

Prototipe Alat Penghancur dan Pengepres Sampah Plastik Otomatis Berbasis Arduino Skala Laboratorium

Prototype of An Automatic Arduino-Based Plastic Waste Shredding and Pressing Device at Laboratory Scale

Ronauli Hutabarat¹, Muhammad Gabriel², Ocsirendi³, Enggar Hero Istoto⁴

¹ Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung; email: hutabaratronauli354@gmail.com

^{2,3,4} Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung; email: ² abemgabriel1504@gmail.com, ³ ocsirendi@gmail.com

[Dikirimkan: 15 Desember 2025, Revised: 31 Mei 2026, Accepted: 31 Desember 2025]

Corresponding Author: Ronauli Hutabarat

INTISARI — Sampah plastik merupakan tantangan lingkungan yang signifikan, terutama di Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia, di mana Sungailiat menerima sekitar 68-ton sampah setiap hari. Studi ini memaparkan pengembangan prototipe sistem pengelolaan sampah plastik otomatis yang memanfaatkan sistem kontrol berbasis Arduino untuk mengatasi masalah ini. Sistem ini mengintegrasikan pisau penghancur yang digerakkan oleh motor wiper 24V dengan kompresi silinder pneumatik, yang dikendalikan melalui jaringan sensor. Prototipe ini menggunakan sensor proximity untuk deteksi limbah pada jarak 1–5 cm, sementara sensor ultrasonik 1 memantau ruang pemotongan pada jarak 5–25 cm untuk mengaktifkan motor pemotong secara otomatis. Selanjutnya, sensor ultrasonik 2 mendeteksi penumpukan plastik yang dihancurkan di kotak kompresi pada jarak 5–10 cm, memicu silinder pneumatik untuk kompresi otomatis. Pengujian difokuskan pada limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), menunjukkan kemampuan penghancuran otomatis yang berhasil dengan hasil cacahan berupa cacahan kasar yang ukurannya masih belum seragam. Namun, hasil kompresi setelah 5–10 menit kurang optimal, menghasilkan blok dengan kompresi yang tidak cukup sehingga mudah hancur. Hal ini menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut pada posisi pemanas dan tekanan kompresi untuk menghasilkan blok plastik yang lebih padat guna proses daur ulang yang efisien. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem penghancuran dan pengepresan dalam satu prototipe otomatis berbasis Arduino yang bekerja secara berurutan menggunakan sensor proximity dan sensor ultrasonik, sehingga meningkatkan efisiensi proses pengolahan sampah plastik pada skala laboratorium.

KATA KUNCI — Arduino, Sensor Proximity, Sampah Plastik, Sensor Ultrasonik, Silinder Pneumatik, Shredder Otomatis

ABSTRACT — Plastic waste poses a significant environmental challenge, particularly in the Bangka Belitung Islands, Indonesia, where Sungailiat receives approximately 68 tons of waste per day. This study presents the development of an automatic plastic waste management prototype that utilizes an Arduino-based control system to address this issue. The system integrates shredding blades driven by a 24 V wiper motor with pneumatic cylinder compression, which is controlled through a network of sensors. The prototype employs a proximity sensor to detect waste at a distance of 1–5 cm, while ultrasonic sensor 1 monitors the shredding chamber at a distance of 5–25 cm to automatically activate the shredding motor. Furthermore, ultrasonic sensor 2 detects the accumulation of shredded plastic in the compression chamber at a distance of 5–10 cm, triggering the pneumatic cylinder for automatic compression. The testing was focused on PET (*Polyethylene Terephthalate*) plastic waste, demonstrating successful automatic shredding performance; however, the resulting shredded material remained coarse with non-uniform particle sizes. Nevertheless, the compression results after 5–10 minutes were not optimal, producing blocks with insufficient compaction that were easily broken. This indicates the need for further optimization of heater positioning and compression pressure to produce denser plastic blocks for efficient recycling processes. The novelty of this research lies in the integration of shredding and pressing systems into a single Arduino-based automatic prototype that operates sequentially using proximity and ultrasonic sensors, thereby improving the efficiency of plastic waste processing at the laboratory scale.

KEYWORDS — Arduino, Proximity Sensor, Plastic Waste, Ultrasonic Sensor, Pneumatic Cylinder, Automatic Shredder

I. PENDAHULUAN

Sampah adalah material buangan yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan perlu dikelola secara efektif untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan penerapan metode pengolahan yang tepat, limbah tersebut dapat dimanfaatkan kembali sebagai produk yang memiliki nilai ekonomi maupun nilai guna [1]. Salah satu jenis sampah yang banyak ditemukan adalah sampah plastik, yaitu limbah yang berasal dari produk berbahan sintesis yang sudah tidak digunakan lagi. Sampah jenis ini tergolong sulit terurai secara alami sehingga dapat bertahan di lingkungan dalam waktu yang sangat lama [2]. Di Indonesia, penggunaan plastik sekali pakai masih cukup tinggi, terutama sebagai bahan kemasan, sementara pengelolaan limbah plastik yang dihasilkan belum dilakukan secara optimal [3]. Sampah plastik menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan, baik di darat maupun di laut. Meskipun plastik awalnya diciptakan untuk memudahkan kehidupan manusia, dampak negatifnya juga dirasakan

