

Simulasi Interaktif *VIRTUAL PLANT* Sistem Pengisian Botol Menggunakan Siemens TIA Portal

Teofilus Christiawan Loen¹, Yuliati^{2*}, Albert Gunadhi³, Andrew Joewono⁴, Peter R Angka⁵,

Diana Lestariningsih⁶, Rasional Sitepu⁷

^{1,2,3,6}Program Studi Teknik Elektro, ⁵Program Studi Informatika,, ^{4,7}Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya; Jl. Kalijudan 37 Surabaya; Telp +62 31 3891264

*e-mail: yuliati@ukwms.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 telah mendorong implementasi bidang otomasi dalam sektor industri. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan simulasi dalam pemanfaatan Siemens HMI untuk menampilkan simulasi konveyor untuk bottle filling machine. Simulasi ini dirancang dengan menggunakan software TIA Portal V17 dan PLC Siemens S7-1500 menjadi pengontrol utama. Proses yang disimulasikan yang terdiri dari pengisian cairan, penutupan botol, penghitungan jumlah botol, serta visualisasi status konveyor secara interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tampilan Human Machine Interface (HMI) yang dapat menampilkan simulasi proses produksi secara visual dan mendukung monitoring serta pengendalian sistem secara virtual melalui perangkat lunak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa simulasi berhasil menampilkan proses pengisian, penutupan botol, dan penghitungan dengan waktu rata-rata 8,58 detik untuk pengisian, 8,13 detik untuk penutupan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan solusi otomasi industri, khususnya dalam implementasi HMI untuk sistem konveyor secara simulasi. Hasil simulasi ini dapat menjadi referensi dalam desain dan pengembangan sistem otomasi serupa di masa depan.

Kata kunci: Konveyor, PLC S7-1500, Otomasi, Siemens HMI

Abstract— Technological developments in the industrial revolution 4.0 era have encouraged the implementation of automation in the industrial sector. This research was conducted using a simulation approach in utilizing Siemens HMI to display a conveyor simulation for a bottle filling machine. This simulation was designed using TIA Portal V17 software and a Siemens S7-1500 PLC as the main controller. The simulated process consists of liquid filling, bottle closing, bottle counting, and interactive visualization of conveyor status. This research aims to develop a Human Machine Interface (HMI) display that can display a production process simulation visually and support virtual monitoring and control of the system through software. The test results show that the simulation successfully displays the filling, bottle closing, and counting processes with an average time of 8.58 seconds for filling, 8.13 seconds for closing. This research is expected to contribute to the development of industrial automation solutions, especially in the implementation of HMI for conveyor systems through simulation. The results of this simulation can be a reference in the design and development of similar automation systems in the future..

Keywords: Conveyor, PLC S7-1500, Automation, Siemens HMI

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada dunia industri telah berkembang pesat yang telah memasuki industri 4.0 yang mendorong untuk berkembang nya otomasi industri di berbagai sektor. Revolusi industri 4.0 ini terjadi dengan waktu yang cepat untuk perubahan dalam proses produksi yang telah dipadukan dengan teknologi yang mengurangi batasan secara fisik dan digital yang dapat meningkatkan kemajuan dalam otomasi industri [1]. Pada revolusi industri 4.0 ini telah menggabungkan mesin dengan teknologi yang dapat memudahkan pekerjaan serta menambah efisiensi dalam ketepatan produksi yang dijalankan dengan sistem otomasi yang telah mendukung untuk terhubung dengan jaringan internet dan serial

komunikasi [2]. Otomatisasi banyak digunakan karena menghemat waktu dalam proses produksi, untuk memindahkan barang dan pergerakan produk pada industri zaman sekarang telah menggunakan konveyor untuk menyalurkan produk menuju ke lini produksi selanjutnya, karena dapat menghemat biaya operasional untuk melakukan pemindahan barang dan menyortir nya. Pengendalian konveyor dapat diprogram dengan PLC yang telah dilengkapi dengan komponen untuk input dan output serta tersedia serial komunikasi untuk mengirimkan data yang dapat dihubungkan dengan perangkat eksternal yaitu HMI, sensor, relay, lampu, dan switch. Salah satu aplikasi pada manufaktur modern yaitu sistem pengisian botol yang berfungsi untuk mengisi cairan ke dalam botol dan

melakukan proses penutupan tutup botol secara otomatis [3][4], [5].

Konveyor belt sebagai system transmisi untuk memindahkan botol dan sensor serta menggunakan PLC sebagai pengontrol otomatis nya. PLC dapat mengendalikan mesin dengan otomatis tetapi untuk memantau secara interaktif maka dibutuhkan tambahan komponen antar muka yaitu menggunakan Human Machine Interface (HMI).

