

OPTIMALISASI TEKANAN UDARA UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PENGEPRESAN SAMPAH BOTOL DAN KALENG PADA MESIN PNEUMATIK

Arinda Dinda Maharani¹, Reni Listiana, M.T.²

^{1,2}Teknik Otomasi Industri/Politeknik TEDC Bandung; Jl. Pesantren, Cibabat, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi, Jawa Barat, 40513

Keywords:

Air pressure; pneumatic compactor machine; waste compaction; automation; energy efficiency

Correspondent Email:

arindadinda131@gmail.com

Abstrak. Permasalahan limbah botol plastik dan kaleng terus meningkat seiring pertumbuhan konsumsi masyarakat, sehingga diperlukan solusi pengelolaan yang efisien. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan tekanan udara pada mesin pengepres sampah berbasis pneumatik untuk meningkatkan efisiensi pemadatan botol dan kaleng. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variasi tekanan udara (6, 7, dan 8 bar) serta waktu pengepresan (10, 20, dan 30 detik). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi tekanan 8 bar dan waktu pengepresan 30 detik menghasilkan pemadatan optimal, dengan volume kaleng berkurang hingga 70,75% dan botol plastik hingga 62,87% dari volume awal. Sistem otomatisasi berbasis PLC dan sensor terbukti meningkatkan efisiensi dan keandalan proses. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan tekanan udara yang tepat untuk efisiensi energi, efektivitas pemadatan, serta umur alat, sehingga mesin pneumatik ini sangat potensial untuk mendukung pengelolaan limbah anorganik secara berkelanjutan.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. The issue of plastic bottle and can waste continues to grow alongside increasing consumption, necessitating efficient waste management solutions. This study aims to optimize air pressure in a pneumatic-based waste compactor to improve the efficiency of compressing bottles and cans. An experimental method was employed, varying air pressure (6, 7, and 8 bar) and pressing time (10, 20, and 30 seconds). The results show that a combination of 8 bar pressure and 30 seconds pressing time yields optimal compaction, reducing can volume by up to 70,75% and plastic bottle volume by up to 62,87% of their initial sizes. The PLC and sensor-based automation system significantly enhances process efficiency and reliability. These findings highlight the importance of proper air pressure adjustment for energy efficiency, effective compaction, and tool longevity, making this pneumatic machine highly promising for sustainable inorganic waste management.

1. PENDAHULUAN

Hampir semua wilayah di dunia menghadapi permasalahan yang serupa, yaitu berkaitan dengan sampah. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, volume sampah pun terus meningkat [5]. Sampah botol dan kaleng adalah jenis sampah anorganik yang berasal dari kemasan atau produk yang terbuat dari bahan plastik dan kaleng. Masalah limbah dari botol plastik dan kaleng minuman menjadi perhatian serius dalam isu lingkungan, terutama karena meningkatnya konsumsi produk berbahan

plastik dan kaleng. Jumlah sampah yang terus bertambah tidak hanya membutuhkan ruang penyimpanan yang besar, tetapi juga menimbulkan ketidakefisienan dalam proses pengumpulan dan pengelolaan limbah.

Salah satu upaya untuk mengurangi dampak lingkungan akibat sampah anorganik adalah dengan mendaur ulang material tersebut. Namun, proses daur ulang memerlukan tahap awal berupa pengepresan untuk mengurangi volume sampah. Pengepresan ini bertujuan untuk mempermudah pengangkutan dan

penyimpanan sebelum proses daur ulang dilakukan. Mesin pneumatik sering digunakan dalam proses ini karena kemampuannya untuk menghasilkan tekanan besar secara cepat dan efisien [3, 6]. Mesin pneumatic menjadi pilihan utama dalam mekanisme pengepresan karena menawarkan keunggulan berupa control tekanan yang presisi, kecepatan operasi, dan kemudahan integrasi dengan sistem otomasi industri [1].

Sistem pneumatik adalah teknologi yang memanfaatkan udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor untuk menggerakkan alat atau menghasilkan tenaga mekanik berupa gerakan maju mundur atau rotasi pada actuator seperti silinder [2, 6, 7]. Udara bertekanan ini dialirkan melalui rangkaian pipa dan katup menuju silinder, di mana tekanan udara tersebut diubah menjadi tenaga mekanik yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi di industri, termasuk mesin pengepresan sampah botol dan kaleng [1, 2, 4]. Tekanan udara yang digunakan pada sistem pneumatik umumnya berada pada rentang 5 – 10 bar, tergantung pada kebutuhan gaya tekan dan karakteristik material yang di proses [7]. Penyesuaian tekanan udara yang optimal sangat penting untuk mencapai hasil pengepresan yang maksimal, baik dalam hal pengurangan volume maupun efisiensi energi dan waktu proses [6, 10]. Tekanan udara dalam sistem pneumatik berperan sangat penting dalam menentukan kinerja mesin. Tekanan yang tepat memungkinkan mesin untuk beroperasi secara optimal, menghasilkan daya yang cukup untuk proses pengepresan tanpa mengonsumsi energi berlebihan [1, 6]. Tekanan udara yang terlalu rendah dapat mengakibatkan proses pengepresan yang kurang efektif, sehingga volume sampah tidak terkompres dengan baik [8].

Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan konsumsi energi yang tidak efisien, meningkatkan biaya operasional, dan mempercepat kerusakan pada komponen mesin. Oleh karena itu, mengatur dan mengoptimalkan tekanan udara menjadi kunci utama dalam memastikan mesin pneumatik bekerja dengan efisien dan efektif, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan menghemat energi [2, 7, 11]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurul Huda dan Agustiawan (2024), mereka mengembangkan

alat press kaleng otomatis yang menggunakan STMicroelectronics sebagai pengendali (*controller*). Sistem tersebut bekerja dengan tekanan udara tetap sekitar 10 bar. Namun, penelitian tersebut belum melakukan kajian terhadap variasi tekanan udara untuk mengoptimalkan proses pengepresan sampah. Akibatnya, beberapa kegagalan operasi terjadi karena sistem mengalami error saat tekanan udara tidak disesuaikan dengan kondisi material yang diproses [7].

Penelitian ini memiliki kebaruan yang signifikan. Pertama, kami akan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pengendali utama. Pemilihan PLC ini didasarkan pada kemampuannya untuk mengintegrasikan kontrol yang lebih kompleks, andal, dan fleksibel dibandingkan dengan mikrokontroler sederhana, sehingga memungkinkan pengelolaan proses pengepresan yang lebih presisi dan responsif. Penelitian ini juga secara khusus memfokuskan pada variasi tekanan udara. Melalui serangkaian eksperimen yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan rentang tekanan udara yang paling optimal dan pas digunakan untuk berbagai macam jenis dan ketebalan botol plastik serta kaleng. Dengan demikian, diharapkan dapat diperoleh data empiris yang akurat untuk meningkatkan efisiensi pengepresan secara substansial, mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu, dan memperpanjang umur mesin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Botol dan Kaleng

Permasalahan sampah menjadi isu lingkungan yang semakin kompleks, terutama di wilayah perkotaan. Salah satu jenis limbah yang dominan adalah sampah anorganik seperti botol plastik dan kaleng minuman. Jenis sampah ini sulit terurai secara alami dan terus meningkat volumenya seiring dengan pertumbuhan konsumsi masyarakat terhadap produk kemasan. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah ini dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat.

Studi di berbagai daerah di Indonesia menunjukkan bahwa sebagian besar sampah masih dikelola secara tidak optimal. Sampah sering kali dibakar, dibuang ke tempat pembuangan sementara, atau bahkan langsung

ke sungai, sehingga menimbulkan dampak negatif seperti bau tak sedap, penyebaran penyakit, dan penyumbatan saluran air. Untuk menjawab tantangan ini, diperlukan pendekatan terpadu melalui edukasi masyarakat, penerapan inovasi teknologi, dan kerja sama antarlembaga. Salah satu strategi yang direkomendasikan adalah penerapan prinsip 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Replace*) untuk menekan volume sampah dan dampak lingkungannya [14].

Dalam upaya mendukung proses daur ulang, pemadatan awal melalui pengepresan menjadi langkah penting. Pemadatan tidak hanya menghemat ruang penyimpanan, tetapi juga meningkatkan efisiensi distribusi sampah ke fasilitas pengolahan. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi yang mampu melakukan pemadatan secara efektif dan efisien.

2.2 Sistem Pneumatik

Mesin pengepres berbasis sistem pneumatik merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam pemrosesan awal limbah anorganik. Pneumatik bekerja dengan memanfaatkan udara bertekanan yang dikompresi dan diarahkan untuk menggerakkan aktuator seperti silinder. Sistem ini memiliki keunggulan berupa kecepatan respon, gaya tekan yang besar, dan kemudahan integrasi dengan sistem otomatisasi industri [6, 10].

Efektivitas mesin pengepres sangat bergantung pada pengaturan tekanan udara dan waktu pengepresan. Tekanan yang terlalu rendah menyebabkan pemadatan tidak maksimal, sementara tekanan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan konsumsi energi berlebih dan mempercepat keausan komponen [1, 6]. Oleh karena itu, pengaturan parameter operasional harus disesuaikan dengan karakteristik material yang diproses, seperti ketebalan kaleng atau elastisitas botol plastik.

Untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi kerja, sistem pneumatik kini banyak dikombinasikan dengan Programmable Logic Controller (PLC) dan sensor otomatis. Penggunaan PLC memungkinkan kontrol proses yang presisi, seperti mengatur waktu tekan dan deteksi objek secara otomatis. Sistem otomatis ini tidak hanya meningkatkan stabilitas operasional, tetapi juga mengurangi kebutuhan intervensi manual, sehingga proses

pengelolaan sampah menjadi lebih cepat, hemat energi, dan berkelanjutan

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif, yaitu dengan melakukan pengujian langsung terhadap sistem pengepres sampah berbasis pneumatik untuk mengevaluasi pengaruh variasi tekanan udara dan waktu pengepresan terhadap hasil pemadatan botol plastik dan kaleng aluminium. Rancangan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter yang paling optimal dalam menghasilkan volume sampah terkecil pasca pengepresan, serta memastikan efisiensi energi sistem. Variabel bebas dalam penelitian terdiri dari yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Variasi Kontrol

No	Faktor	Variasi		
		1	2	3
1	Tekanan Udara	6 Bar	7 Bar	8 Bar
2	Waktu Pengepresan	10 detik	20 detik	30 detik

3.1.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan :

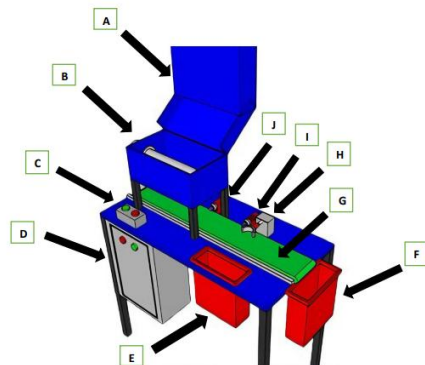
- Silinder pneumatik tipe double acting
- Kompresor udara dengan tekanan maksimal 10 bar.
- Solenoid valve 5/2
- PLC Omron CP1E-X40DR-A sebagai sistem kendali
- Sensor infrared untuk deteksi objek masuk
- Sensor proximity kapasitif untuk pemilahan otomatis
- Pressure regulator dan pressure gauge
- Stopwatch untuk pengukuran waktu pengepresan
- Mistar dan jangka sorong untuk mengukur dimensi sampah

Bahan pengujian yang dipakai :

- 10 buah kaleng aluminium berkapasitas 240 ml
- 10 buah kaleng aluminium berkapasitas 330 ml
- 10 buah botol plastik berkapasitas 220 ml

3.1.2 Desain Alat Pres dan Pemilah Sampah

Sebelum perakitan alat dilakukan menjadi satu kesatuan mesin yang utuh, terlebih dahulu diperlukan perancangan desain sebagai acuan dalam proses pembuatan. Desain ini berfungsi sebagai gambaran awal dari bentuk dan sistem kerja alat secara keseluruhan. Adapun rancangan desain mesin yang telah disusun dapat dilihat pada Gambar 1 seperti dibawah ini



Gambar 1 Desain alat

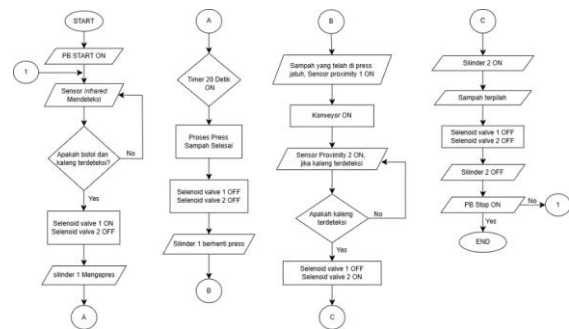
Keterangan :

- A. Penampungan botol dan kaleng sebelum di pres.
- B. Pneumatik pres.
- C. *Push button start dan stop.*
- D. Panel box.
- E. Tempat pembuangan sampah kaleng.
- F. Tempat pembuangan sampah botol
- G. Konveyor
- H. Pneumatik pemilah
- I. Sensor proximity kapasitif.
- J. Sensor proximity induktif

Pada alat ini bagian PLC, *Solenoid valve*, relay, dan komponen elektronika lainnya ditempatkan di dalam panel box. Selain aman, untuk teknisi juga jadi gampang untuk *maintenance* wiring nya.

3.1.3 Alur Kerja Sistem

Flowchart berikut menggambarkan alur kerja sistem pengepres sampah berbasis pneumatik yang dikendalikan oleh PLC.



Gambar 2 Flowchart Cara Kerja Sistem

Alat press ini memanfaatkan silinder pneumatik sebagai aktuator utamanya [14, 15]. Sistem dirancang untuk beroperasi secara otomatis; ketika sampah botol atau kaleng masuk ke dalam wadah penampungan dan terdeteksi oleh sensor infrared, sensor tersebut akan mengaktifkan solenoid valve 5/2. Aktivasi ini memicu silinder pneumatik untuk melakukan proses pengepresan pada botol dan kaleng. Selain itu, sensor juga berfungsi untuk menghitung jumlah sampah yang telah berhasil dipres. Secara keseluruhan, alat ini akan mengepres botol dan kaleng, kemudian hasil press akan dijatuhkan ke atas konveyor dan secara otomatis dipilah menggunakan sensor proximity kapasitif sebelum akhirnya masuk ke tempat penampungan yang sesuai.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui proses uji coba sistem dengan parameter tekanan dan waktu pengepresan yang telah ditentukan. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali ulangan untuk memperoleh data yang stabil dan dapat dianalisis secara statistik.

