Pengembangan Sistem Otomasi Pengisian dan Pencampuran Kopi Instan Berbasis PLC dan Pneumatik

Yurika[1], Mahmudin Yusup [2], Eva Damayanti[3], Ahmad Kurnia[4], Aditiya Sahrul Hidayat[5]

[1,2,3,4,5] *Program Studi Teknik Otomasi- Politeknik TEDC Bandung*
Jl. Politeknik-Pesantren KM2 Cibabat Cimahi Utara – Cimahi Jawa Barat - Indonesia
yurika@poltek.ac.id, mahmudinyusup5@gmail.com, evadamayanti@poltek.ac.id, akurnia@poltektedc.ac.id, sahrul@poltektedc.ac.id

Correspondent Email: yurika@poltek.ac.id

Abstrak — Industri kopi mengalami pertumbuhan yang signifikan seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk minuman praktis. Namun, pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) masih menghadapi kendala dalam efisiensi proses produksi, khususnya pada tahap pengisian dan pengemasan yang masih dilakukan secara manual. Metode ini tidak hanya memerlukan waktu yang lebih lama, tetapi juga menghasilkan variasi takaran yang kurang konsisten. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem otomasi berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang terintegrasi dengan sistem pneumatik untuk proses pengisian dan pencampuran bubuk kopi dan gula secara otomatis. Sistem dirancang untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja, serta menghasilkan kualitas produk yang lebih seragam. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem mekanik dan kontrol, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan kecepatan produksi dan menghasilkan pengisian yang relatif stabil dengan deviasi minimal. Dengan desain yang sederhana dan biaya yang relatif terjangkau, sistem ini berpotensi menjadi solusi tepat guna bagi UMKM dalam meningkatkan daya saing produk.

Kata kunci: Otomasi Industri; PLC; Pneumatik; Mesin Pengisian; Kopi Instan

I. PENDAHULUAN

Perkembangan otomasi industri dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi, produktivitas, dan konsistensi proses produksi pada berbagai sektor manufaktur [1]. Penerapan teknologi otomasi memungkinkan proses produksi berjalan secara lebih terstruktur dan terkontrol, sehingga mampu meminimalkan kesalahan manusia serta meningkatkan kualitas hasil secara berkelanjutan. Dalam industri pangan, khususnya pengolahan kopi, aspek konsistensi takaran dan homogenitas campuran menjadi faktor krusial yang secara langsung mempengaruhi kualitas produk akhir serta tingkat kepuasan konsumen [2].

Kopi instan dalam kemasan sachet merupakan salah satu produk yang mengalami pertumbuhan permintaan yang cukup pesat, terutama di kalangan masyarakat modern yang mengutamakan kepraktisan dan efisiensi waktu. Produk ini menuntut proses produksi yang tidak hanya cepat, tetapi juga akurat dan higienis. Namun demikian, pada praktiknya, sebagian besar pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) masih mengandalkan metode manual dalam proses pengisian dan pencampuran bahan. Metode konvensional ini cenderung menghasilkan variasi takaran yang tidak seragam serta membutuhkan waktu produksi yang lebih lama [3]. Selain itu, ketergantungan terhadap tenaga kerja manusia juga meningkatkan risiko terjadinya kesalahan operasional yang dapat berdampak pada kualitas produk.

Dalam menghadapi tantangan tersebut, diperlukan suatu sistem otomatis yang mampu meningkatkan efisiensi proses produksi sekaligus menjaga konsistensi hasil. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan dalam sistem otomasi industri adalah **Programmable Logic Controller (PLC)**, yang memiliki kemampuan untuk mengontrol proses secara terprogram, fleksibel, dan real-time [4]. PLC juga memungkinkan integrasi dengan berbagai perangkat input dan output, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan logika yang telah dirancang.