Beberapa penelitian terdahulu lebih banyak memfokuskan diri pada penggunaan PLC untuk mengatur pengisian cairan secara otomatis pada botol, serta penggunaan sensor untuk memantau level cairan dan proses pengisian. Namun, penelitian tersebut tidak mencakup pengembangan antarmuka pengguna (HMI) yang dapat mempermudah operator dalam memonitoring dan mengendalikan proses secara interaktif dan untuk pengawasan dilakukan melalui panel kontrol[6][7][8]. Pada penelitian ini memiliki perbedaan dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya yaitu menggunakan software TIA Portal V17 untuk membuat tampilan Human Machine Interface (HMI) yang berfungsi untuk menampilkan simulasi yang memudahkan dalam memonitoring proses yang telah berjalan yang terhubung dengan Programmable Logic Control (PLC) yang mengatur pengendalian proses yang telah diprogram untuk menjalankan simulasi konveyor untuk bottle filling machine proses pengisian, penutupan botol, proses penghitungan jumlah botol yang telah diproses dan menampilkan status proses konveyor belt serta memberikan visualisasinya dan menggunakan animasi perubahan warna pada komponen tampilan HMI.

II. STUDI PUSTAKA

Programmable Logic Control (PLC) Programmable Logic Control (PLC) adalah sebuah perangkat otomasi proses yang didalam nya menggunakan mikroprosesor yang digunakan dalam pengendalian dan memiliki input dan output serta menggunakan serial komunikasi untuk pengiriman data[9]. PLC menjadi perangkat elektronika digital yang menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan intruksi dan mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, pengurutan, penghitungan, aritmatika untuk mengontrol sebuah mesin, proses serta PLC dirancang untuk pemrograman dengan mudah [10]. PLC dirancang untuk bekerja dengan aplikasi industri dan diperkenalkan untuk menjadi pengganti sistem pengaturan logika relay yang terprogram, PLC telah menjadi alat yang handal dan ringkas bagi teknisi untuk melakukan operasi logika dan mengonfigurasi program tanpa upaya perkabelan. PLC merupakan perangkat kontrol yang menerima data input yang berasal dari luar yang ditransfer menjadi logika yang disimpan dalam memori. PLC memiliki empat komponen utama terdiri dari: Central Processing Unit (CPU), Memori, Modul input output dan power supply.

2.1 TIA Portal V17

Totally Integrated Automation Portal (TIA), yang selanjutnya disebut TIA PortalBagian *Studi Pustaka* merupakan bagian optional. Bagian ini membahas teori dasar dari penelitian, yang dianggap penting untuk

dikemukakan. menawarkan semua fungsi yang Anda perlukan untuk mengimplementasikan tugas otomasi yang dirangkai dalam satu platform perangkat lunak. TIA Portal adalah lingkungan kerja bersama untuk perekayasa terintegrasi dengan berbagai sistem SIMATIC yang tersedia dalam satu kerangka kerja. Oleh karena itu, TIA Portal juga memungkinkan kolaborasi lintas sistem yang andal dan nyaman. Semua paket perangkat lunak yang diperlukan, mulai dari konfigurasi perangkat keras dan pemrograman hingga visualisasi proses diintegrasikan dalam kerangka kerja perekayasa yang komprehensif [9], [10].

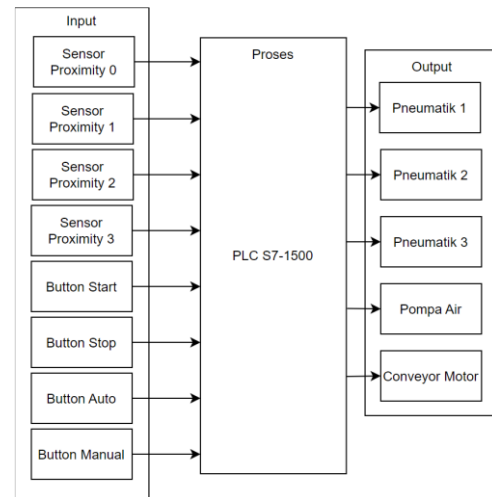
TIA Portal tersedia untuk pemilihan struktur program untuk mengatur kode dan data. Terdapat empat jenis blok utama dalam perangkat lunak TIA Portal yaitu *Organization Block* (OB), *Function Block* (FB), *Function* (FC), *Data Block* (DB):