luas, yakni makhluk hidup dan lingkungannya [4]. Seperti yang telah diketahui, limbah plastik akan terurai dalam waktu yang panjang untuk terurai alami, bisa puluhan atau ratusan tahun prosesnya [5]. Permasalahan sampah plastik semakin mengkhawatirkan akibat kebiasaan membuang sampah secara sembarangan dan kurangnya pengelolaan yang memadai. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan serta menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah plastik adalah melalui proses daur ulang, yaitu mengolah kembali sampah plastik menjadi produk yang masih memiliki nilai guna. Selain membantu mengurangi pencemaran, kegiatan daur ulang juga berpotensi menghasilkan berbagai produk kreatif yang memiliki nilai ekonomis. Keberhasilan pengelolaan sampah plastik tentu tidak terlepas dari peran serta dan kesadaran masyarakat dalam menerapkan konsep 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). Melalui penerapan konsep tersebut, khususnya pada aspek *recycle*, limbah plastik dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk baru yang lebih bermanfaat dan bernilai tambah [6].

Dalam proses pencacahan, material yang digunakan adalah sampah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*). Jenis plastik ini dipilih karena merupakan salah satu material yang umum digunakan sebagai bahan kemasan minuman dan banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. *Polyethylene Terephthalate* (PET) ialah gabungan dari poliester asam tereftalat serta etilen glikol. PET memiliki ciri khas warna yang transparan dan karakteristik plastik yang kuat [7]. PET merupakan jenis plastik yang relatif sulit terdegradasi secara alami, tetapi masih dapat diproses kembali melalui daur ulang. Contoh produk berbahan PET yang banyak digunakan antara lain botol minuman, gelas plastik, dan cangkir sekali pakai [8].

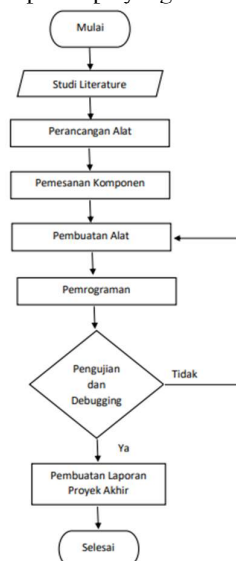
Timbulan sampah di wilayah Kepulauan Bangka Belitung, khususnya di Kabupaten Bangka, menunjukkan peningkatan yang signifikan setiap tahunnya, sehingga diperlukan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan [9]. Analisis aliran material sampah plastik menunjukkan bahwa sebagian besar limbah plastik belum dikelola secara optimal [10]. Dengan mengolah limbah plastik menjadi ukuran yang lebih kecil melalui proses pencacahan, tahapan daur ulang dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien. Selain membantu proses pengolahan, plastik hasil cacahan juga memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan limbah plastik yang masih dalam bentuk utuh karena lebih siap untuk diproses pada tahap selanjutnya [11].

Penelitian yang telah dilakukan menganalisis distribusi tegangan pada bilah mesin penghancur komposit polimer menggunakan metode elemen hingga (FEM) dalam skala laboratorium. Studi ini menggunakan perangkat lunak desain berbantuan komputer (CAD). Studi lainnya mengeksplorasi Penelitian ini berfokus pada analisis distribusi tegangan pada bilah mesin penghancur komposit polimer menggunakan metode elemen hingga (FEM) dalam skala laboratorium. Untuk penelitian selanjutnya, saran yang diajukan meliputi pengujian dengan bahan komposit yang berbeda, pengujian real-time dalam kondisi operasional sebenarnya, serta eksplorasi teknik pemodelan canggih untuk meningkatkan akurasi prediksi tegangan guna desain bilah yang lebih tahan lama [12].

Pengurangan volume limbah plastik dapat dilakukan melalui proses pencacahan. Plastik yang telah dicacah menjadi lebih mudah dikelola dan memberikan kemudahan pada proses pengolahan maupun daur ulang selanjutnya [13], [14]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sebuah prototipe alat penghancur dan pengepres sampah plastik otomatis berbasis Arduino. Alat yang dikembangkan mampu melakukan proses pencacahan dan pemadatan secara berurutan, sehingga limbah plastik dapat diolah menjadi bentuk yang lebih ringkas dan mudah ditangani.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, proses perancangan dan pembuatan *prototype* alat penghancur serta pengepres sampah plastik otomatis berbasis Arduino diawali dengan pengumpulan data melalui studi literatur. Data dan informasi diperoleh dari berbagai referensi yang relevan, seperti jurnal ilmiah, artikel penelitian, buku, serta laporan yang berkaitan dengan pengolahan sampah plastik dan sistem kendali berbasis mikrokontroler. Selain sumber cetak, referensi juga diperoleh dari berbagai sumber digital yang dapat diakses secara daring. Tahap kajian literatur dilakukan untuk memperluas pemahaman mengenai konsep, prinsip kerja, serta teknologi yang digunakan pada sistem yang dirancang. Informasi yang diperoleh selanjutnya dijadikan sebagai landasan dan acuan dalam proses perancangan, pembuatan, serta pengujian prototipe yang dikembangkan.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa (*engineering experiment*) dengan pendekatan perancangan dan pembuatan *prototype*. Tahapan penelitian disusun secara sistematis mulai dari perancangan sistem, pembuatan alat, pemrograman, hingga pengujian kinerja prototipe alat penghancur dan pengepres sampah plastik otomatis berbasis Arduino. Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian, setiap tahapan disusun dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan urutan proses pengerjaan alat secara keseluruhan. Diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