Selain itu, sistem pneumatik banyak digunakan sebagai aktuator dalam sistem otomasi karena memiliki keunggulan dalam hal kecepatan respon, keamanan operasional, serta kemudahan dalam perawatan [5]. Sistem ini memanfaatkan udara bertekanan sebagai sumber energi untuk menghasilkan gerakan mekanis, baik linier maupun rotasi. Kombinasi antara PLC dan pneumatik memungkinkan terciptanya sistem otomasi yang sederhana, efisien, dan ekonomis, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan pada industri skala kecil hingga menengah. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi antara PLC dan sistem pneumatik mampu

meningkatkan produktivitas serta mengurangi tingkat kesalahan manusia dalam proses produksi [6]. Namun demikian, implementasi teknologi ini pada sektor UMKM masih terbatas, terutama karena faktor biaya dan kompleksitas sistem. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang lebih sederhana, terjangkau, dan mudah dioperasikan tanpa mengurangi kinerja dan keandalannya.

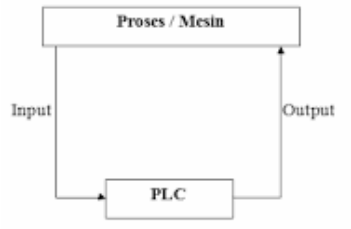
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan mesin pengisian dan pencampuran bubuk kopi berbasis PLC dan pneumatik yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi produksi serta menghasilkan kualitas produk yang lebih konsisten. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang dapat diimplementasikan secara luas oleh pelaku UMKM, sehingga mampu meningkatkan daya saing produk di pasar yang semakin kompetitif

II. TINJAUAN PUSTAKA

Mesin filling merupakan salah satu teknologi penting dalam industri manufaktur, khususnya pada sektor pangan dan minuman. Mesin ini berfungsi untuk memasukkan bahan ke dalam kemasan dengan volume atau massa tertentu secara otomatis, sehingga mampu meningkatkan kecepatan produksi sekaligus menjaga konsistensi hasil [7]. Dalam praktiknya, penggunaan mesin filling sangat berperan dalam mengurangi kesalahan manusia (human error) serta meningkatkan efisiensi proses pengemasan. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengaturan takaran yang lebih presisi dibandingkan metode manual, sehingga kualitas produk dapat lebih terjaga.

Dalam konteks industri modern, mesin filling tidak hanya berfungsi sebagai alat pengisian, tetapi juga menjadi bagian dari sistem otomasi yang terintegrasi dengan berbagai komponen lain seperti sensor, aktuator, dan sistem kontrol. Hal ini memungkinkan proses produksi berjalan secara kontinu dan terkoordinasi dengan baik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan mesin filling berbasis otomasi mampu meningkatkan produktivitas hingga lebih dari 40% dibandingkan metode konvensional [8].

Salah satu komponen utama dalam sistem otomasi industri adalah **Programmable Logic Controller (PLC)**, yang berfungsi sebagai pusat kendali dari seluruh proses, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses kerja PLC

PLC merupakan perangkat kontrol digital yang dirancang untuk mengelola proses otomatis dengan tingkat keandalan tinggi. PLC mampu membaca sinyal input dari berbagai sensor, memprosesnya berdasarkan logika yang telah diprogram, dan menghasilkan output untuk mengendalikan aktuator [9].

Keunggulan PLC terletak pada fleksibilitasnya dalam pemrograman, kemampuannya untuk bekerja secara real-time, serta kemudahan dalam integrasi dengan berbagai perangkat industri. Selain itu, PLC juga memiliki daya tahan yang tinggi terhadap kondisi lingkungan industri yang keras, seperti suhu tinggi, getaran, dan gangguan listrik [10]. Oleh karena itu, PLC banyak digunakan dalam berbagai aplikasi otomasi, mulai dari sistem produksi skala kecil hingga industri besar.