- a. *Organization Block* (OB) adalah blok dalam PLC yang berfungsi sebagai antarmuka sistem operasi pada PLC dan program yang dipicu oleh sistem operasi secara periodik maupun peristiwa tertentu. OB juga menjadi titik awal untuk eksekusi program dan yang mengatur alur eksekusi pada program. Jenis OB yang paling umum digunakan adalah OB1 yang bertanggung jawab untuk eksekusi program secara terus menerus atau secara siklikal. OB tidak dapat di panggil pada blok lain, tetapi dapat memanggil FC dan FB.
- b. *Function Block* (FB) adalah blok yang digunakan untuk tugas yang memerlukan penyimpanan status dan data selama program masih berjalan yang memiliki jenis data statis. FB juga digunakan untuk merangkum fungsi – fungsi tertentu dan memiliki kemampuan dalam mempertahankan memori mereka sendiri memungkinkan yang untuk mempertahankan informasi status diantara panggilan. digunakan untuk FB dapat tugas yang membutuhkan data yang harus tetap tersimpan dan mengontrol proses perangkat yang kompleks. FB memiliki memori sendiri dan dapat ditambahkan data block (DB) untuk mengakses serta dapat memanggil FB dan FC lain dalam fungsi block melalui intruksi panggilan dan memiliki jenis data statis dan dinamis.
- c. *Function* (FC) adalah blok fungsi tidak memiliki memori internal dan tidak dapat mempertahankan nilai antara panggilan tetapi blok fungsi ini memiliki kemiripan seperti FB yaitu dapat merangkum fungsi tertentu. Pada FC dapat digunakan untuk tags mengonversi nilai, menemukan akar kuadrat dari suatu nilai, dapat menjalankan fungsi matematika yang berguna untuk menangani data dalam pemrograman PLC. FC membutuhkan DB untuk menyimpan data nya dan FC cocok digunakan untuk tugas sederhana.
- d. *Data Block* (DB) adalah blok data yang digunakan untuk menyimpan informasi pada PLC. DB digunakan untuk menyimpan data secara terstruktur dan pengelompokan data yang saling terkait secara bersamaan sehingga dapat pengelolaan dan memudahkan akses. DB menyediakan memori untuk variabel dan mendefinisikan elemen data untuk program. DB menyimpan data jenis input dan output dengan DB global yang memungkinkan semua FB dan FC dapat membaca serta menulis data.

2.2 Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface adalah suatu sistem digital yang berkomunikasi dengan PLC dan sensor untuk menampilkan informasi maupun data bagi pengguna. HMI dapat menjalankan sistem pengendalian dan memvisualisasikan secara manual maupun secara real time [11]. HMI adalah alat digital yang berkomunikasi dengan Programmable Logic Controllers (PLC) dan sensor untuk menampilkan informasi bagi pengguna. HMI mengoptimalkan proses industri dengan digitalisasi dan sentralisasi data, sehingga operator dapat melihat informasi penting, mengelola alarm, dan terhubung dengan sistem SCADA melalui satu konsol. HMI akan memiliki keuntungan yaitu dapat mengurangi kesalahan dan meningkatkan efisiensi serta produktivitas dalam proses industri serta dapat mengontrol mesin dengan efektif serta umpan balik yang diberikan mesin dapat memudahkan operator dalam mengambil sebuah keputusan dan jika terjadi permasalahan pada mesin maka operator dapat langsung memantau dan mengendalikan mesin dengan data yang berasal dari bantuan tampilan HMI serta mengetahui posisi kerusakan dari peringatan yang telah di program dari PLC yang tampil ke HMI yang disajikan dengan interaksi berupa ikon, gambar, dan teks..

dengan menggunakan PLC siemens S7- 1500 berbasis simulasi HMI. Untuk blok diagram dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

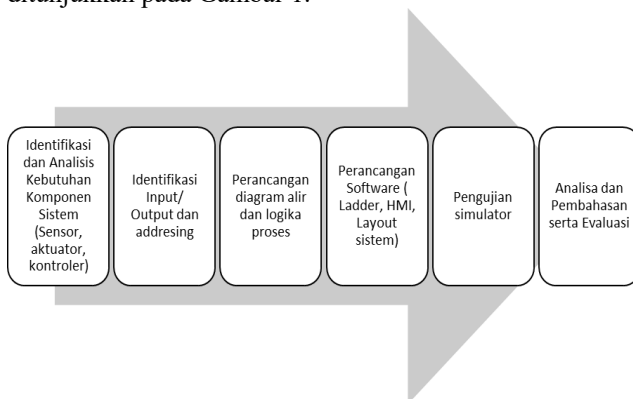


Gambar 2. Blok Diagram

III. METODE

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan pendekatan rancang bangun simulator *virtual plant* pengisian botol otomatis dengan langkah langkah yang dilakukan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pendekatan simulasi pada penelitian ini dengan beberapa pertimbangan antara lain dari segi keamanan untuk pengembangan perangkat lunaknya, efisiensi biaya, serta mengurangi resiko dalam penggunaan komponen perangkat keras. Namun simulator ini juga memiliki keterbatasan dalam menangkap atau merekam apabila diberikan gangguan yang tidak terduga .