A. PERANCANGAN SISTEM KENDALI

Perancangan sistem kendali pada alat penghancur dan pengepres sampah plastik ini bertujuan untuk mengatur seluruh proses kerja alat secara otomatis dan terintegrasi. Sistem kendali dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendali utama yang menerima sinyal dari sensor, memproses data, dan mengendalikan aktuator sesuai dengan logika kerja yang telah diprogram. Sistem kendali terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor proximity, sensor ultrasonik, motor penggerak, motor wiper, silinder pneumatik, serta aktuator pendukung lainnya. Sensor proximity digunakan untuk mendeteksi keberadaan sampah plastik pada bagian input, sedangkan sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi volume sampah di dalam ruang pencacahan dan ruang pengepresan. Data dari sensor-sensor tersebut dikirim ke mikrokontroler sebagai sinyal masukan (*input*).

Berdasarkan sinyal input yang diterima, mikrokontroler menjalankan logika kontrol yang telah diprogram. Apabila sensor proximity mendeteksi keberadaan sampah plastik, sistem akan mengaktifkan mekanisme pembukaan penutup dan mengizinkan sampah masuk ke ruang pencacahan. Selanjutnya, ketika sensor ultrasonik mendeteksi bahwa volume sampah telah mencapai batas tertentu, motor penggerak pisau shredder akan aktif untuk melakukan proses pencacahan. Setelah proses pencacahan selesai dan sensor ultrasonik kedua mendeteksi akumulasi sampah pada ruang pengepresan, sistem akan mengaktifkan silinder pneumatik dan pemanas untuk melakukan proses pengepresan.

Alur kerja sistem kendali tersebut divisualisasikan dalam bentuk diagram blok yang menunjukkan hubungan antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Diagram blok ini menggambarkan bagaimana setiap komponen saling terhubung dan bekerja secara berurutan untuk menghasilkan sistem penghancur dan pengepres sampah plastik yang bekerja secara otomatis dan terintegrasi.

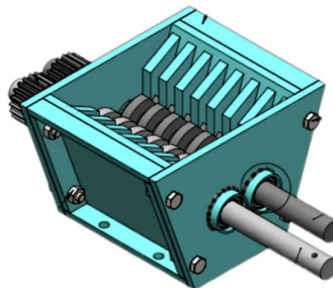
Spesifikasi teknis utama dari prototipe alat penghancur dan pengepres sampah plastik otomatis yang digunakan dalam penelitian ini dirangkum pada Tabel I dibawah ini.

TABEL I
SPESIFIKASI TEKNIS UTAMA PROTOTIPE

No	Komponen	Spesifikasi Teknis
1	Mikrokontroller	Arduino Mega 250 R3
2	Motor Penghancur	Motor Wiper 24V DC
3	Sistem Pengepresan	Silinder pneumatic double acting
4	Tekanan Kerja Silinder	1 – 9 bar
5	Sensor Proximity	Jarak deteksi efektif 1-5 cm
6	Sensor Ultrasonik	Jarak deteksi efektif 5-25 cm (sensor 1) dan 5-10 cm (sensor 2)
7	Pemanas (<i>Heater</i>)	Suhu kerja 200°C

B. DESAIN MATA PISAU

Tahap pertama dalam proses perancangan alat penghancur sampah plastik adalah membuat desain mata pisau yang menjadi komponen utama dalam proses pencacahan. Mata pisau shredder dipilih sebagai komponen utama yang berfungsi untuk mencacah sampah plastik sebelum memasuki tahap pengepresan. Berikut adalah gambar desain mata pisau *shredder*.

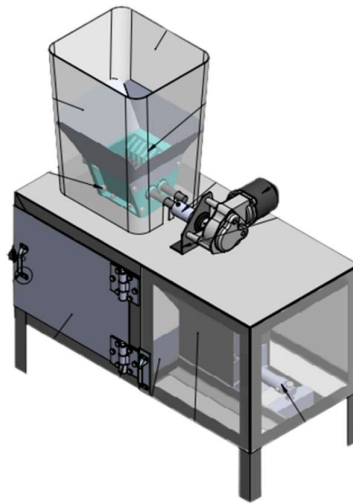


Gambar 2. Desain Mata Pisau Shredder

Mendesain mata pisau tersebut menggunakan aplikasi Solidworks. CAD yang populer dimanfaatkan salah satunya ialah Solidworks yang memiliki fitur-fitur yang memfasilitasi desain dengan akurasi [15]. Perangkat lunak ini dapat menganalisis faktor dan efisiensi waktu serta mekanisme alat yang didesain [16].