Selain PLC, sistem pneumatik juga memiliki peranan penting dalam mendukung proses otomasi. Sistem ini memanfaatkan udara bertekanan sebagai sumber energi untuk menghasilkan gerakan mekanis, baik linier maupun rotasi. Pneumatik banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti kecepatan respon yang tinggi, konstruksi yang sederhana, serta kemudahan dalam perawatan [11]. Selain itu, sistem pneumatik juga relatif aman digunakan karena tidak menghasilkan percikan api, sehingga cocok untuk aplikasi di industri pangan.

Dalam sistem pneumatik, komponen utama yang digunakan meliputi kompresor, katup (valve), dan silinder pneumatik. Katup berfungsi untuk mengatur aliran udara bertekanan yang bekerja dengan tenaga elektromekanik. Artinya, solenoid valve memadukan proses listrik dengan mekanis, seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Valve

Sedangkan silinder pneumatik berfungsi sebagai aktuator yang menghasilkan gerakan mekanis. Silinder pneumatik adalah peralatan mekanis yang menggunakan gas terkompresi untuk menghasilkan gaya dalam gerakan linier resiprokal seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Slinder Pneumatik

Prinsip kerja sistem ini didasarkan pada tekanan udara yang menggerakkan piston dalam silinder untuk menghasilkan gaya tertentu [11].

Integrasi antara PLC dan sistem pneumatik menghasilkan sistem otomasi yang efisien dan terkoordinasi. PLC bertugas mengontrol waktu dan urutan kerja aktuator pneumatik, sehingga proses produksi dapat

berjalan secara otomatis dan berulang dengan tingkat akurasi yang tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi proses produksi serta mengurangi beban kerja manusia secara signifikan [12], [13].

Selain itu, dalam sistem pengisian berbasis waktu (time-based filling), pengaturan durasi aliran material menjadi faktor utama dalam menentukan volume atau massa yang dihasilkan. Metode ini tergolong sederhana dan tidak memerlukan sensor tambahan, sehingga lebih ekonomis untuk diterapkan pada industri skala kecil. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, terutama jika terjadi variasi tekanan atau aliran material [12]. Oleh karena itu, beberapa penelitian menyarankan penggunaan sensor tambahan sebagai sistem umpan balik untuk meningkatkan presisi pengisian [13].

Dalam penelitian lain, sistem pengisian berbasis sensor berat (load cell) terbukti mampu memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode berbasis waktu. Namun, implementasi sistem ini memerlukan biaya yang lebih besar serta kompleksitas sistem yang lebih tinggi [13]. Oleh karena itu, pemilihan metode pengisian harus disesuaikan dengan kebutuhan dan skala industri.

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan mesin filling berbasis PLC dan pneumatik merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi produksi, terutama pada industri skala kecil dan menengah. Kombinasi kedua teknologi ini memungkinkan terciptanya sistem yang sederhana, ekonomis, dan mudah dioperasikan, namun tetap mampu memberikan performa yang optimal.

III. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data yang diperlukan dalam melaksanakan tugas akhir, terdapat beberapa cara yang telah dilakukan, antara lain:

1. Studi kepustakaan
   Studi kepustakaan berupa pencarian data-data literatur dari komponen penunjang seperti *Pneumatik PLC*, *motor dc*, *relay*, melalui pencarian dari internet, perpustakaan, dan konsep teoritis dari jurnal-jurnal penunjang.
2. Penelitian
   Penelitian dilakukan dengan penerapan perangkat lunak dan perangkat keras, mengimplementasikan perangkat lunak dan perangkat keras, pengambilan data pengujian aplikasi, kemudian melakukan evaluasi dari data hasil pengujian.
3. Tinjauan Umum Perancangan
   Diagram alur perancangan mesin filling menjelaskan tahapan pembuatan mesin dengan ide ggasan berdasarkan perancangan mesin filling ini dibutuhkan untuk mengetahui bagaimana cara kerja pada pengisian menggunakan pengontrolan. Untuk merancang mesin filing ini sendiri dibutuhkan beberapa bahan untuk sebagai penunjang perancangan mesin. Alat ini dibua untuk mengetahui berapa lama waktu dalam proses pengisian dan waktu setelah bubuk kopi melewati proses mixing Ketika akan melakukan pengisian dan akan lanjut kepada proses pengemasan.

