

PENERAPAN DESAIN MONITORING HASIL PRODUKSI MENGGUNAKAN HMI DAN PLC OMRON CP1E PADA MESIN FILING

Cholil Choelul Amri^{1*}, Ojak Abdul Rozak²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang; Jl. Puspitek Raya No.19, Serpong, Tangerang selatan, Banten 15310

Received: 27 November 2024
Accepted: 14 Januari 2025
Published: 20 Januari 2025

Keywords:
PLC; HMI;
Produksi; Industri.

Correspondent Email:
dosen01314@unpam.ac.id

Abstrak. Bidang industri memiliki tingkat produksi yang tinggi yang jumlah yang banyak sehingga perlu dilakukan pencatatan hasil produksi untuk meminimalisir selisih data dengan aktual. Maka, perlu dibuat sistem pencatatan otomatis yang bertujuan mengurangi kesalahan dalam pencatatan. Metode yang digunakan yaitu perancangan sistem pencatatan otomatis dengan PLC sebagai pengontrol hasil produksi lalu ditampilkan pada HMI. Analisa meliputi kinerja sistem dengan pengujian produksi mesin filling selama 3 kali dan mengacu 4 parameter, availability, performance, dan OEE. Hasil perancangan serta penerapan menunjukkan bahwa nilai parameter yang didapatkan saat produksi yaitu availability 100%, performance 70%, quality 92%, serta OEE 64% pada pengujian ke 1. Pengujian ke 2 menunjukkan nilai availability 100%, performance 60%, quality 93%, serta OEE 56%. Pengujian ke 3 menunjukkan nilai availability 100%, performance 62%, quality 91%, serta OEE 56%. Kesimpulan dari perancangan serta penerapan ini adalah Sistem dapat berfungsi serta dapat digunakan pada industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PLC, HMI, serta sensor pendukung bekerja dengan normal.

Abstract. The industrial sector has a high level of production that a large number so it is necessary to record production results to minimize the difference between data and actuals. minimize the difference between data and actual. So, it is necessary to create an automatic recording system system that aims to reduce errors in recording. The method used method used is the design of an automatic recording system with PLC as a controller production results and then displayed on the HMI. Analysis includes system performance by testing the filling machine production for 3 times and referring to 4 parameters, availability, performance, and OEE. The results of design and implementation shows that the parameter values obtained during production are availability 100%, 70% performance, 92% quality, and 64% OEE in the 1st test. Testing The second test shows the value of availability 100%, performance 60%, quality 93%, and OEE 56%. The 3rd test showed 100% availability, 62% performance, 91% quality, and 56% OEE. 91%, and OEE 56%. The conclusion of this design and application is that the system system can function and can be used in industry. The test results show that PLC, HMI, and supporting sensors work normally.

1. PENDAHULUAN

Bidang industri memiliki tingkat produksi yang tinggi dan jumlah yang sangat banyak [1]. Perlu dilakukan pencatatan hasil produksi guna mendapatkan data yang akurat serta meminimalisir adanya selisih antara data pencatatan dan aktualnya. Pencatatan hasil produksi di beberapa perusahaan saat ini masih menggunakan metode pencatatan manual [2]. Hal ini tentu dapat mengakibatkan adanya kesalahan atau selisih pada hasil produksi sehingga membuat perusahaan mengalami kerugian [3].

Solusi dari permasalahan tersebut adalah membuat sistem pencatatan hasil produksi secara otomatis dengan menghitung dan menyajikan data tanpa perlu mencatatnya secara manual [4].

Tujuan perancangan serta penerapan sistem ini yaitu dapat meminimalisir kesalahan atau *human error* dan mengurangi penggunaan kertas karena tidak perlu mencatat secara manual.

Metode yang digunakan adalah merancang sistem pencatatan serta penghitungan otomatis menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai pengontrol dengan mendapat sinyal run untuk mendeteksi mesin bekerja dan sinyal counting dari hasil produksi yang berlangsung dari kedua data ini PLC bertugas mengolah data yang akan ditampilkan di HMI (*Human Machine Interface*).