3.2 Metode Perancangan

Pada desain blok diagram perancangan untuk memaparkan mengenai komponen yang digunakan pada bagian input, PLC, output. Block diagram ini menjelaskan tentang perancangan simulasi konveyor untuk pengisian botol secara otomatis dan proses pemberian penutup botol

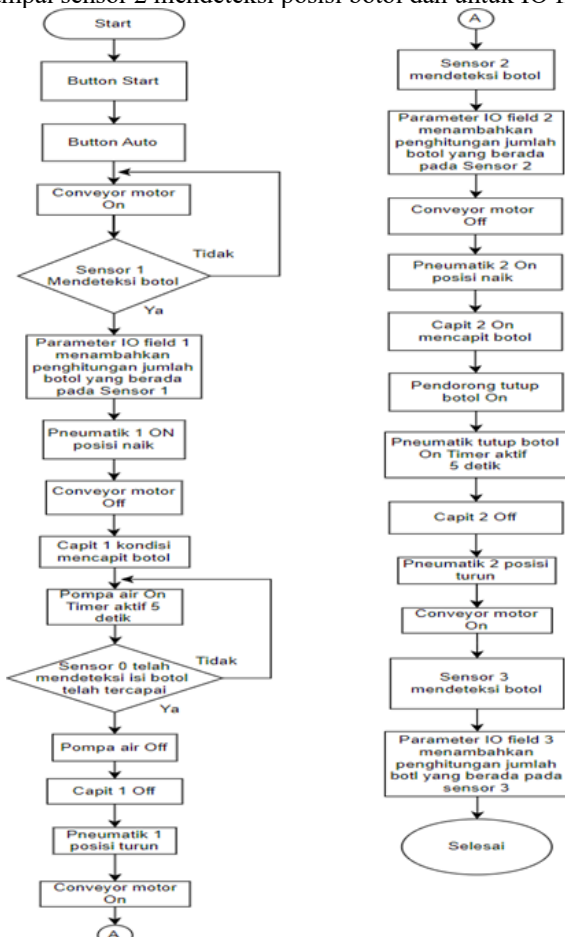
Urutan kerja sistem pada penelitian yang sesuai dengan block diagram tersebut yang dapat dijelaskan untuk alur dalam sistem kerja sistem yang digunakan pada penelitian ini yang terdiri dari bagian *input* dan bagian proses, bagian *output* yang akan ditampilkan pada visualisasi simulasi. Untuk bagian *input* terdapat 4 sensor proximity dan terdapat *tombol start*, *tombol stop*, *tombol auto*, *tombol manual*, untuk sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi bahwa kondisi botol sudah terisi air, sensor proximity 1 berfungsi untuk mendeteksi bahwa posisi botol kosong telah berada pada bagian pengisian botol, sensor proximity 2 berfungsi untuk mendeteksi bahwa posisi botol yang terisi air berada pada bagian pemberian penutup botol, sensor proximity 3 berfungsi untuk mendeteksi botol yang telah melalui proses pengisian dan proses pemberian penutupan botol lalu pada sensor proximity ini akan dideteksi lalu dilakukan penghitungan jumlah botol, *tombol start* berfungsi untuk memulai proses simulasi *tombol stop* berfungsi untuk menghentikan proses yang berjalan, *tombol manual* berfungsi untuk memilih mode ke manual jadi menjalankan proses secara manual, *tombol auto* berfungsi untuk menjalankan otomatis. Bagian proses terdapat PLC Siemens S7-1500 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian yang utama yang menerima sinyal *input* dan proses yang berdasarkan susunan logika pada program dan mengirimkan sinyal menuju ke *output* untuk mengoperasikan motor, pneumatik, pompa air, conveyor, maka pada bagian proses ini akan mengontrol mulai dari inputan yang diterima lalu diolah dan dikirimkan menuju ke output.

Pada bagian *output* terdapat motor untuk konveyor, pompa air, pneumatik 1, pneumatik 2, pneumatik 3, yang pada bagian conveyor motor berfungsi untuk mengerakkan jalan conveyor belt, pompa air berfungsi untuk memindahkan posisi air yang berada di

tangki menuju kedalam botol, pneumatik 1 berfungsi untuk menahan posisi botol saat sensor proximity 1 mendeteksi keberadaan botol berada di posisi bagian pengisian botol dan akan turun saat pengisian telah selesai dan jika pengisian botol masih dalam proses pengisian maka akan posisi naik, pneumatik 2 berfungsi untuk menahan posisi botol saat sensor proximity 2 mendeteksi keberadaan botol berada di posisi bagian pengisian botol dan akan turun saat pengisian telah selesai dan jika pengisian botol masih dalam proses pengisian maka akan posisi naik, pneumatik 3 berfungsi untuk memberikan penutup botol yang telah melalui proses pengisian air.