C. DESAIN KESELURUHAN

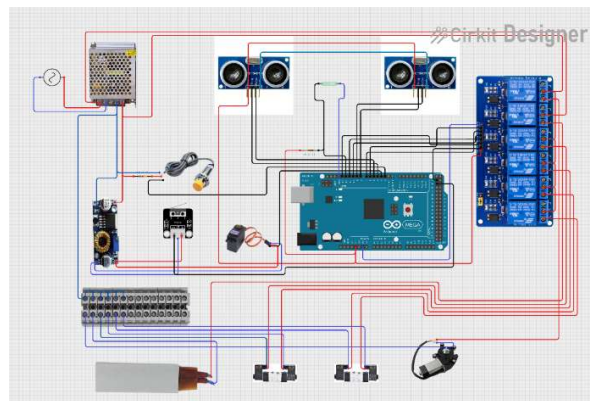
Desain keseluruhan alat ini dibuat agar dapat mempermudah dalam menentukan ukuran dan peletakan setiap komponen utama, khususnya pada bagian box pengepresan, sehingga rancangan dapat lebih presisi dan efisien. Desain 3D pada gambar 3. dibuat menggunakan aplikasi Solidworks sama seperti pembuatan desain mata pisau. dengan tampilan desain 3D. Desain tersebut menggunakan aplikasi Solidworks. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan dalam proses fabrikasi serta menjamin bahwa silinder dapat beroperasi secara efektif selama proses pengepresan sampah plastik.



Gambar 3. Desain Keseluruhan

D. RANGKAIAN HARDWARE DAN DIAGRAM BLOK

Tahapan skematik rangkaian *hardware* merupakan tahapan yang berfungsi sebagai acuan dalam proses perakitan komponen elektronik agar seluruh bagian sistem dapat terhubung dengan baik dan bekerja sesuai dengan rancangan logika pemrograman. Perancangan rangkaian perangkat keras dilakukan menggunakan aplikasi Cirkuit Designer IDE untuk membantu proses penyusunan serta visualisasi hubungan antar komponen elektronik dalam sistem. Aplikasi ini dipilih karena menyediakan berbagai komponen yang dibutuhkan dan mendukung pembuatan skema rangkaian secara lebih terorganisir, sehingga memudahkan proses perancangan sebelum tahap implementasi. Penyusunan skematik dilakukan sebelum tahap perakitan sebagai langkah awal untuk memverifikasi hubungan antar komponen dan meminimalkan kesalahan saat implementasi. Pada tahap ini, konfigurasi pin input dan output Arduino Mega 2560 terhadap sensor maupun aktuator dirancang dengan cermat agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Hasil perancangan skematik rangkaian ditunjukkan pada gambar berikut.

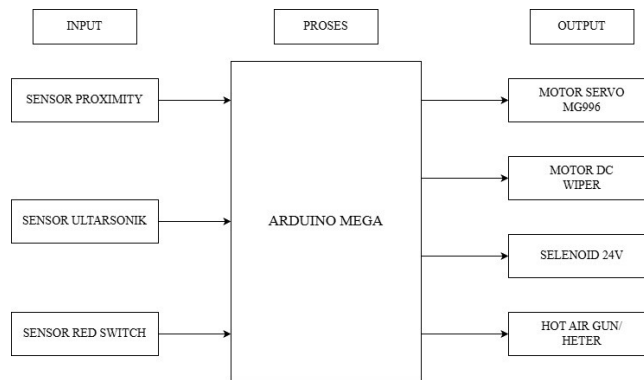


Gambar 4. Rancangan Skematik Hardware pada Sistem

Gambar 4 di atas memperlihatkan rangkaian skematik lengkap dalam proses perakitan sistem. Setiap jalur kabel, konektor, serta terminal diatur berdasarkan posisi dan fungsi masing-masing komponen. Skematik rangkaian yang telah dirancang digunakan sebagai pedoman dalam proses perakitan perangkat keras. Seluruh komponen dihubungkan sesuai dengan fungsi dan konfigurasi

sistem yang telah ditentukan. Pada tahap ini, koneksi antar modul menggunakan kabel jumper, sedangkan kabel AWG 24 digunakan pada bagian kontrol karena memiliki fleksibilitas yang baik dan sesuai untuk kebutuhan sistem berarus rendah.

Untuk menjelaskan alur kerja dan hubungan antar komponen pada sistem yang dikembangkan, digunakan diagram blok sebagai representasi visual dari sistem kendali secara keseluruhan. Diagram blok ini menunjukkan alur sinyal mulai dari bagian input, pemrosesan, hingga keluaran (*output*) yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega. Diagram tersebut ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.

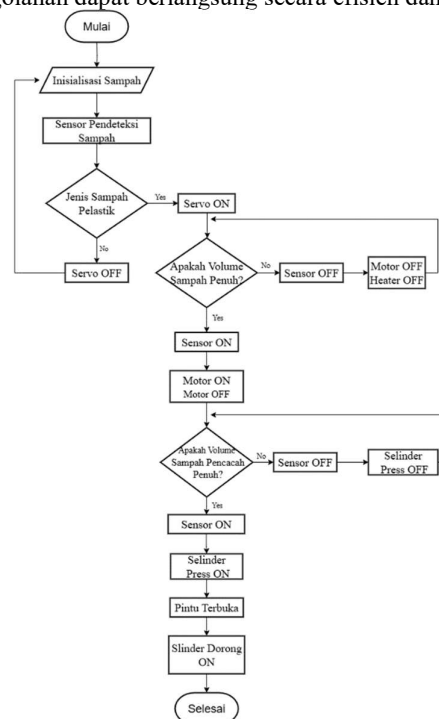


Gambar 5. Diagram Blok Perancangan Sistem

Diagram blok ini menggambarkan bagaimana setiap komponen saling terhubung dan bekerja secara berurutan untuk menghasilkan sistem penghancur dan pengepres sampah plastik yang bekerja secara otomatis dan terintegrasi.