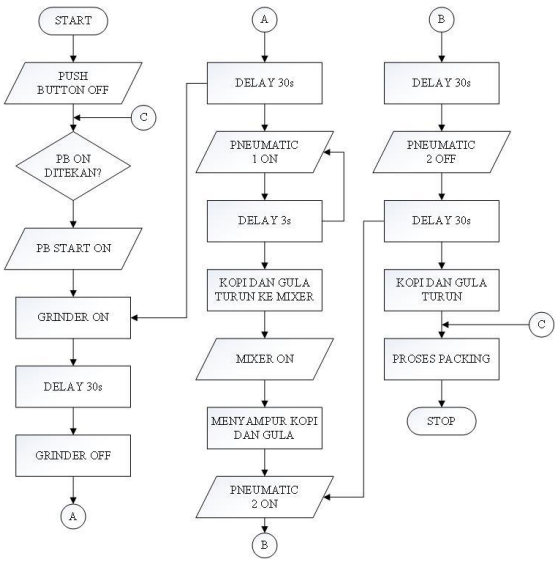
   Dalam perancangan pada filling mesin ini produk bubuk kopi sachet akan menggunakan metode perancangan dari cara kerja maupun perancangan mekanikal filling powder otomatis berbasis PLC.
4. Tujuan Perancangan
   Perancangan ini bertujuan agar tahapan pembuatan alat ini dapat sesuai dengan proses yang sudah direncanakan, sehingga dapat memudahkan penulis untuk membuat perancangan mekanik, perangkat keras dan perangkat lunak dengan alur kerja yang tepat.
5. Tahapan perancangan
   Tahapan perancangan dapat dilakukan dengan cara mengumpulkan data, serta menentukan komponen yang akan digunakan, mempelajari karakteristik alat yang akan dibuat, lalu membuat rangkaian sesuai dengan spesifikasi komponen yang digunakan.
6. Blok Diagram



Gambar 4 Blok diagram

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa kendali semua komponen dikendalikan oleh PLC dengan catu daya sebagai sumber tegangan dari PLC dan dan untuk input dari PLC itu tombol di aktifkan maka timer akan memutus dan menjalankan motor penggerak.

A. Flowchart Cara Kerja Alat



Gambar 5 Flowchart cara kerja alat

Saat *Push Button* ditekan, maka grinder kopi akan jalan untuk menghaluskan biji kopi dan alan masuk ke penampungan lalu pneumatic akan jalan sesuai dengan waktu yang diibginkan dalam takaran kopi. Setelah kopi dan gula dimasukan kedalam mixer maka motor pengaduk akan berjalan untuk mengaduk kopi dan gula agar tercampur merata. Setelah selesai proses pengadukan maka kopi dan gula yang sudah tercampur akan keluar dan diatur oleh control pneumatic dan siap untuk masuk kedalam proses pengemasan.

B. Perancangan Hardware

Grinder kopi ini dirancang untuk menghancurkan biji kopi dan membuat kopi menjadi bubuk, didalam grinder sendiri memiliki karakteristik kehalusan dalam proses penghalusannya. Dalam pembuatan penampungan kopi dan gula menggunakan stainless steel dengan Panjang dengan pembatas kopi dan gula, penggerak atau takaran menggunakan penggerak control pneumatic yang di program oleh PLC. Pada mixer wadah yang diggunakan adalah corong berdiameter 250 mm dengan mengerucut ke bawah yang berdimeter 30 mm sebagai penampung bubuk kopi dan gula agar tercampur dengan merata dengan menggunakan sirip *mixer* yang berbahan *stainles steel* yang berukuran as 15 mm dengan panjang 100 mm untuk ukuran sirip yaitu panjang 30 mm danlebar 60mm mengerucut kebawah yang berukuran 30 mm, dengan penggerak menggunakan motor AC 1 Fasa yang mengurangi kecepatan motor dengan menggunakan dimmer motor AC 2000w agar dalam proses pengadukan tidak berceceran keluar corong

C. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Software yang digunakan untuk membuat program di PLC adalah *Software gx work2* dibawah ini dijelaskan mengenai pembuatan program *ladder* untuk di download ke PLC yang dimulai dari *setting parameter* PLC. Hal-hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Hidupkan PLC dengan menyambungkan ke sumber catu daya lampu indicator PWR pada PLC menyala
2. Hubungkan PLC dengan Laptop, menggunakan kabel USB
3. Akan muncul perintah instalasi dari *port* USB tersebut. Ikuti perintahnya dengan terus menekan *next* hingga ada akhir printah *finish*
4. *GXWork2* adalah *software* untuk membuat program PLC dari MITSUBISHI. Buka program *GXWork2*, maka akan muncul printah
5. Buka *icon new* untuk membuat *program lader* baru, maka akan muncul *box change* PLC.
6. Setelah itu akan muncul lembar kerja dan selanjutnya buatlah program yang hendak dibuat. Lembar kerja adalah tempat untuk merancang diagram *ladder* yang akan digunakan. Semua intruksi tersedia dan penggunaan tinggal memakainya. Buatlah diagram *ladder* dan sesuaikan urutan kerja sistem dengan urutan diagram *ladder* agar orang lain mudah untuk memahaminya.
7. Setelah selesai membuat program, klik *save* lalu klik program yang dipilih *Compile (*CTRL+F7) untuk mengetahui kesalahan dari program tersebut.
8. Lakukan *work online* setelah tidak terjadi kesalahan dalam program. Selanjutnya adalah menghubungkan laptop ke PLC dengan cara klik PLC pada *taskbar, work online* klik Ok, lalu klik *finish. Work online* bertujuan agar saat program berjalan masih bisa melakukan *monitoring* alur kerja program pada diagram *ladder*. Pada PLC lampu *indicator* COMM akan menyala yang menandakan bahwa PLC telah terhubung ke Laptop.
9. Lalukan *download* program dari *GXWoer2* ke PLC.

Selanjutnya lakukan *RUN* dengan klik PLC, *operating mode, RUN*. Lampu *indicator RUN* pada PLC akan menyala. Program siap dieksekusi oleh PLC.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Setelah melakukan perancangan dan pemasangan komponen, selanjutnya adalah melakukan uji coba terhadap alat yang dibuat yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengujian yang selanjutnya akan di analisa. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian pafda setiap proses.

A. Hasil Pengujian

Pengujian alat dilakukan setelah menyelesaikan perancangan mesin pengisi dan mixing kopi, selatnjutnya penulis melakukan beberapa pengujian langsung pada mesin apakah mesin berjalan dengan yang diinginkan atau tidak. Dalam pengujian ini penulis mengharapkan dapat mengetahui secara langsung dari hasil mesin pengisi dan pengaduk menggunakan system pneumatic dan control *Programable logic control* (PLC).

Pengujian Grinder

Tabel 1 Pengujian grinder

No	Berat Kopi	Waktu (det)	Kerapatan Pisau	Kehalusan
1	50 Gram	25,70	0,8 mm	Halus
2	75 Gram	38,56	0,8 mm	Halus
3	100 Gram	51,36	0,8 mm	Halus
4	125 Gram	68.65	0,8 mm	Halus
5	150 Gram	72,52	0,8 mm	Halus