PLC dipilih yang memiliki keandalan serta kestabilan yang sudah teruji di dunia industri [5]. PLC juga dapat melakukan perhitungan secara matematis seperti penjumlahan pengurangan perkalian selayaknya kalkulator namun dengan versi yang lebih canggih ini membuktikan bahwa data yang akan di olah oleh PLC sangat akurat selama parameter – parameter yang dimasukkan benar [6].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Programmable Logic Controller

NEMA (*The National electrical Manufacturers Association*) mendefinisikan PLC sebagai piranti elektronika digital yang menggunakan memori yang bisa diprogram sebagai penyimpan internal dari sekumpulan instruksi dengan mengimplementasikan fungsi-fungsi tertentu, seperti Logika, urutan, pewaktu, kalkulasi, dan operasi aritmatika

untuk mengendalikan berbagai jenis mesin atau proses melalui modul I/O digital dan analog [7].

PLC adalah sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi, memantau kondisi proses dengan sangat cepat berdasarkan data yang dapat diprogram dalam sistem berbasis mikroprosesor terintegrasi [8].

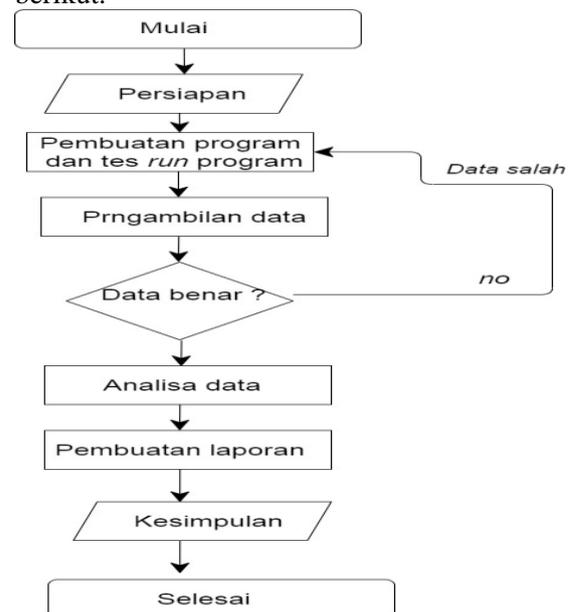
Penelitian ini menggunakan jenis Omron CP1E yang mana pemrogramannya menggunakan *software CX – Programmer* [9].

2.2. Human Machine Interface

HMI adalah sebuah *interface* yang digunakan untuk mengontrol serta monitoring *output* sehingga manusia bisa melihat *output* atau keluaran dan dapat berinteraksi dengan keluaran tersebut [10]. Misalnya, sebuah *Push Button* pada tampilan HMI akan menentukan LED atau output yang ditunjukkan pada HMI bisa menyala atau tidak dan sebelumnya perintah atau *command*-nya berasal dari program atau ladder atau FBD (*Function Block Diagram*) yang diinputkan ke CPU dan CPU dikoneksikan dengan HMI [11].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan perancangan desain yang akan di implementasikan ke mesin filling. Maka metode yang akan digunakan yaitu dengan menentukan kebutuhan alat serta komponen yang akan digunakan. Sebelum itu, dibuatlah diagram alir yang ditujukan guna memahami alur dari perancangan ini sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Alir

Pada gambar 1 dijelaskan tahapan yang dilaksanakan pada perancangan ini.

3.1. Alat dan Bahan

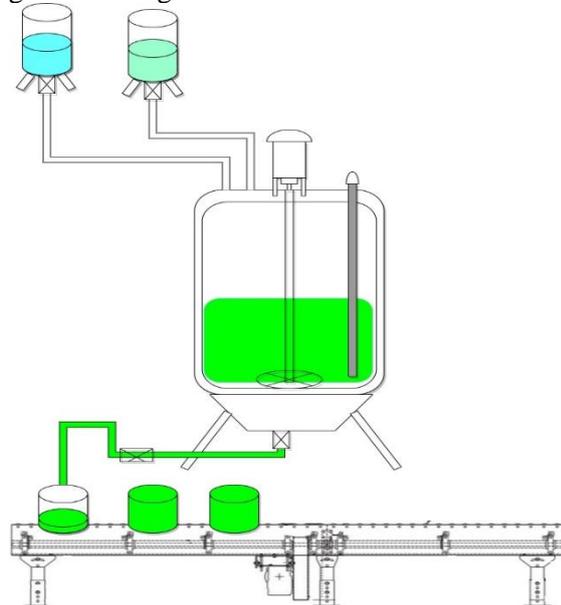
Dalam pembuatan sebuah sistem, diperlukanlah alat dan bahan sebagai berikut.

