025.ch2>