E. MEKANISME ALAT YANG DIGAGAS

Flowchart sistem digunakan untuk menjelaskan mekanisme kerja alat secara keseluruhan, mulai dari proses penghancuran hingga pengepresan sampah plastik. Sistem dirancang bekerja secara otomatis berdasarkan masukan dari sensor dan logika kendali yang telah diprogram, sehingga proses pengolahan dapat berlangsung secara efisien dan berurutan.



Gambar 6. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Proses kerja alat diawali dengan tahap inisialisasi, yang dimana sampah kemudian dimasukkan secara manual ke area deteksi, selanjutnya sensor akan mendeteksi keberadaan sampah yang masuk, sistem kemudian melakukan identifikasi untuk menentukan apakah objek tersebut merupakan sampah plastik. Apabila objek tersebut merupakan sampah plastik, servo akan diaktifkan untuk

membuka tutup tempat sampah sehingga material dapat masuk ke dalam sistem. Sebaliknya, jika objek yang terdeteksi bukan sampah plastik, servo tetap tidak aktif dan sistem kembali ke kondisi siaga untuk menunggu proses deteksi berikutnya.

Ketika motor servo aktif dan sampah plastik masuk, sistem akan melakukan pemantauan volume menggunakan sensor ultrasonik. Jika tingkat keterisian belum mencapai batas yang telah ditentukan, motor pencacah dan pemanas tetap tidak aktif. Ketika volume sampah mencapai nilai setpoint, sensor akan mengaktifkan motor untuk memulai proses pencacahan. Selanjutnya, sistem memonitor volume hasil cacahan pada ruang pengepresan. Apabila jumlah cacahan belum memenuhi kapasitas yang ditetapkan, proses pencacahan akan terus berlangsung dan silinder pengepres belum diaktifkan.

Apabila volume hasil cacahan telah mencapai batas yang ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal ke sistem kendali untuk mengaktifkan silinder pneumatik. Proses pengepresan kemudian dilakukan dengan bantuan pemanas (heater) yang bekerja pada suhu 200°C selama 5–10 menit. Setelah proses pemadatan selesai dilakukan, material hasil pengepresan dikeluarkan dari box pengepresan dengan bantuan silinder pneumatik pendorong. Setelah itu, sistem kembali ke kondisi awal untuk memulai siklus operasi berikutnya secara otomatis tanpa memerlukan intervensi pengguna.

F. PROGRAM ARDUINO

Pembuatan program pada Arduino yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Program dirancang untuk mengatur kerja sensor, aktuator, dan seluruh komponen pendukung sehingga alat dapat beroperasi secara otomatis sesuai dengan alur yang telah ditentukan. Pembuatan program ini menggunakan aplikasi software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Software open source ini dimanfaatkan untuk menuliskan dan memasukkan program pada development board Arduino [17]. Aplikasi Arduino IDE memfasilitasi koneksi berbagai development board dengan berbagai sensor dan aktuator [18]. Arduino digunakan sebagai pengendali utama yang mengintegrasikan perangkat elektronik melalui mekanisme input/output (I/O). Program yang diterapkan berfungsi untuk mengatur kerja sensor dan aktuator serta memastikan seluruh komponen dapat beroperasi sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang.

G. PENGUJIAN DAN DEBUGGING

Pengujian dan debugging dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian alat dapat berkerja dengan baik. Pengujian dilakukan secara bertahap selama proses pengembangan alat hingga diperoleh kinerja sistem yang sesuai dengan rancangan. Tahap ini bertujuan untuk memverifikasi fungsi setiap komponen, mengidentifikasi potensi kesalahan pada sistem, serta mengevaluasi performa keseluruhan alat. Pengujian meliputi pemeriksaan jarak deteksi sensor, waktu yang dibutuhkan dalam proses penghancuran dan pengepresan, serta respons aktuator terhadap sinyal yang diterima dari sensor. Setiap pengujian sensor dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada jarak yang sama untuk memastikan konsistensi hasil. Proses pengepresan dilakukan pada suhu pemanas 200 °C dengan variasi waktu pengepresan selama 5 dan 10 menit. Seluruh pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan laboratorium dengan daya yang stabil dan tanpa beban tambahan selain sampah plastik jenis PET.

H. ANALISIS

Tahapan analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat secara menyeluruh, baik dari segi mekanis, elektrik, pemrograman dan pengaplikasiannya untuk mencacah sampah plastik. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana alat dapat bekerja sesuai dengan rancangan dan memastikan bahwa setiap komponen mampu berfungsi secara optimal dalam sistem otomatis. Dalam tahapan ini juga dilakukan analisis tingkat hasil akurasi jarak yang dideteksi oleh sensor, dan juga hasil cacahan sampah plastik, serta melihat kekurangan dan kelebihan pada alat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PROTOTYPE ALAT PENGHANCUR DAN PENGEPRES SAMPAH PLASTIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO

Prototype alat penghancur dan pengepresan sampah plastik ini dikembangkan sebagai salah satu upaya untuk mendukung pengolahan limbah plastik secara lebih efektif melalui penerapan sistem kendali berbasis Arduino. Sistem yang dirancang mengintegrasikan berapa komponen utama yaitu sensor ultrasonik, sensor proximity, *solenoid valve*, motor wiper, mata pisau *shredder*, silinder pneumatik dan mata pisau shredder, yang seluruhnya dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560.