Tabel 1 Alat dan Bahan

| No | Alat dan Bahan | Type | Merk | Jumlah |
|----|----------------|----------------|---------|--------|
| 1 | PLC | CP1E | Omron | 1 |
| 2 | Power Supply | S8FS - C10024 | Omron | 1 |
| 3 | Relay | MY-2N | Omron | 2 |
| 4 | Foto Sensor | BEN5M MFR | Autonic | 1 |
| 5 | Laptop | DESKTOP-LLKIOB | DELL | 1 |
| 6 | Toolset | | | |
| 7 | Multimeter | | | 1 |

3.2. Perancangan Alat

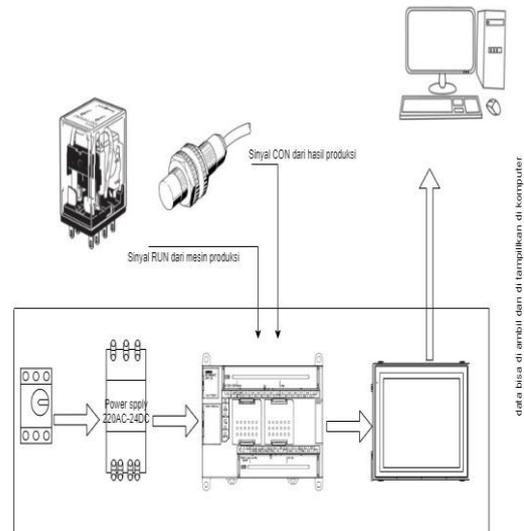
Sebelum merancang alat yang akan di implementasikan, perlu diketahui terlebih dahulu tentang mesin filling berdasarkan gambar sebagai berikut.



Gambar 2 Desain Mesin Filling

Gambar 2 merupakan mesin filling yang mana bekerja dengan mencampurkan dua cairan berbeda di tempat yang sama lalu di putar sampai tercampur rata setelah dikira cukup maka cairan siap di kemas dengan cara otomatis sehingga dapat menghemat waktu.

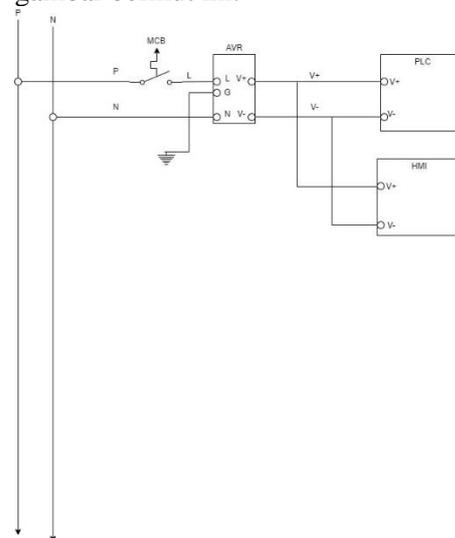
Selanjutnya merupakan desain sistem kontrol monitoring hasil produksi dengan gambar sebagai berikut.