3.3 Diagram Alir Proses

Diagram alir proses Gambar 3 yang dirancang untuk mempermudah mengetahui alur kerja proses dan pembuatan simulasi. Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa conveyor awal akan berjalan berdasarkan *tombol start* dan *tombol auto* yang diaktifkan berdasarkan perintah dari HMI lalu conveyor motor akan on, sensor 1 akan mendeteksi botol dan untuk IO field parameter 1 akan menambahkan penghitungan jumlah botol pada posisi sensor 1 dan conveyor motor akan berhenti, pneumatik akan *on* untuk menahan botol jadi naik kondisi nya, caput 1 mencapit botol lalu pompa air aktif setelah pengisian botol sudah tercapai maka sensor 0 akan mendeteksi isi botol dan caput 1 akan terbuka beserta pneumatik akan *off* dengan kondisi turun, setelah itu conveyor motor akan aktif on sampai sensor 2 mendeteksi posisi botol dan untuk IO field



Gambar 3. Diagram Alir Proses

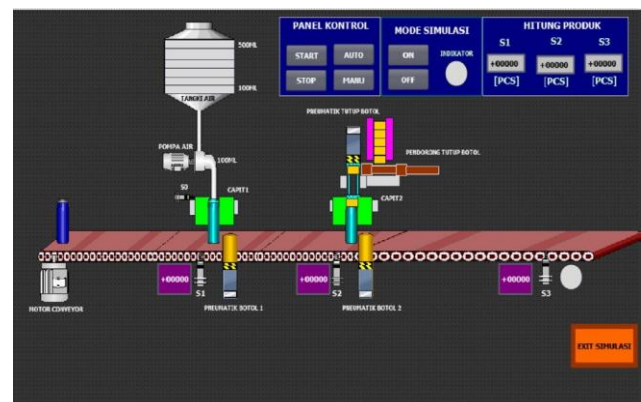
parameter 2 akan menambahkan penghitungan jumlah botol pada posisi sensor 2, lalu conveyor motor akan off dan pneumatik 2 akan on posisi naik serta caput 2 juga kondisi on mencapit botol, pendorong tutup botol aktif lalu untuk pneumatik tutup botol posisi turun selama 5 detik setelah mencapai 5 detik, caput 2 akan kondisi off dan pneumatik 2 akan off posisi turun, untuk conveyor motor kembali ke kondisi on menuju ke posisi sensor 3 mendeteksi posisi botol dan untuk IO field parameter 3 akan menambahkan penghitungan jumlah botol pada posisi sensor 3 setelah itu akan selesai dan akan berjalan berulang sampai tombol stop di aktifkan.. Sebelum melakukan pembuatan program PLC dan desain untuk simulasi maka perlu dilakukan identifikasi untuk input dan output yang akan digunakan. Identifikasi tersebut berfungsi untuk memudahkan dan membantu dalam pembuatan program PLC dan simulasi yang dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Input dan Output

Nama Tag	Alamat	Tipe	Keterangan
IO Field S1	%MW100	AI	Data analog input parameter 1
IO Field S2	%MW102	AI	Data analog input parameter 2
IO Field S3	%MW104	AI	Data analog input parameter 3
SIMULASI BAGIAN 1	%MW106	AO	Data analog output simulasi bagian 1
SIMULASI BAGIAN 2	%MW108	AO	Data analog output simulasi bagian 2
SIMULASI BAGIAN 3	%MW110	AO	Data analog output simulasi bagian 3
START BI	%I0.0	DI	Tombol start input
STOP BI	%I0.1	DI	Tombol stop input
AUTO BI	%I0.2	DI	Tombol mode otomatis input
MANUAL BI	%I0.3	DI	Tombol mode manual input
Sensor 0 I	%I0.7	DI	Status sensor 0
Sensor 1 I	%I0.4	DI	Status sensor 1
Sensor 2 I	%I0.5	DI	Status sensor 2
Sensor 3 I	%I0.6	DI	Status sensor 3
Q Conveyor	%Q0.1	DO	Aktuator conveyor
Q Pompa Air	%Q0.2	DO	Aktuator pompa air
Q Pneumatik 1	%Q0.3	DO	Aktuator pneumatik 1
Q Pneumatik 2	%Q0.4	DO	Aktuator pneumatik 2
Q Lampu Indikator	%Q0.0	DO	Indikator lampu
Q Pneumatik Samping Tutupbtl	%Q0.7	DO	Aktuator pneumatik samping tutup botol
Q Pneumatik Atas Tutupbtl	%Q1.0	DO	Aktuator pneumatik atas tutup botol

3.4 Desain Tampilan HMI

Desain tampilan HMI ini menggunakan software TIA Portal V17 dengan membuat tampilan sebanyak 2 screen yang terdiri dari untuk screen 1 yang menjadi *Main* yang akan menampilkan mode auto dan untuk screen 2 untuk menampilkan mode manual yang di tunjukkan pada gambar 4.