Proses pembuatan alat diawali dengan tahap perancangan komponen dan desain keseluruhan sistem. Selanjutnya dilakukan perakitan rangka, ruang pencacahan, serta ruang pengepresan sesuai dengan hasil desain yang telah ditetapkan. Seluruh komponen dipasang dan diintegrasikan untuk membentuk sistem yang mampu menjalankan proses penghancuran dan pengepresan sampah plastik secara otomatis. Hasil akhir dari prototipe yang telah direalisasikan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Hasil Pembuatan Produk Akhir

B. PENGUJIAN SENSOR - SENSOR

Pengujian setiap sensor dilakukan sebanyak tiga kali pada jarak yang sama untuk mengevaluasi repeatability. Hasil pengujian menunjukkan respons sensor yang konsisten pada setiap pengulangan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor memiliki repeatability yang baik dalam rentang kerja yang diuji. Secara keseluruhan, sistem penghancuran otomatis berhasil bekerja sesuai dengan logika kendali pada seluruh pengujian yang dilakukan, dengan tingkat keberhasilan operasi sistem sebesar 100% pada proses deteksi, penghancuran, dan aktivasi pengepresan berdasarkan kondisi sensor.

C. PENGUJIAN SENSOR PROXIMITY

Uji coba sensor proximity dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor proximity dalam mendeteksi keberadaan sampah plastik pada area masukan sistem. Ketika sensor berhasil mendeteksi objek yang sesuai, sistem akan memberikan perintah untuk membuka dan menutup tempat sampah secara otomatis. Sebaliknya, apabila tidak terdapat objek yang terdeteksi, sensor tidak akan mengirimkan sinyal ke sistem sehingga tutup tempat sampah tetap berada pada posisi tertutup.



Gambar 8. Percobaan Sensor Proximity

TABEL I

DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR PROXIMITY

NO	Jarak (cm)	Status	Keterangan
1	5 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi jenis sampah
2	10 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi jenis sampah
3	>10 cm	Tidak Terdeteksi	Sensor tidak mendeteksi jenis sampah

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel I diatas, sensor proximity mampu mendeteksi keberadaan sampah plastik pada rentang jarak 5 cm hingga 10 cm. Pada kondisi tersebut, sensor berada dalam keadaan aktif sehingga sistem memberikan perintah untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Dengan demikian, sampah plastik dapat dimasukkan ke dalam alat untuk diproses lebih lanjut. Sebaliknya, pada jarak lebih dari 10 cm, sensor tidak dapat mendeteksi keberadaan objek sehingga tidak menghasilkan sinyal aktivasi. Akibatnya, tutup tempat sampah tetap dalam kondisi tertutup karena sistem tidak menerima masukan dari sensor.

D. PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK 1 DIDALAM TEMPAT SAMPAH

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi ketinggian atau volume sampah plastik di dalam tempat sampah. Pada pengujian ini sensor berada didalam tempat sampah. Pengujian ini berguna untuk menentukan batas jarak deteksi sensor yang digunakan sebagai acuan dalam mengaktifkan proses penghancuran secara otomatis.



Gambar 9. Percobaan Sensor Ultrasonik 1

TABEL II
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK 1

NO	Jarak (cm)	Status	Keterangan
1	5 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi sampah plastik
2	10 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi sampah plastik
3	25 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi sampah plastik
4	26 cm	Tidak Terdeteksi	Sensor tidak mendeteksi sampah plastik
5	>26 cm	Tidak Terdeteksi	Sensor tidak mendeteksi sampah plastik

Dari hasil *trial run*, dapat dilihat pada tabel 2 bahwa nilai sensor ultrasonik 1 dapat mendeteksi sampah plastik yang berada di dalam tempat sampah dari jarak 5 cm hingga 25 cm yang artinya sensor 1 didalam tempat sampah akurat. Berhubungan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kristanti et al., (2023) bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi dijarak <5cm hingga >5cm dengan baik [19]. Sehingga pada saat sensor dapat mendeteksi sampah plastik maka mesin pencacah akan aktif secara otomatis dan mulai mencacah sampah plastik, pada jarak >26 cm sensor tidak dapat mendeteksi keberadaan sampah plastik dan mesin pencacah otomatis berhenti mencacah sampah.

E. PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK 2 DIDALAM BOX PENGEPRESAN

Sama seperti pengujian sebelumnya, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi ketinggian atau volume sampah plastik yang berada pada box pengepresan sehingga silinder pengepresan akan aktif dan mulai melakukan pengepresan secara otomatis.