Gambar 3 Desain Kontrol

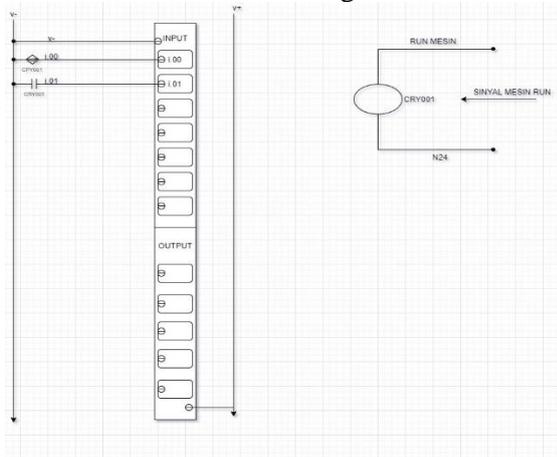
Gambar 3 merupakan desain kontrol untuk monitoring mesin produksi dimana sumber di alirkan ke PLC dan Sebagian ke *power supply* 24 VDC untuk menghidupkan peralatan sensor PLC bertugas mengolah data yang di terima melalui sensor input dan akan di tampilkan di HMI dan oprator bisa mengambil data setelah semuanya di proses di PLC.

Selanjutnya merupakan diagram daya listrik dari sistem monitoring hasil produksi sesuai gambar berikut ini.



Gambar 4 Diagram Daya Listrik

Gambar 4 menunjukkan cara merangkai komponen sehingga masing masing komponen dapat berfungsi karna sudah terdapat arus listrik yang mengalir. Selanjutnya merupakan diagram kontrol listrik dari PLC sebagai berikut.



Gambar 5 Diagram Kontrol Listrik

Gambar 5 menunjukkan rangkaian kontrol di PLC setelah alat selesai di rangkai sesuai gambar. Maka, alat siap di uji atau dihidupkan jika peralatan sudah hidup dan tidak ada masalah langkah selanjutnya adalah memulai pembuatan program PLC yang akan dilampirkan sebagai hasil.

3.3. Analisa Hasil

Hasil merupakan ujicoba mesin filling yang di implementasikan sistem monitoring hasil produksi. Analisa mencakup 4 paramater utama yaitu *Availability Rate*, *Performance Rate*, *Quality Rate*, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

3.3.1. Availability Rate

Availability Rate merupakan tingkat ketersediaan atau kesiapan untuk menggunakan mesin atau sistem produksi untuk digunakan dalam proses produksi. Mesin atau pabrik produksi dengan utilisasi yang tinggi menandakan bahwa pabrik atau mesin tersebut selalu beroperasi [12]. *Availability Rate* dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Availability = \frac{Operating Time}{Planned Time} \times 100\% \quad (1)$$

$$Operating Time = Planned Time - downtime \quad (2)$$

3.3.2. Performance Rate

Performance Ratio adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan pada waktu siklus ideal dengan waktu yang tersedia untuk menjalankan

proses produksi. Atau hubungan antara kinerja aktual dan jumlah produk yang dapat diproduksi [12]. *Performance Ratio* dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Performance = \frac{Total\ hasil\ produksi}{waktu\ operasi} \times 100\% \quad (3)$$

3.3.3. Quality Rate

Quality Rate adalah rasio yang menunjukkan kemampuan fasilitas untuk menghasilkan produk sesuai dengan standar yang ditentukan [12]. *Quality Ratio* dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Quality = \frac{hasil\ produk - produk\ NG}{total\ hasil\ produk} \times 100\% \quad (4)$$

3.3.4. Overall Equipment Effectiveness

Merupakan metode pengukuran efektivitas mesin yang digunakan dalam proses produksi. OEE memiliki standar nilai yang mana nilai 100% menunjukan produksi yang sempurna, 85% dianggap kelas dunia untuk produsen diskrit. 60% cukup tipikal untuk pabrikan terpisah, tetapi menunjukkan ada ruang besar untuk perbaikan, 40% sama sekali tidak biasa bagi perusahaan manufaktur yang baru mulai melacak dan meningkatkan kinerja manufaktur mereka [13]. OEE dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$OEE = availability \times performance \times quality \quad (5)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemrograman PLC

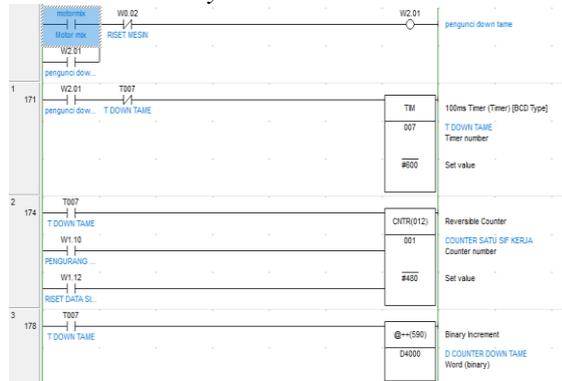
Hasil program PLC menggunakan software cx – programmer untuk tampilan awal adalah sebagai berikut.