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur tekanan udara pada nilai yang diinginkan menggunakan pressure regulator.
- b. Mengatur waktu pengepresan melalui program PLC (ladder diagram).
- c. Memasukkan sampah ke dalam wadah alat pengepres.
- d. Menyalakan sistem dan mencatat respons alat serta hasil pengepresan.
- e. Mengukur tinggi dan diameter sampah setelah dipres, lalu menghitung volume akhir menggunakan rumus geometri (volume tabung).

- f. Mencatat semua data hasil uji pada lembar kerja.

3.2.1 Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data primer, diperoleh langsung dari hasil eksperimen yang dilakukan Pada alat yang telah dibuat sebelumnya. Data berupa volume awal dan akhir dari setiap jenis sampah setelah diberi perlakuan tekanan dan waktu pengepresan yang berbeda.

3.2.2 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Pengujian dilakukan pada dua jenis kaleng alumunium, yaitu kaleng berkapasitas 330 ml dan 240 ml, untuk mengevaluasi performa alat pengepres terhadap variasi ukuran sampah. untuk menghitung volume kaleng bisa menggunakan rumus berikut :

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

V = Volume (cm^3 atau mL)

π = 3.14 atau gunakan 22/7

r = jari-jari alas kaleng (cm)

t = tinggi kaleng (cm)

Pada penelitian ini, akan dianalisis tingkat efisiensi proses pengepresan sampah botol dan kaleng dengan menghitung persentase pengurangan volume sebelum dan sesudah dipres. Efisiensi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Efisiensi (\%) = \frac{V_{awal} - V_{akhir}}{V_{awal}} \times 100\% \dots \dots (2)$$

Hasil pengukuran efisiensi dari berbagai variasi tekanan udara dan waktu pengepresan akan dibandingkan untuk menentukan kombinasi parameter yang menghasilkan pengurangan volume terbesar. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan paling optimal dalam memadatkan sampah secara efisien dan hemat energi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi tekanan udara terhadap efisiensi pemadatan sampah botol plastik dan

kaleng menggunakan sistem pengepres pneumatik. Hasil yang diperoleh disajikan dalam bentuk table dan dokumentasi visual berupa gambar hasil pengepresan.

4.1 Identifikasi Masalah

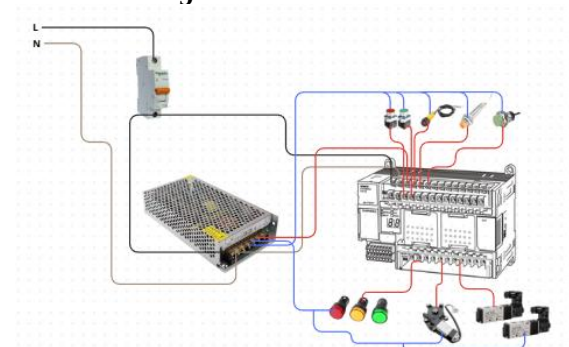
Berdasarkan latar belakang dan penjelasan yang telah diuraikan, peneliti mengidentifikasi beberapa permasalahan yang terjadi di lapangan terkait sistem pengelolaan sampah, khususnya pada sampah anorganik seperti botol plastik dan kaleng minuman. Salah satu permasalahan utama adalah bahwa sebagian besar tempat sampah masih bersifat konvensional, di mana berbagai jenis sampah anorganik dikumpulkan dalam satu wadah tanpa proses pemisahan atau pemadatan terlebih dahulu.

Kondisi ini menyebabkan sampah menumpuk dengan volume besar, sehingga menghambat proses transportasi, pemilahan, dan pengolahan ulang di tahap berikutnya. Selain itu, tidak adanya pemadatan awal membuat tempat penampungan cepat penuh dan menimbulkan kesan lingkungan yang tidak tertata serta kurang estetik. Hal ini turut berkontribusi pada penurunan kualitas lingkungan, serta menyulitkan upaya daur ulang karena bentuk fisik sampah masih dalam ukuran utuh.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti merancang sebuah sistem pengepres sampah otomatis berbasis pneumatik yang dikendalikan oleh PLC. Sistem ini bertujuan untuk memadatkan botol plastik dan kaleng aluminium secara efisien, guna mengurangi volume sampah sebelum dilakukan proses pengelolaan lanjutan. Melalui pendekatan ini, diharapkan pengelolaan sampah menjadi lebih efektif, efisien, dan mendukung terciptanya lingkungan yang bersih dan tertata.