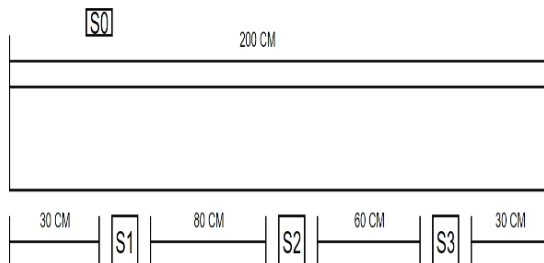


Gambar 4. Tampilan HMI Mode Auto

3.5 Perancangan Konveyor dan Penempatan Sensor

Dalam membuat program dan simulasi diperlukan perancangan dimensi konveyor serta titik penempatan sensor pada Gambar 5 yaitu:

- Panjang konveyor 2 meter
- Jarak antara sensor 1 dengan sensor 2 adalah 80 cm
- Jarak sensor 2 dengan sensor 3 adalah 60 cm

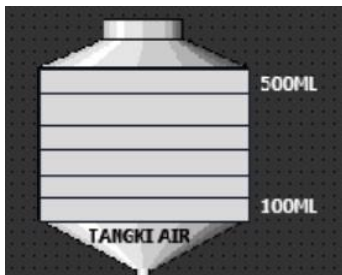


Gambar 5. Desain Dimensi Konveyor dan Penempatan Sensor

Pada gambar 5 menunjukkan untuk ukuran dimensi konveyor yang memiliki panjang 200 cm yang dibagi menjadi beberapa bagian yaitu untuk 30 cm sebelum sensor pertama 1 (S1), 80 cm ukuran jarak sensor pertama (S1) dengan sensor kedua (S2), 60 cm ukuran jarak antara sensor kedua dengan sensor ketiga (S3), 30 cm setelah sensor ketiga (S3). Dari desain ukuran konveyor maka ditetapkan bahwa kecepatan motor adalah 20 RPM menggunakan tipe motor induksi 3 fasa.

3.6 Perancangan Kapasitas Tangki Simulasi

Pada perancangan kapasitas untuk tangki yang digunakan menyimpan pasokan ketersediaan cairan yang akan berkurang tiap 100 ml jika pada bagian keluaran nya telah aktif yaitu pompa air aktif. Untuk kapasitas dapat menampung 500 ml cairan yang akan berkurang setiap pengisian botol berlangsung yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Kapasitas Tangki Cairan Simulasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi interaktif dan pengujian proses *virtual plant system* pengisian botol dengan dilengkapi sistem konveyor sebagai sistem transmisinya menggunakan Software TIA Portal V17 untuk mengetahui bahwa desain HMI dan program PLC sudah berjalan sesuai dengan ketentuan dan menguji setiap fungsi tombol dan simulasi pada *screen* HMI.

4.1 Pengukuran Durasi Proses Pengisian Botol

Pengukuran durasi pada proses pengisian botol dilakukan dari awal botol dalam keadaan kosong belum terdapat isi cairan sampai proses pengisian

botol sampai cairan selesai di isikan dengan mengambil data dengan mengukur durasi menggunakan stopwatch. Dari data durasi pengisian botol yang telah dilakukan pengumpulan data yang di tunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Durasi Pengisian Botol

Pengisian Botol Ke-	Durasi (detik)
1	08,82
2	08,59
3	08,85
4	08,39
5	08,20
6	08,22
7	08,56
8	08,50
9	09,57
10	08,60
11	08,32
12	07,86
Rata-rata waktu yang dibutuhkan	08,58

Hasil simulasi pengisian botol yang menunjukkan waktu rata-rata sebesar 08,58 detik yang berdasarkan dari percobaan pada 12 botol, sedangkan pada ladder diagram durasi telah diatur 11 detik. Waktu 3 detik untuk delay awal (BIT_DELAY3S_1) saat pneumatik naik dan pompa air mulai bekerja, 5 detik untuk proses pengisian botol, serta 3 detik untuk delay setelah pengisian (BIT_DELAY3S_2) sebelum konveyor kembali bergerak. Dari perbedaan waktu sebesar 2,47 detik yang menunjukkan bahwa simulasi berjalan lebih cepat dibandingkan pada ladder diagram dapat disebabkan karena pengaruh simulasi yang tidak sepenuhnya menyesuaikan delay seperti pada waktu respon sensor, aktuatur, pneumatik yang lebih cepat dan animasi pada software meski demikian untuk simulasi sesuai dengan urutan logika pada ladder diagram.

4.2 Pengukuran Durasi Proses Penutupan Botol

Pengukuran durasi pada proses penutupan botol pada tabel 3 dilakukan saat botol telah terisi dengan cairan kemudian botol berada pada sensor 2 yang otomatis menjalankan pneumatik untuk pemberian tutup botol sampai selesai.