Gambar 6 program tampilan awal

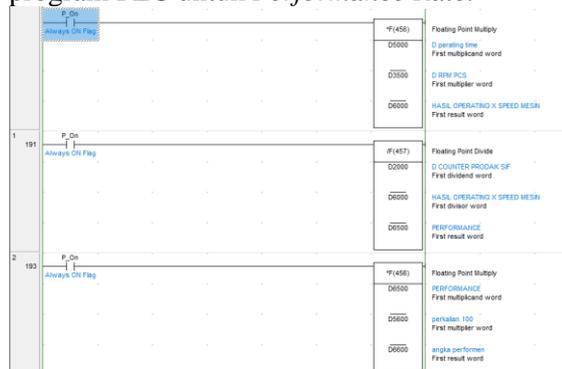
Gambar 6 menunjukkan program tampilan awal dimana program ini digunakan untuk mencari jumlah produk yang diproduksi

,kecepatan produksi mesin dan memasukan data parameter parameter sebelum produksi di mulai. Selanjutnya merupakan program PLC untuk *Availability Rate*.



Gambar 7 Program *Availability Rate*

Gambar 7 menunjukkan pemrograman PLC untuk menampilkan dan menghitung data *Availability Rate* dimana data yang diperoleh dari *operation time* mesin di bagi dengan *loading time* mesin .Selanjutnya merupakan program PLC untuk *Performance Rate*.



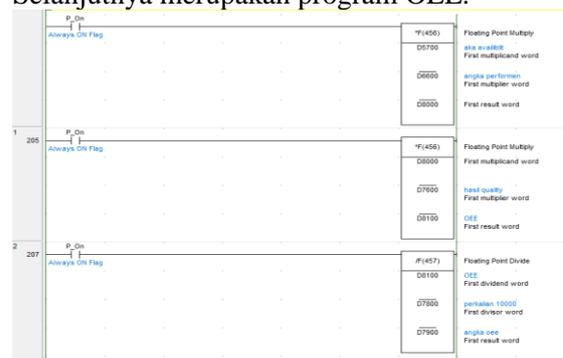
Gambar 8 Program *Performance Rate*

Gambar 8 adalah program untuk *performance rate* dimana program tersebut menggunakan rumus *total product* dikali *cycle time* mesin dibagi dengan *operating time* mesin. Selanjutnya merupakan program PLC untuk *Quality Rate*.



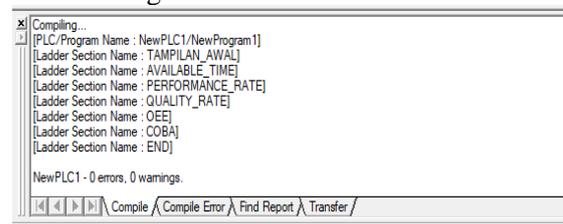
Gambar 9 Program *Quality Rate*

Gambar 9 adalah program PLC untuk menampilkan dan menghitung data *Quality rate* menggunakan rumus *total product* yang dikurangi *total product NG (Non Good)* lalu dibagi dengan *total product* yang diproduksi. Selanjutnya merupakan program OEE.



Gambar 10 Program OEE

Gambar 10 adalah program PLC untuk menampilkan data OEE menggunakan rumus *Availability Rate* dikali *Performance Rate* dikali dengan *Quality Rate*. Selanjutnya merupakan hasil uji coba program yang telah dibuat sebagai berikut.