4.2 Perancangan

4.2.1 Wiring Hardware



Gambar 3 Skematik pengkabelan

Gambar di atas merupakan wiring diagram sistem pengepres sampah otomatis berbasis PLC tipe Omron CP1H-X40DR-A. Sistem ini dirancang untuk menjalankan proses pemadatan sampah secara otomatis dengan mengandalkan sensor, aktuator, dan perangkat kontrol terintegrasi. Sumber utama tegangan berasal dari jaringan listrik AC 220V yang terlebih dahulu melewati MCB (Miniature Circuit Breaker) sebagai proteksi utama, kemudian diturunkan oleh switching power supply (SMPS) menjadi tegangan 24VDC yang digunakan untuk menghidupkan komponen-komponen kontrol seperti PLC, sensor, dan lampu indikator.

Beberapa komponen input terhubung ke terminal input PLC, antara lain sensor infrared, sensor proximity induktif, sensor proximity kapasitif, serta dua buah tombol (start dan stop) dan satu tombol emergency stop untuk penghentian sistem secara paksa. Setiap sensor dan tombol diberi suplai 24VDC dan dikembalikan ke terminal input digital PLC untuk mendeteksi status logika.

Sementara itu, komponen output terdiri dari tiga buah lampu indikator (merah, kuning, dan hijau) sebagai penanda status sistem, dua buah solenoid valve untuk mengatur arah gerakan silinder pneumatik, dan satu motor listrik yang dapat digunakan untuk fungsi pendukung seperti konveyor atau pendingin sistem. Semua output ini dikendalikan oleh output PLC dan mendapat suplai 24VDC dari power supply.

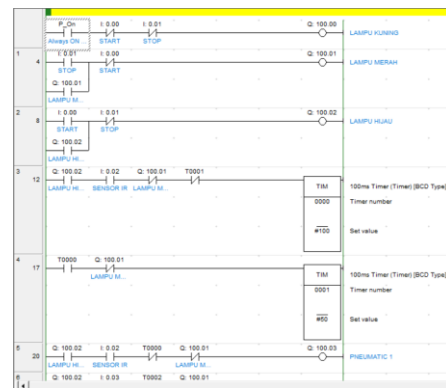
Perancangan wiring diagram ini memperhatikan prinsip dasar pengkabelan industri, yaitu keamanan, keterbacaan, dan kemudahan perawatan, dengan penggunaan warna kabel sesuai standar dan penempatan jalur input-output secara sistematis. Diagram ini menjadi acuan utama dalam tahap instalasi fisik sistem dan validasi fungsional alat secara menyeluruh.

4.2.2 Pemrograman Ladder CX-Programmer

Pemrograman dilakukan menggunakan perangkat lunak CX-Programmer, yang merupakan bagian dari Omron Automation Software Suite. Bahasa pemrograman ladder dipilih karena memiliki tampilan visual yang menyerupai rangkaian listrik konvensional,

sehingga mudah dipahami oleh teknisi dan praktisi lapangan.

Program ladder dirancang untuk membaca masukan (input) dari berbagai sensor seperti sensor infrared, proximity induktif, proximity kapasitif, serta dua buah tombol (push button) dan emergency stop. Sinyal-sinyal ini diolah oleh PLC, kemudian menghasilkan keluaran (output) berupa kendali terhadap lampu indikator, solenoid valve, dan motor penggerak.



Gambar 4 Ladder Diagram

Logika pada ladder diagram mencerminkan urutan kerja sistem, seperti: saat tombol start ditekan dan sensor mendeteksi keberadaan objek, maka PLC akan mengaktifkan solenoid untuk menjalankan proses pengepresan. Setelah proses selesai, lampu indikator akan menyala sebagai penanda bahwa siklus telah berakhir.

Secara keseluruhan, ladder diagram disusun secara modular dan logis untuk memastikan sistem bekerja secara otomatis, aman, dan efisien sesuai fungsi yang diinginkan.

4.2.3 Hasil Perancangan Alat

Pada tahap ini, alat yang sebelumnya telah dirancang secara konseptual dan divisualisasikan dalam bentuk desain, telah berhasil direalisasikan menjadi sebuah alat fungsional yang utuh.



Gambar 5 Alat Yang Telah Jadi

Proses perancangan ini mencakup integrasi menyeluruh antara komponen mekanik, elektronik, dan kontrol, sehingga menghasilkan sistem pengepres sampah berbasis pneumatik yang dapat bekerja secara otomatis. Setiap bagian dari sistem – mulai dari struktur rangka, instalasi sensor, perakitan aktuator, hingga pemrograman PLC – telah disusun dan diimplementasikan secara sistematis agar sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil akhir dari perancangan ini adalah sebuah prototipe alat pengepres sampah yang siap diuji secara langsung untuk melihat performa dan efektivitasnya dalam mengurangi volume sampah botol plastik maupun kaleng aluminium. Tahap ini merupakan bagian penting dari proses rekayasa karena berfungsi sebagai penghubung antara rancangan teoretis dengan implementasi praktis di lapangan.

4.3 Pengujian

Pengujian ini kami lakukan pada dua jenis kaleng berukuran 330 ml dan 240 ml, sedangkan untuk botol hanya pada 220 ml. untuk variasi kontrol yang diteliti ada pada tabel 1.