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, terlihat bahwa proses penggilingan kopi menunjukkan hubungan yang cukup konsisten antara berat bahan dengan waktu

yang dibutuhkan. Pada pengujian dengan massa 50 gram, waktu yang diperlukan untuk proses penggilingan adalah sebesar 25,70 detik. Seiring dengan peningkatan massa bahan, waktu penggilingan juga mengalami peningkatan secara bertahap, yaitu 38,56 detik untuk 75 gram, 51,36 detik untuk 100 gram, 68,65 detik untuk 125 gram, hingga mencapai 72,52 detik untuk massa 150 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah bahan yang diproses, maka beban kerja motor penggerak juga meningkat, sehingga waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses penggilingan menjadi lebih lama. Fenomena ini sesuai dengan karakteristik sistem mekanik pada motor listrik, di mana peningkatan beban akan mempengaruhi performa dan kecepatan kerja sistem. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter kerapatan pisau dijaga konstan pada nilai 0,8 mm untuk seluruh variasi pengujian. Dengan kondisi tersebut, tingkat kehalusan hasil penggilingan tetap berada pada kategori "halus" untuk semua variasi massa bahan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem grinder yang digunakan mampu menghasilkan kualitas penggilingan yang konsisten tanpa dipengaruhi oleh perubahan jumlah bahan yang diproses.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem penggilingan yang dirancang memiliki kinerja yang stabil dan mampu mempertahankan kualitas hasil, meskipun terjadi variasi pada jumlah bahan. Namun demikian, waktu proses menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan efisiensi produksi, terutama pada kapasitas yang lebih besar.

Pengujian Mixing

Tujuan dari pengujian ini adalah dengan menerapkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk bubuk kopi dan gula agar seimbang dengan volume yang dibutuhkan hinga mendapatkan beban 150gram yang konsisten dengan tidak menggunakan sensor berat dengan penggerak menggunakan pneumatik dan menggunakan timer dalam mengatur volume.

Tabel 2 Pengujian mixing

No	Waktu (detik)	Berat (gram)
1	3	112,64
2	3,5	126,49
3	4	139,54
4	4,5	151,37
5	5	168,92

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, terlihat bahwa waktu pencampuran memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah berat campuran yang dihasilkan. Pada waktu pencampuran selama 3 detik, berat campuran yang diperoleh sebesar 112,64 gram. Seiring dengan peningkatan waktu pencampuran, terjadi peningkatan berat campuran secara bertahap, yaitu 126,49 gram pada 3,5 detik, 139,54 gram pada 4 detik, 151,37 gram pada 4,5 detik, hingga mencapai 168,92 gram pada waktu pencampuran 5 detik. Peningkatan ini menunjukkan bahwa durasi pencampuran berbanding lurus dengan volume atau massa bahan yang tercampur dan keluar dari sistem. Hal ini disebabkan oleh semakin lamanya waktu kerja aktuator dan mekanisme mixer, sehingga material yang diproses menjadi lebih banyak. Dengan kata lain, sistem pengadukan tidak hanya berfungsi untuk mencampur bahan, tetapi juga mempengaruhi jumlah material yang dihasilkan dalam satu siklus proses. Dari sisi kualitas pencampuran, peningkatan waktu juga berkontribusi terhadap homogenitas campuran. Waktu pencampuran yang terlalu singkat berpotensi menghasilkan distribusi bahan yang belum merata, sedangkan waktu yang lebih lama memungkinkan proses pencampuran berlangsung lebih optimal. Namun demikian, waktu pencampuran yang terlalu lama juga berpotensi menyebabkan ketidakefisienan proses serta pemborosan energi.