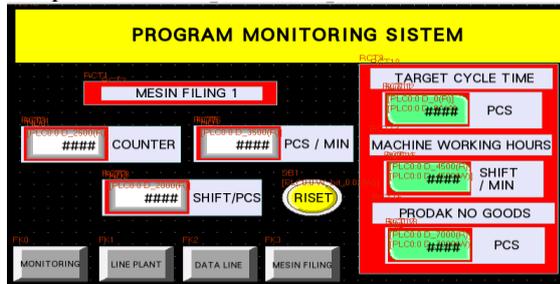


Gambar 11 Pengujian Program PLC

Berdasarkan gambar 11, telah dilakukan ujicoba program PLC yang mana mendapatkan hasil bahwa program dapat digunakan dan tidak mengalami *error*.

4.2. Hasil Pemrograman HMI

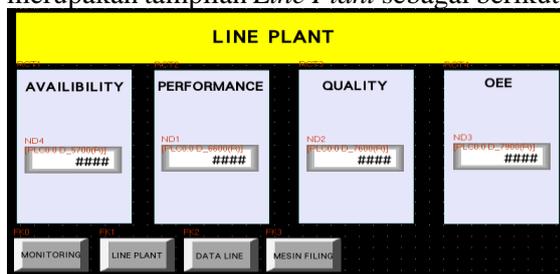
Setelah melakukan pemrograman PLC serta pengujiannya, selanjutnya dilakukan pemrograman serta pengujian HMI yang mana bertujuan untuk mengetahui fungsi dari HMI serta dapat melakukan pembacaan serta perhitungan data menjadi lebih mudah dari tampilan HMI.



Gambar 12 Tampilan awal HMI

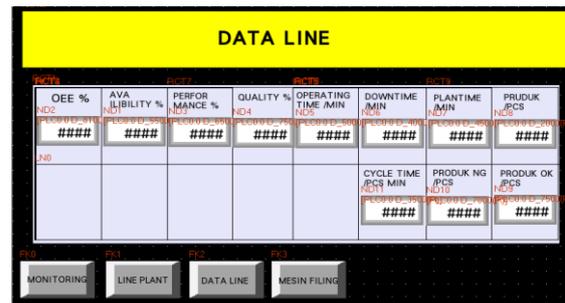
Gambar 12 merupakan tampilan awal HMI yang di desain guna dapat dipahami serta di operasikan lebih mudah. tiga parameter yang perlu dimasukkan seperti target *cycle time* untuk target produksi mesin filing dapat produksi permenitnya. *machine working hour* adalah lama mesin perintah untuk bekerja dalam satuan menit dan produk *no goods* berfungsi untuk operator memasukkan berapa jumlah dalam satuan PCS prodak yang di dihasilkan mesin filing tidak layak untuk dijual.

Tampilan awal HMI ini juga menunjukkan jumlah produksi yang telah di produksi dan menunjukkan kecepatan mesin pada saat produksi dalam satuan pcs/menit tombol riset diatas untuk menghapus semua data yang sebelumnya telah di proses. Selanjutnya merupakan tampilan *Line Plant* sebagai berikut.



Gambar 13 Tampilan Line Plant HMI

Gambar 13 merupakan tampilan *line plant* HMI yang berisikan 4 parameter *availibilty*, *performance*, *quality*, OEE. Selanjutnya merupakan tampilan data *line* HMI sebagai berikut.



Gambar 14 Tampilan data line HMI

Gambar 14 merupakan tampilan data *line* HMI yang mana data yang ditampilkan lebih lengkap dari *line plant* yang digunakan untuk pihak manajemen. Selanjutnya adalah ujicoba tampilan HMI sebagai berikut.



Gambar 15 Hasil pengujian program HMI

Berdasarkan gambar 15, hasil menunjukkan bahwa program HMI normal tidak ada indikasi *error*.