Gambar 10. Percobaan Sensor Ultrasonik 1

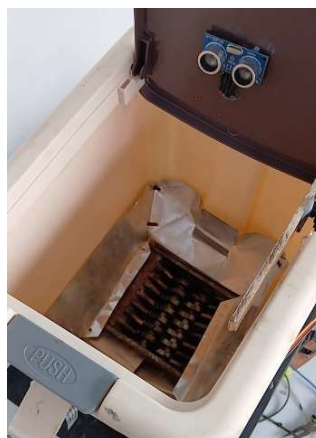
TABEL III
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK 2

NO	Jarak (cm)	Status	Keterangan
1	5 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi sampah plastik
2	10 cm	Terdeteksi	Sensor mendeteksi sampah plastik
3	11 cm	Tidak Terdeteksi	Sensor tidak mendeteksi sampah plastik
4	>11 cm	Tidak Terdeteksi	Sensor tidak mendeteksi sampah plastik

Tabel 3 menunjukkan bahwa sensor ultrasonik 2 aktif pada jarak deteksi 5–10 cm terhadap hasil cacahan plastik. Rentang tersebut menunjukkan bahwa sensor yang dipasang pada ruang pengepresan mampu bekerja dengan baik dan memberikan deteksi yang akurat terhadap tingkat keterisian box pengepresan. Hal ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Arsada, (2017) bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi hingga jarak 10cm dengan baik [20]. Sehingga silinder pengepres akan aktif ketika sensor ultrasonik mendeteksi hasil cacahan plastik pada jarak 5–10 cm. Rentang tersebut menunjukkan bahwa volume cacahan telah memenuhi kapasitas yang ditetapkan. Namun, jika jarak yang terdeteksi lebih dari 10 cm, silinder tidak diaktifkan karena jumlah cacahan di dalam box pengepresan masih belum mencukupi.

F. PROSES PENCACAHAN DAN HASIL CACAHAN SAMPAH PLASTIK

Proses Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem pencacahan dalam menghancurkan sampah plastik menggunakan mata pisau shredder yang digerakkan oleh motor wiper. Mekanisme pencacahan akan bekerja secara otomatis ketika sensor ultrasonik 1 mendeteksi bahwa volume sampah di dalam wadah telah mencapai batas yang ditentukan. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kinerja proses pencacahan sebelum material memasuki tahap pengepresan. Letak mata pisau shredder dan sensor ultrasonik 1 pada sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Gambar Posisi Mata Pisau Shredder dan Sensor Ultrasonik 1

Gambar di atas memperlihatkan bahwa sensor ultrasonik dipasang pada bagian tutup tempat sampah untuk memantau tingkat keterisian wadah. Ketika volume sampah mencapai batas yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal ke sistem kendali untuk mengaktifkan motor wiper. Selanjutnya, mata pisau shredder akan berputar dan melakukan proses pencacahan sampah plastik secara otomatis hingga seluruh material yang masuk selesai dihancurkan.

Hasil pencacahan sampah plastik menggunakan mata pisau shredder kemudian diamati melalui beberapa pengujian. Pada penelitian ini, dilakukan dua kali percobaan untuk mengevaluasi kinerja sistem pencacahan. Hasil dari masing-masing percobaan ditunjukkan sebagai berikut:

1. Pengujian awal dilakukan dengan menggunakan kertas untuk mengevaluasi ketajaman mata pisau shredder dan kemampuan motor dalam memutar poros pencacah sebelum sistem diuji menggunakan material plastik.
2. Pada tahap berikutnya, pengujian dilakukan menggunakan limbah plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate). Material uji terlebih dahulu dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil guna meningkatkan efektivitas proses pencacahan. Langkah ini diperlukan karena plastik yang dimasukkan dalam kondisi utuh berpotensi menempel pada mata pisau shredder selama proses pemutaran, sehingga dapat mengurangi kinerja sistem pencacahan.



Gambar 12. Hasil Pengujian Pencacahan Menggunakan Kertas



Gambar 13. Hasil Pengujian Pencacahan Plastik PET

G. KONDISI SAAT PENGEPRESAN

Pengujian pengepresan dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu pemanasan terhadap kualitas hasil press cacahan plastik. Pengujian menggunakan heater bersuhu 200°C dengan durasi pengepresan 5 menit dan 10 menit. Berdasarkan hasil pengujian, kedua variasi waktu tersebut belum mampu menghasilkan padatan plastik yang kuat dan kompak karena material masih mudah pecah setelah proses pengepresan. Hal ini dipengaruhi oleh suhu pemanasan yang belum mencapai titik leleh plastik PET serta posisi heater yang tidak berhadapan langsung dengan material. Selain itu, ukuran ruang pengepresan yang terbatas juga menyebabkan distribusi panas kurang optimal sehingga hasil pengepresan belum mencapai tingkat kepadatan yang diharapkan.