Berdasarkan data tersebut, dapat diidentifikasi bahwa waktu pencampuran sekitar 4–4,5 detik menghasilkan berat campuran yang mendekati target, yaitu sekitar 150 gram. Oleh karena itu, rentang waktu tersebut dapat dianggap sebagai kondisi optimal untuk proses mixing dalam sistem yang dirancang. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mixing yang digunakan mampu bekerja secara stabil dengan hubungan yang jelas antara waktu pencampuran dan jumlah material yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa parameter waktu dapat digunakan sebagai variabel kontrol dalam sistem untuk mengatur hasil output sesuai dengan kebutuhan produksi

Pengujian Pneumatik 1

Tabel 3 Pengujian pneumatic 1

Berat Kopi (gram)	Berat Gula (gram)	Waktu (detik)
50	50	10
75	75	15
100	100	20
125	125	25
150	150	30

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, terlihat bahwa sistem pneumatik yang digunakan menunjukkan hubungan yang linier antara berat bahan dengan waktu yang dibutuhkan dalam proses pengisian. Pada pengujian awal dengan berat kopi dan gula masing-masing sebesar 50 gram, waktu yang diperlukan adalah 10 detik. Selanjutnya, untuk berat 75 gram membutuhkan waktu 15 detik, 100 gram membutuhkan 20 detik, 125 gram membutuhkan 25

detik, dan 150 gram membutuhkan waktu 30 detik. Pola peningkatan waktu yang konstan sebesar 5 detik untuk setiap kenaikan 25 gram menunjukkan bahwa sistem pengisian berbasis pneumatik bekerja secara stabil dan terkontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa debit aliran material yang dikendalikan oleh aktuator pneumatik relatif konstan selama proses berlangsung. Dengan demikian, waktu dapat dijadikan sebagai parameter utama dalam menentukan jumlah bahan yang akan diisikan ke dalam kemasan.

Selain itu, kesamaan antara berat kopi dan gula pada setiap pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga keseimbangan komposisi bahan yang diinginkan. Hal ini penting dalam menjaga konsistensi rasa produk akhir, terutama pada produk kopi instan yang memerlukan proporsi bahan yang tepat. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pneumatik yang dirancang memiliki kinerja yang cukup baik dalam mengatur proses pengisian berdasarkan waktu. Namun demikian, sistem ini masih bersifat open-loop, sehingga belum memiliki mekanisme umpan balik untuk mengoreksi kesalahan secara otomatis. Hal ini dapat menyebabkan potensi deviasi jika terjadi perubahan kondisi, seperti variasi tekanan udara atau karakteristik aliran bahan. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pneumatik berbasis waktu dapat digunakan sebagai solusi sederhana dan efektif untuk proses pengisian pada skala industri kecil. Dengan pengaturan waktu yang tepat, sistem ini mampu menghasilkan output yang konsisten dan sesuai dengan kebutuhan produksi.

Pengujian pneumatic 2

Tabel 4 Pengujian pneumatic 2

Berat (gram)	Waktu (detik)
31,2	2,28
29.65	2
30,46	2,19
30,13	2,1
30,14	2,11

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, terlihat bahwa sistem pneumatik menghasilkan nilai berat yang relatif mendekati target, yaitu sekitar 30 gram, dengan variasi waktu yang berada pada rentang 2 hingga 2,28 detik. Nilai berat yang diperoleh dari setiap pengujian menunjukkan fluktuasi yang kecil, yaitu antara 29,65 gram hingga 31,2 gram. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pengisian memiliki tingkat konsistensi yang cukup baik meskipun menggunakan metode berbasis waktu. Perbedaan kecil pada hasil berat dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain variasi tekanan udara dalam sistem pneumatik, karakteristik aliran material, serta respon mekanis dari aktuator. Selain itu, karena sistem yang digunakan masih bersifat open-loop (tanpa umpan balik sensor), maka tidak terdapat mekanisme koreksi otomatis terhadap penyimpangan yang terjadi selama proses pengisian.