4.3.1 Pengujian Pada Kaleng

Pengujian dilakukan pada dua jenis kaleng aluminium, yaitu kaleng berkapasitas 330 ml dan 240 ml, untuk mengevaluasi performa alat pengepres terhadap variasi ukuran sampah. untuk menghitung volume kaleng bisa menggunakan rumus pada persamaan (1).

Berikut merupakan volume awal kaleng sebelum ter-pres:

Tabel 2. Volume Awal Kaleng

No	Ukuran volume awal kaleng sebelum di pres	
	Kaleng 240 ml	Ukuran 330 ml
1	396,65 cm ³	282,67 cm ³

Setelah dilakukan pengujian kami mendapatkan hasil dibawah ini setelah dihitung menggunakan rumus pada persamaan (1) seperti tabel dibawah ini :

Tabel 3 Hasil Pegujian Kaleng

No	Variasi		Volume setelah di pres	
	Tekanan Udara	Waktu	Kaleng 240 ml	Kaleng 330 ml
1	6 bar	10 s	252,64 cm ³	149,38 cm ³
2	7 bar	20 s	136,76 cm ³	96,51 cm ³
3	8 bar	30 s	109,45 cm ³	87,32 cm ³

Dan Adapun beberapa dokumentasi hasil pengujian variasi kontrol pengepresan pada kaleng :

Tabel 4 Dokumentasi Hasil Pengujian Kaleng

No	Variasi			
	Tekanan Udara	Waktu	Kaleng 240 ml	Kaleng 330 ml
1	6 bar	10 s		
2	7 bar	20 s		
3	8 bar	30 s		

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan pada dua jenis kaleng dengan ukuran berbeda, diperoleh temuan yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari variasi tekanan

udara dan waktu pengepresan terhadap efektivitas pemadatan. Ketika tekanan udara yang digunakan rendah, dan waktu pengepresan relatif singkat, hasil pengepresan yang diperoleh kurang maksimal. Kaleng tidak terkompresi secara menyeluruh, bentuknya masih cenderung utuh, dan volume yang berkurang pun tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena gaya tekan yang diberikan tidak cukup untuk mengatasi kekuatan struktur material kaleng, terutama pada jenis kaleng dengan kapasitas lebih besar dan ketebalan dinding yang lebih kuat.

Sebaliknya, ketika tekanan udara ditingkatkan dan durasi pengepresan diperpanjang, terlihat adanya peningkatan hasil yang cukup signifikan. Kaleng dapat dipadatkan secara lebih menyeluruh hingga bentuknya menjadi lebih pipih dan ringkas. Dalam kondisi ini, volume kaleng yang berhasil dikurangi dapat mencapai hingga 70,75% dari volume awal sebelum proses pengepresan dilakukan. Efek pemadatan yang optimal ini terjadi karena tekanan udara yang lebih tinggi menghasilkan gaya tekan yang besar, dan waktu pengepresan yang cukup lama memungkinkan proses pemadatan terjadi secara merata dan menyeluruh.

4.3.2 Pengujian Pada Botol

Pengujian dilakukan pada botol berukuran 220 ml, dengan volume awal yang dihitung secara geometris sebesar 222,55 cm³. Volume ini diperoleh berdasarkan dimensi fisik botol, yaitu tinggi 14 cm dan diameter 4,5 cm, yang diasumsikan berbentuk tabung. Hasil perhitungan ini mendekati volume nominal botol yang tertera pada kemasan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan awal untuk analisis pengurangan volume setelah proses pemampatan. Percobaan pada botol dapat dilihat pada tabel 5 seperti dibawah ini.

Tabel 5 Hasil Pengujian Pada Botol

No	Variasi		Volume setelah di pres
	Tekanan Udara	Waktu	
1	6 bar	10 s	222,55 cm ³
2	7 bar	20 s	111,17 cm ³
3	8 bar	30 s	82,63 cm ³

Dan Adapun beberapa dokumentasi hasil pengujian variasi kontrol pengepresan pada botol sebagai berikut :

Tabel 6 Dokumentasi Pengujian Pada Botol

No	Variasi		
	Tekanan Udara	Waktu	Botol 220 ml
1	6 bar	10 detik	
2	7 bar	20 detik	
3	8 bar	30 detik	

Pada pengujian terhadap dua jenis botol plastik dengan kapasitas 220 ml dan 250 ml, ditemukan bahwa variasi tekanan udara dan waktu pengepresan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap efektivitas proses pemadatan. Secara khusus, ketika tekanan udara yang digunakan tergolong rendah (misalnya pada tekanan 6 bar) dan waktu pengepresan singkat (10 detik), proses pengepresan tidak berjalan optimal. Alih-alih tertekan dan menyusut volumenya, botol justru menunjukkan respons berupa melompat atau terpental ke atas akibat tidak adanya tekanan vertikal yang cukup untuk menahan posisi dan menekan permukaan botol secara stabil.