Tabel 3 Durasi Penutupan Botol

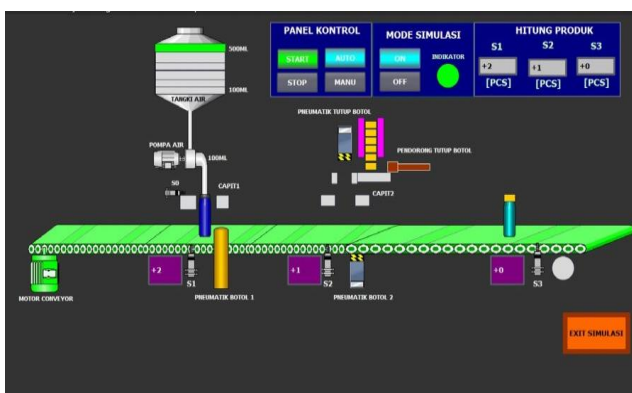
Penutupan Botol ke-	Durasi (detik)
1	07,89
2	07,81
3	07,90
4	07,91
5	08,19
6	08,35
7	08,36
8	08,29

9	08,28
10	08,29
11	08,25
12	08,10
Rata-rata	08,13

Hasil simulasi penutupan botol yang menunjukkan waktu rata-rata yang diperoleh sebesar 08,13 detik yang berdasarkan dari percobaan pada 12 botol, sedangkan waktu yang diatur pada ladder diagram adalah 7 detik yang terdiri dari 1 detik untuk delay awal (BIT_DELAY1S_1) saat pneumatik sampling aktif, 3 detik untuk penekanan tutup botol oleh pneumatik atas (BIT_DELAY3S_4), dan 3 detik untuk delay setelah penutupan sebelum conveyor kembali bergerak (BIT_DELAY3S_5). Selisih waktu yang di dapat sebesar 1,13 detik yang menunjukkan bahwa proses penutupan botol pada simulasi membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan ladder diagram. Perbedaan ini dapat disebabkan dari beberapa faktor waktu respon pneumatik pada simulasi, animasi HMI yang mempengaruhi keseluruhan durasi simulasi, simulasi juga dapat menimbulkan tambahan delay tetapi tidak terlihat secara langsung yang menyebabkan peningkatan durasi. Tetapi dari hasil selisih sebesar 1,13 detik berhasil karena telah menjalankan simulasi sesuai dengan urutan logika ladder diagram meskipun waktu nya lebih lama dari rancangan awal nya.

4.3 Pengukuran Durasi Total Keseluruhan Proses

Pengukuran durasi pada keseluruhan proses mulai dari kondisi botol dalam keadaan kosong sampai menuju ke proses akhir yang telah dipasang penutup lalu melalui sensor 3 untuk dilakukan penghitungan dari seluruh proses dilakukan pengambilan data dengan mengukur durasi menggunakan stopwatch untuk mengetahui durasi yang dibutuhkan untuk satu siklus yang dapat dilihat pada gambar 7 sampai yang menunjukkan proses posisi botol melalui semua tahapan nya.



Gambar 7. Botol menuju Proses Akhir

Berdasarkan hasil data yang diperoleh total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua proses pada 12 botol adalah 664.4 detik yang menghasilkan rata-rata waktu per botolnya sebesar 55,37 detik. Apabila dibandingkan dengan ladder diagram untuk waktu yang ideal dibutuhkan waktu 18 detik per botol dengan total 216 detik untuk 12 botolnya. Memiliki selisih sebesar 448,4 detik antara hasil dari simulasi dan dari ladder diagram yang dibuat yang menunjukkan bahwa terdapat tambahan waktu yang berasal

dari delay yang disebabkan oleh waktu idle conveyor, respon pneumatik, animasi, sensor yang membutuhkan waktu lama untuk proses nya. Pada simulasi menghasilkan waktu idle yang lebih panjang dibandingkan dengan kondisi yang dirancang pada ladder diagram.

Tabel 4 Durasi Semua Proses Botol

Botol Ke-	Durasi (detik)
1	50.52
2	55.68
3	55.58
4	55.10
5	55.65
6	55.54
7	55.63
8	55.55
9	57.53
10	56.58
11	55.53
12	55.51
Rata rata	664.4

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian terhadap simulasi satu siklus proses pengisian botol, maka penyebab terjadinya perbedaan antara waktu simulasi dan waktu pada ladder diagram antara lain disebabkan oleh PLC Scan Time yang berkisar antara 1 hingga 10 ms per siklus, terjadinya delay komunikasi data antar perangkat lunak yang dapat mencapai 20–50 ms. serta CPU load pada perangkat komputer sehingga durasi 1 detik pada instruksi Timer (TON) di TIA Portal tidak selalu sinkron 100% dengan kecepatan gerak objek pada visualisasinya. Beberapa hal ini menghasilkan simpangan waktu respons antara 5% hingga 10% dibandingkan dengan performa PLC fisiknya yang relatif lebih stabil.