Dari sisi waktu, terlihat bahwa durasi pengisian relatif stabil pada kisaran sekitar 2 detik untuk menghasilkan berat mendekati 30 gram. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan repeatability yang cukup baik dalam kondisi operasi yang sama. Dengan demikian, waktu dapat digunakan sebagai parameter kontrol utama dalam menentukan jumlah bahan yang akan diisikan. Jika dianalisis lebih lanjut, deviasi hasil pengisian masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi skala industri kecil, terutama pada produk seperti kopi instan yang tidak memerlukan presisi tinggi seperti industri farmasi. Namun demikian, untuk meningkatkan akurasi sistem, diperlukan pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan sensor berat (load cell) sebagai sistem umpan balik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem pneumatik berbasis waktu mampu menghasilkan pengisian yang cukup stabil dan konsisten. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan sederhana yang digunakan dalam penelitian ini dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi produksi pada UMKM tanpa memerlukan sistem yang kompleks dan mahal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem mesin pengisian dan pencampuran kopi berbasis **Programmable Logic Controller (PLC)** dan pneumatik berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik, serta mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan urutan proses yang telah diprogram.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses penggilingan memiliki hubungan yang sebanding antara berat bahan dan waktu proses, di mana peningkatan massa bahan menyebabkan peningkatan waktu penggilingan.
3. Sistem pencampuran (mixing) menunjukkan bahwa waktu pencampuran berpengaruh langsung terhadap jumlah dan homogenitas bahan. Waktu optimal untuk menghasilkan berat mendekati target berada pada kisaran 4–4,5 detik.
4. Sistem pneumatik berbasis waktu mampu menghasilkan proses pengisian yang relatif konsisten dengan pola linier antara waktu dan berat bahan. Namun, karena sistem masih bersifat open-loop, terdapat deviasi kecil pada hasil pengisian.

5. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual, serta menghasilkan kualitas pengisian yang cukup stabil untuk skala industri kecil dan menengah

B. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dan peningkatan kinerja sistem, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penambahan sensor berat (load cell) sebagai sistem umpan balik untuk meningkatkan akurasi dan presisi hasil pengisian.
2. Pengembangan sistem kontrol menjadi closed-loop system agar mampu melakukan koreksi otomatis terhadap deviasi yang terjadi selama proses produksi.
3. Integrasi antarmuka pengguna (Human Machine Interface/HMI) untuk mempermudah monitoring dan pengaturan parameter sistem secara real-time.
4. Optimalisasi desain mekanik, khususnya pada bagian mixer dan jalur material, untuk meningkatkan efisiensi pencampuran dan mengurangi kehilangan bahan.
5. Penggunaan material yang memenuhi standar food grade, seperti stainless steel berkualitas tinggi, untuk meningkatkan keamanan dan kebersihan produk.
6. Pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan monitoring dan kontrol jarak jauh, sehingga meningkatkan fleksibilitas operasional.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Deval Bhamare et al., “Cybersecurity for Industrial Control Systems: A Survey,” 2020.
[2] Badan Pusat Statistik, “Statistik Konsumsi Kopi Indonesia,” 2022.
[3] Munawar et al., “Application of PLC in Industrial Control Systems,” 2022.
[4] Yurika, “Internet of things for predictive maintenance optimization in SCADA-based industrial automation systems, 2025
[5] A. Saputra, “Sistem Kontrol Otomatis Mesin Packaging Berbasis PLC,” 2020.
[6] Siswanto, “Perancangan Mesin Pengemas Bubuk Kopi Sachet,” 2018.
[7] Saripudin et al, “Sistem Monitoring pada Rancang Bangun Mesin Pengemasan Benda dengan Sistem Pneumatik Berbasis PLC dan HMI ,” 2024
.[8] I. Nugraha et al., “Perencanaan Biaya dan Proses Mesin Packaging,” 2020.
[9] H. Wicaksono, *Programmable Logic Controller*, 2009. [10] D. A. Kurniawan, “Simulasi PLC dalam Sistem Industri,” 2019.
[11] F. Petruzella, *Industrial Pneumatics and Hydraulics*, 2010.
[12] A. Saputra, “Sistem Kontrol PLC pada Mesin Filling,” 2020.
[13] M. F. S. Nasir, “Perancangan Simulator PLC,” 2019.