Hal ini disebabkan oleh sifat elastis dan ringan dari material botol plastik, yang memiliki kecenderungan untuk kembali ke bentuk semula ketika gaya tekan tidak mencukupi. Dengan tekanan rendah, gaya yang dihasilkan oleh sistem pneumatik belum cukup kuat untuk mengatasi daya tahan material botol terhadap deformasi. Akibatnya, tidak hanya proses pemadatan gagal, tetapi juga menciptakan potensi gangguan terhadap sistem, seperti kesalahan deteksi sensor atau hambatan dalam proses kerja berkelanjutan.

Sebaliknya, saat tekanan udara ditingkatkan ke 7–8 bar dan waktu pengepresan diperpanjang hingga 20–30 detik, botol berhasil ditekan secara signifikan hingga mengalami deformasi menyeluruh. Volume botol dapat dikurangi hingga sekitar 62,87% dari ukuran awal, tergantung pada ketebalan dan kapasitas botol. Proses pengepresan juga menjadi lebih stabil karena gaya tekan yang lebih besar mampu menahan dan mengarahkan posisi botol secara presisi selama proses berlangsung.

4.4 Analisis Sistem

Sistem alat press dan pemilah sampah yang dikembangkan dalam penelitian ini memanfaatkan silinder pneumatik sebagai aktuator utama yang dikendalikan secara otomatis menggunakan sensor infrared dan PLC. Sensor infrared berfungsi mendeteksi masuknya botol atau kaleng ke dalam penampungan, kemudian memicu solenoid valve untuk mengaktifkan silinder pneumatik melakukan pengepresan. Selain itu, sistem juga dilengkapi sensor penghitung jumlah sampah yang telah diproses.

Setelah proses pengepresan selesai, hasil press secara otomatis dijatuhkan ke atas konveyor dan dipilah menggunakan sensor proximity kapasitif sebelum masuk ke penampungan akhir. Sistem otomatisasi ini terbukti meningkatkan efisiensi operasional dan meminimalkan intervensi manual. Namun, pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan tekanan udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan konsumsi energi yang tidak efisien dan mempercepat keausan komponen. Oleh karena itu, pengaturan tekanan udara yang optimal sangat diperlukan agar sistem dapat bekerja secara efisien, menghemat energi, dan memperpanjang umur pakai alat.

Secara keseluruhan, alat yang dibuat mampu mengepres dan memilah sampah botol serta kaleng secara efektif. Dengan adanya pengaturan tekanan udara yang tepat, alat dapat dioperasikan secara efisien dan memberikan hasil pemadatan yang optimal, sehingga dapat mendukung upaya pengelolaan sampah anorganik secara lebih baik.

5. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan

hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan:

- a. Variasi tekanan udara dan waktu pengepresan memiliki pengaruh signifikan terhadap efektivitas pemadatan sampah. Kombinasi tekanan 8 bar dan waktu pengepresan 30 detik memberikan hasil paling optimal untuk kedua jenis sampah, baik botol plastik maupun kaleng aluminium.
- b. Volume kaleng berhasil dikurangi hingga 70,75% dan botol plastik hingga 62,87% dari volume awal. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan tekanan udara yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pengepresan secara signifikan dan efektif dalam mengurangi volume fisik sampah.
- c. Sistem pengepres yang menggunakan PLC Omron CP1H-X40DR-A dan berbagai sensor otomatis terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi kebutuhan intervensi manual serta mendukung efisiensi energi dalam proses kerja.
- d. Prototipe alat pengepres dan pemilah sampah berbasis pneumatik yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan fungsinya, baik dalam proses pemadatan maupun sistem kontrol otomatis yang responsif terhadap kondisi input.
- e. Kelebihan sistem ini terletak pada efisiensi pemadatan yang tinggi, kemudahan pengoperasian, serta penggunaan komponen industri yang umum. Kekurangannya adalah adanya potensi keausan komponen pneumatik jika digunakan secara terus-menerus pada tekanan tinggi.
- f. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan sensor tekanan serta integrasi modul IoT guna mendukung sistem pengelolaan sampah cerdas berbasis data dan pemantauan jarak jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman dan Islam kepada kita semua, serta segala kenikmatan, rahmat, hidayah, dan kemudahan atas karunia-Nya. Penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh

karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, dana dan doa yang tulus dalam setiap langkah saya selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Yurika, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Diploma-IV Teknik Otomasi Politeknik TEDC Bandung.
3. Ibu Reni Listiana, S.T., M.T., selaku pembimbing selama perancangan alat dan penyusunan jurnal.
4. Sandy Cahya Putra selaku partner tugas akhir yang telah memberikan dukungan yang luar biasa, baik secara emosional maupun teknis. Keberadaannya selalu mampu memberikan semangat dan motivasi ketika saya menghadapi tantangan dan kesulitan.
5. Mutiara, Yeshana, dan Salma yang senantiasa memberikan dukungan moral serta menjadi tempat berbagi keluh kesah selama proses penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Tahir dan Musakirawati, "Rancang Bangun Mesin Pres Sampah Botol Plastik Dengan Sistem Ulir Dan Pengendali Arduino", Jurnal Ilmiah Indonesia, vol. 7, no. 3, Maret 3, 2022, <https://jurnal.syntaxliterate.co.id/index.php/syntax-literate/article/download/6457/3767/>
- [2] Ali Rosyidin, "Rancang Bangun Alat Simolator Pneumatic Dua Silinder Katup Selenoid Tunggal", Jurnal Teknik, vol. 8, no. 2, Des. 2019, <http://dx.doi.org/10.31000/jt.v8i2.1452>
- [3] Amrulloh Maiaghy, "Desain Dan Simulasi Mesin Pres Botol Kaleng Menggunakan Pneumatik Berbasis Autodesk Inventor", Laporan Akhir Universitas Tidar, April 21, 2022, <https://repositori.untidar.ac.id/index.php?p=stream-pdf&fid=35416&bid=11204>
- [4] Ari Kurniawan dan Hilda Porawati, "Sistem Elektro Pneumatik Modul PLC 3 Silinder Kerja Ganda Gerak Berlawanan", Jurnal Inovator, vol. 1, no. 1, 2018, <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/index.php/inovator/article/download/131/77>
- [5] Ghoni Musyaha, Nicholis Satria Pratama, dan M. Hammam, "Rancang Bangun Trainer Kendali Pneumatik Berbasis PLC CPM1A 40CDR_A Sebagai Media Pembelajaran Di PT SUKORINTEK", Jurnal UMPP, vol. 5, no. 2, Agustus 2020, https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/article/download/1062/794
- [6] Hadimi, S.T., M.T., "Sistem Kontrol Pneumatik", Kota Solok, Sumatera Barat, Kode pos 27312, 2024, <https://repository.um.ac.id/5473/1/Sistem%20Kontrol%20Pneumatik%20edited%20compressed.pdf>
- [7] Husnul Huluk, "Menentukan Pneumatik dalam Perancangan Mesin Press Conblok dengan beban 250 Kg", Jurnal ReTiMs, vol. 5, no. 1, Mei 2023, DOI: 10.32897/retims.2023.5.1.2055 atau <https://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/ReTiMS/article/download/2055/766>
- [8] Ibnu Sajub Raja, "Modifikasi Mesin Pres Pneumatik Menggunakan Alat Ukur Semi Otomatis", Repository UNIFA, Des. 22, 2022, <https://repository.unifa.ac.id/id/eprint/1888/1/IBNU%20SAJUB%20RAJA%20MES22.pdf>
- [9] Ichsan Ristiawan dan Muhammad Naim, "Rancang Bangun Mesin Press Sampah Botol Plastik Kemasan Minuman", Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 10, no. 1, Feb. 2022, <https://doi.org/10.33558/jitm.v10i1.2855>
- [10] Industrial Automation and Robotic Solutions, "Mengenali Sistem Pneumatic, Komponen, Hingga Kegunaannya", Misel.co.id, Juni 9, 2025 [Online.], Available : <https://misel.co.id/mengenali-sistem-pneumatic-komponen-hingga-kegunaannya/>
- [11] Kusuma Wahyu Wijaya, Marno, dan Iman Dirja, "Pembuatan dan Pengujian Mesin Press Sampah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Di Kampus UNSIKA", Jurnal Serambi Engineering, vol. 9, no. 4, Okt. 2024, <https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/354/338>
- [12] M. Nurdiansyah, Saparin, dan Yudi Setiawan, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik" MACHINERY, vol. 4, no. 2, Juni 2023, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8048925>
- [13] Moliza, Azhar, dan Supri Hardi, "Rancang Bangun Sistem Pengepresan Kaleng Minuman Otomatis Menggunakan Aktuator Pneumatik Berbasis Arduino Uno", JURNAL ELEKTRO, vol. 3 ,no. 1, Mar.

- 2019, <https://ejurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/download/1546/1287>
- [14] Muhammad Rizki Fazryansyah, dkk “Sistem Klasifikasi Sampah Organik Dan Non Organik Menggunakan CNN Berbasis Framework Flask”, JITET, Vol. 13, No. 3, Juni, 14 2025 ,pp. 207, <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6706>
- [15] Nurul Huda dan Agustiawan, “Alat Pres Kaleng Alumunium Berbasis STMicrowave”, Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Nov. 2024, pp. 155 – 156, <https://snit-polbeng.org/eprosiding/index.php/snit/article/download/651/447/>
- [16] Qadir Sadri, Usman, dan Ismi Amalia, “Rancang Bangun Alat Mesin *Press* Kaleng Minuman Tenaga Pneumatik”, Jurnal Mesin Sains Terapan, vol. 6 no. 1, Feb. 2022, <https://ejurnal.pnl.ac.id/mesinsainsterapan/article/download/2856/2416>