Berbeda dengan penelitian [6-8] maka perancangan simulasi interaktif ini memiliki kelebihan dalam pengujian skenario kemungkinan kegagalan sebelum sistem riilnya dibangun serta pengguna juga dapat mengubah parameter sistem secara langsung serta mengamati dampaknya.

4.5 Analisa Proses Validasi

Proses validasi dalam upaya untuk memastikan bahwa variabel kontrol yang di program pada Siemens TIA portal sudah sinkron dan sesuai dengan algoritma pemrogramannya sebelum diunggah ke hardware PLC, maka hal hal yang perlu dilakukan antara lain:

- a. Pengujian koneksi, *addressing* dan pemetaan I/O objek simulasi apakah sudah terhubung dengan benar serta mengamati responnya
- b. Pemantauan urutan proses pengisian botol apakah telah berjalan langkah demi langkah sesuai algoritma
- c. Menjalankan satu siklus penuh dari awal hingga akhir dan memastikan tidak ada proses yang *overlap*
- d. pengecekan kesesuaian nilai variabel numerik pada system (*data logging*).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut Pemanfaatan Siemens HMI yang dirancang menggunakan TIA Portal V17 berhasil menampilkan simulasi konveyor untuk sistem pengisian botol secara visual dan interaktif. Proses yang disimulasikan meliputi pengisian botol, penutupan botol, serta proses counter jumlah botol yang sinkron dengan ketersediaan cairan pada tangka. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan sesuai dengan logika pemrograman PLC Siemens S7-1500, dengan waktu rata-rata 8,58 detik untuk pengisian, 8,13 detik untuk penutupan. Fitur counter jumlah botol bekerja dengan baik melalui penggunaan sensor proximity pada tiga tahapan proses, yang menghasilkan data akurat terkait jumlah botol yang telah diproses. Hasil pengujian membuktikan bahwa desain simulasi Siemens HMI telah sesuai dengan kebutuhan sistem, mendukung monitoring dan pengendalian proses produksi secara virtual tanpa memerlukan perangkat keras fisik, sehingga menjadi solusi efisien dalam pengembangan sistem otomasi industri.

REFERENSI

- [1] M. K. Purba, Nabillah, Mhd Yahya, Nurbaiti, "REVOLUSI INDUSTRI 4.0: PERAN TEKNOLOGI DALAM EKSISTENSI PENGUSAHAAN BISNIS DAN IMPLEMENTASINYA," *J. Perilaku Dan Strateg. Bisnis Vol.9*, vol. 9, no. 2, pp. 91–98, 2021.
- [2] H. Hamdan, "Industri 4.0: Pengaruh Revolusi Industri Pada Kewirausahaan Demi Kemandirian Ekonomi," *J. Nusantara. Apl. Manaj. Bisnis*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2018, doi: 10.29407/nusamba.v3i2.12142.
- [3] P. Siroya, A. Mahammad Shah, and R. Jat, "Designing of Automatic Bottle Filling System Using Plc," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci. @International Res. J. Mod. Eng.*, vol. 02, no. 09, pp. 2582–5208, 2020, [Online]. Available: www.ijrmets.com
- [4] M. H. Choiri, "Perancangan Sistem Otomasi pada Proses Pengemasan di Industri Air Botol Mineral PLC," no. December, 2022.
- [5] R. Rahmawati, S. Amra, C. Yusnar, I. Ismaniar, and J. Syarif, "Implementasi Mesin Filling untuk Efisiensi Waktu Pengemasan VCO," *J. Vokasi*, vol. 9, no. 1, p. 64, 2025, doi: 10.30811/vokasi.v9i1.6484.
- [6] Aye Aye Mar | Hay Man Oo | Kyawt Kyawt Hlaing, "Liquid Level and Photoelectric Sensors Based Automatic Liquid Mixing and Filling Machine System using PLC," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev. Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 5, pp. 1950–1954, 2019, doi: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd27835>.
- [7] I. Arif, M. T. L. Tobing, and Y. Junaidi, "Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil) Perancangan Unit Pengisian Pada Mesin Pengisian Botol Otomatis Berbasis PLC," vol. 3, no. 2, pp. 37–44, 2022.
- [8] O. Febriyanti, U. Latifa, and R. Hidayat, "Perancangan Sistem Instrumentasi Pada Mesin Pengisi Botol Minuman Berbasis Outseal PLC," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 7, no. 1, pp. 29–42, 2021, doi: 10.15575/telka.v7n1.29-42.
- [9] Siemens and T. Slides, *TIA Portal V20*. 2024.
- [10] NN, *TIA Portal STEP 7 Basic V10.5 Getting Started*. 2009.
- [11] R Mirza Fatin Juarsah, Haris Rachmat, and Deny Sukma Eka Atmaja, "Perancangan Human Machine Interface Pada Stasiun Kerja Pick and Place Simulator Bottling Plant Menggunakan Metode V-Model," *e-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–10, 2020.