4.3. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem monitoring hasil produksi ini meliputi tiga kali percobaan dengan nilai dari tampilan HMI yaitu tampilan awal seperti pada gambar 12, tampilan *line plant* pada gambar 13. Pengujian dilakukan dengan melakukan *running* produksi pada mesin filing selama 20 menit. Untuk *setting* target produksi yaitu 112 pcs

Untuk hasil pengujian pertama yaitu pada tampilan awal HMI yang dilampirkan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil Produksi Tampilan Awal

| Uji ke | Counter | Pcs/min | Shift/pcs | Produk NG |
|--------|---------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 572 | 8 | 112 | 8 |
| 2 | 732 | 9 | 112 | 7 |
| 3 | 853 | 9 | 112 | 10 |

Berdasarkan tabel 2, terdapat hasil pengujian produksi pada tampilan awal HMI. *Counter*

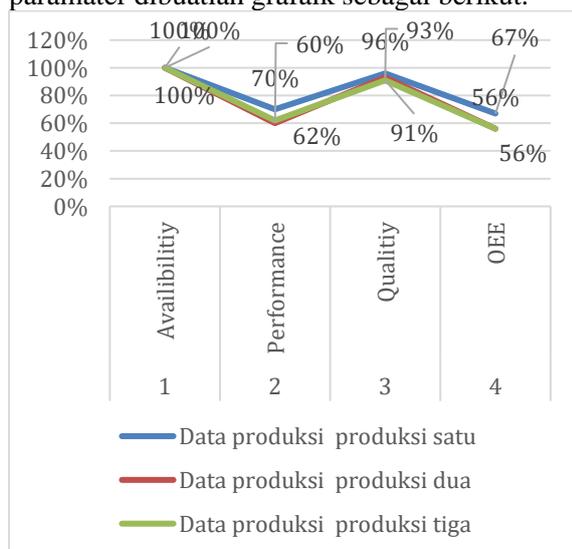
menunjukkan nilai total produksi yang dihasilkan mesin. Hasil menunjukkan bahwa pada pengujian 1 jumlah produk dihasilkan dalam 1 menit yaitu sebesar 8pcs, produksi 2 dan 3 9pcs. Untuk target dalam produksi sudah mencapai target yaitu sebesar 112 pcs.

Dalam sebuah produksi pasti ada produksi NG (*Non Good*), maka pada pengujian 1 terdapat 8 produk NG, pengujian 2 terdapat 7pcs, dan pengujian 3 terdapat 10 pcs. Hal tersebut umum terjadi karena mesin mengalami *error* saat produksi berlangsung [14]. Hasil menunjukkan bahwa sensor melakukan pembacaan yang sesuai dan HMI menampilkan data yang aktual [15]. Selanjutnya merupakan hasil tampilan HMI pada *line plant* sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Produksi Tampilan *Line Plant*

| uji ke | Availibility (%) | Performance (%) | quality (%) | OEE (%) |
|--------|------------------|-----------------|-------------|---------|
| 1 | 100 | 70 | 92 | 64 |
| 2 | 100 | 60 | 93 | 56 |
| 3 | 100 | 62 | 91 | 56 |

Tabel 3 merupakan hasil perhitungan yang dilakukan oleh PLC lalu ditampilkan pada HMI. Hasil menunjukkan bahwa PLC telah melakukan perhitungan yang sesuai dan HMI menampilkan data yang sesuai dari perhitungan PLC. Hasil perhitungan ber acuan pada persamaan 1 hingga 5. Untuk memudahkan dalam pembacaan hasil perhitungan dari 4 paramater dibuatlah grafaik sebagai berikut.



Gambar 16 Grafik hasil pengujian produksi

Berdasarkan gambar 16, pengujian produksi ke 1 mendapat nilai tertinggi dari ke 4

paramater. Hal ini menunjukkan bahwanya adanya penurunan performa mesin seiring dengan naiknya jumlah *counter* sehingga perlu dilakukan adanya pengecekan serta perawatan pada mesin filling [].

5. KESIMPULAN

Sistem dapat berfungsi serta dapat digunakan pada industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PLC, HMI, serta sensor pendukung bekerja dengan normal. Perancangan ini dapat dikembangkan untuk disempurnakan dan dapat menjadi acuan serta kutipan dalam penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan tim yang telah memberi dukungan serta bantuan terhadap perancangan sistem ini. Penulis juga berterimakasih kepada bapak ojak abdul rozak yang telah memberikan saran serta motivasi selama melaksanakan projek ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fathussalam *et al.*, "Rancang Bangun Mesin Produksi Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Berbasis Teknologi Cyclone-Redistillation," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 7, no. 2, pp. 148–156, 2019, doi: 10.29303/jrpb.v7i2.113.
- [2] B. Hermawan, N. Suarna, and R. D. Dana, "Optimasi Produksi Minuman Kekinian dengan Smart Bottle Drink Machine IOT dan Otomasi Pencatatan Hasil Produksi di Desa Mayung Kabupaten Cirebon," *J. Kecerdasan Buatan dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 49–54, 2024.
- [3] F. K. Umami and I. Mubarak, "Sistem Informasi Pencatatan Hasil Operator Produksi Berbasis Website Pada Pt. Tri Lestari Sandang Industri," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 3, pp. 3619–3626, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9752.
- [4] A. Al Imam and S. Hidayatulloh, "Perancangan Sistem Informasi Dashboard Jadwal Produksi Dan Pencatatan Pemenuhan Hasil Produksi Pada Item Ekspor," *Simpatik J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 96–108, 2022, doi: 10.31294/simpatik.v2i2.1493.
- [5] B. Herdiana, E. B. Setiawan, and U. Sartoyo, "Tinjauan Komprehensif Evolusi, Aplikasi, dan Tren Masa Depan Programmable Logic Controllers," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 11, no. 2, pp. 173–193, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/>

- article/view/12896%0Ahttps://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/article/download/12896/4459
- [6] F. F. Fidhini, G. D. Prenata, and L. A. Swarga, "Rancang Bangun Sistem Kendali Hoist Rubber Tyred Gantry Crane Berbasis Programmable Logic Controller Dan Fuzzy," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2314–2318, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4740.
- [7] G. Heryana, A. Setia Nugraha, S. Anwar, and A. Wiyono, "Analisa Counting System Dengan 2 Pilihan Program Produk Pada Proses Spot Welding Di PT. Summit Adyawinsa Indonesia," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2018, pp. 277–281, 2018.
- [8] F. A. K. Yudha and B. Riyanta, "Perancangan dan Simulasi Trainer Human Machine Interface (HMI) untuk media pembelajaran berbasis CX Designer PLC," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 2, pp. 136–145, 2020, doi: 10.18196/jmpm.v4i2.10607.
- [9] M. R. Duwila, M. Syafaat, Kasiyanto, D. Widiatmoko, and A. A. Irwansyah, "Prototype Sistem Tata Gudang Otomatis pada Gudang Kaporlap di Stuan Bekang TNI AD Berbasis PLC," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2043–2049, 2024.
- [10] Eggy Depto Maniar, Sigit Kurniawan, Maizal Isnen, and Ahmad Ridwan, "Perancangan Human Machine Interface (HMI) Pada Modul Praktikum Sistem HMI Berbasis PLC Omron CP1E NA20DRA," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–25, 2021, doi: 10.37338/elti.v3i1.193.
- [11] K. Agung Syahputra, F. R. A Bukit, and Suherman, "Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 101, no. 2, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/4766/2145>
- [12] D. Wibisono, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Meminimalisasi Six Big Losses Pada Mesin Bubut (Studi Kasus di Pabrik Parts PT XYZ)," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–13, 2021, doi: 10.30998/joti.v3i1.6130.
- [13] P. Hamda, "Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (Oee) Untuk Meningkatkan Performa Mesin Exuder Di Pt Pralon," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 23, no. 2, pp. 112–121, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i2.2461.
- [14] Y. Mauluddin and F. Azzahra, "Evaluasi Human Error Penyebab Kecacatan Produksi pada Usaha Konveksi Manda Hijab Cicalengka," *J. Kalibr.*, vol. 20, no. 1, pp. 68–76, 2022, doi: 10.33364/kalibrasi/v.20-1.1132.
- [15] Y. Eunike, S. Situmorang, Y. D. Handoyo, M. Dwiyanti, and I. Halimi, "Kinerja Sistem Monitoring Suhu Dan Getaran Pada Turbin Uap Berbasis HMI-PLC," *J. Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 5, no. 1, p. 2023, 2023.