Gambar 14. Gambar Posisi Heater Didalam Box Pengepresan

H. KETERBATASAN SISTEM

Meskipun sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan perancangan, prototipe ini masih memiliki beberapa keterbatasan teknis. Ukuran cacahan plastik yang dihasilkan belum seragam karena keterbatasan desain mata pisau dan daya motor wiper yang digunakan. Selain itu, proses pengepresan belum menghasilkan blok plastik yang padat akibat suhu pemanas yang belum mencapai titik leleh optimal plastik PET serta posisi pemanas yang tidak langsung mengarah ke material. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa prototipe masih berada pada tahap pengembangan awal dan memerlukan optimasi lanjutan dari sisi mekanik maupun termal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang meliputi tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem, diperoleh bahwa prototipe alat penghancur dan pengepres sampah plastik otomatis berbasis Arduino Mega 2560 dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sistem mampu melakukan proses pencacahan botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) secara otomatis menggunakan mekanisme mata pisau *shredder* yang digerakkan oleh motor wiper 24 V. Kinerja alat didukung oleh sensor *proximity* untuk mendeteksi keberadaan sampah plastik dan sensor ultrasonik untuk memantau volume sampah serta mengendalikan proses pencacahan secara otomatis. Meskipun proses pencacahan berjalan dengan baik, kinerja sistem pengepresan belum mencapai hasil yang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa plastik yang dipres belum membentuk padatan yang kompak karena proses pelunakan material masih kurang efektif. Kondisi ini dipengaruhi oleh posisi heater yang tidak berhadapan langsung dengan material plastik sehingga distribusi panas menjadi kurang maksimal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penyempurnaan pada desain mata pisau, penempatan heater, serta mekanisme pengepresan agar diperoleh hasil pemadatan yang lebih baik dan waktu proses yang lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis sensor *proximity* dan sensor ultrasonik mampu mengintegrasikan proses penghancuran dan pengepresan secara otomatis, sehingga memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan sampah plastik skala kecil yang lebih efisien dan terstruktur. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan sampah plastik skala kecil dengan menghadirkan sistem otomatis yang terintegrasi antara proses penghancuran dan pengepresan. Sistem yang dikembangkan berpotensi diterapkan pada lingkungan laboratorium, unit pendidikan, maupun skala komunitas sebagai solusi awal pengolahan sampah plastik.

REFERENSI

- [1] R. P. Mahyudin, "Issn 1978-8096," *EnviroScienteeae*, vol. 10, hlm. 80–87, 2014.
- [2] M. Nizar dkk., "Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan," *Aktivisme : Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik dan Sosial Indonesia*, vol. 2, no. 1, hlm. 154–165, 2025.
- [3] R. Napatipulu, L. Dwi Nita, P. Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. Studi Perancangan Mekanik, dan M. Program Studi Perancangan Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Kawasan Industri Air Kantung, "RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK."
- [4] E. A. Dalilah, "Dampak Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan," *Dampak Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan*, hlm. 1–5, 2021.
- [5] R. P. Mahyudin, "Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan," *EnviroScienteeae*, vol. 10, hlm. 33–40, 2014.
- [6] S. Aisyah, S. M. Ginting, E. Novita, dan K. A. Rosa, "Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk Bernilai Jual Dengan Model Trashion," *Dharma Raflesia : Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS*, vol. 12, no. 1, hlm. 44–55, 2017, doi: 10.33369/dr.v12i1.3387.
- [7] Triadi N, Martana B, dan Pradana S, "Perancangan Mesin Pencacah Plastik Tipe Shredder dan Alat Pemetong Tipe Reel," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, hlm. 144–153, 2020.
- [8] U. Khomsaha Shofwan, J. Waluyo*, dan T. Hidayat, "Analisis Perancangan Mesin Pencacah Limbah Plastik Menggunakan Pisau Crusher dan Shredder," *Jurnal Teknologi*, vol. 16, no. 1, hlm. 28–36, 2023, doi: 10.34151/jurtek.v16i1.3895.
- [9] W. J. Saragih, Asmar, M. Y. Puriza, A. A. Rachmani, dan Y. Anzari, "Economic and technical analysis of Pangkalpinang waste power plant incinerator technology," dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2024. doi: 10.1088/1755-1315/1419/1/012067.
- [10] N. P. Alifa, A. Adelia, and A. A. Mufti, "Material Flow Analysis of Plastic Waste for Circular Economy Potential: A Case Study of Wijaya Kusuma and Sidomakmur Waste Banks in Metro City," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 5, no. 10, pp. 4076–4088, 2024, doi: 10.59141/jst.v5i10.5325.

- [11] Dian Anisa Rokhmah Wati dan Agung Samudra, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik," *Steam Engineering*, vol. 4, no. 1, hlm. 9–13, 2022, doi: 10.37304/jptm.v4i1.5180.
- [12] M. P. Siahaan, "Analisis Tegangan pada Pisau Mesin Pencacah Polimer Komposit Kapasitas Skala Laboratorium," Skripsi, Universitas Medan Area, 2024.
- [13] R. Febri Indriyanto, M. Kabib, dan R. Winarso, "Rancang Bangun Sistem Pengepresan dengan Penggerak Pneumatik pada Mesin Press dan Potong untuk Pembuatan Kantong Plastik Ukuran 400 x 550 mm," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 9, no. 2, hlm. 1053–1060, 2018.
- [14] F. Restu Politeknik Negeri Batam, "Rekayasa Mesin Pemilah Dan Penghancur Sampah Otomatis Dengan Sistem Kendali Kontrol Sederhana Pada Skala Internal Politeknik Negeri Batam," 2013.
- [15] A. Prasetyo, A. Tiroy, P. Sihole, dan M. D. Khairunisa, "Implementasi Software Solidworks dalam Perancangan Produksi Lemari untuk Efisiensi Waktu Produksi," vol. 8, no. 1, hlm. 164–169, 2025.
- [16] T. Endramawan, M. Rahmi, dan J. Susandi, "Analisis Kekuatan Pembebanan Rangka Pada Perancangan Mesin Grading fish Jenis Ikan Lele Menggunakan Simulasi Solidworks," hlm. 26–27, 2020.
- [17] S. Garudswaran, S. Cho, I. Ohu, dan A. K. Panahi, "Teach and Playback Training Device for Minimally Invasive Surgery," *Minimally Invasive Surgery*, vol. 2018, no. April, 2018, doi: 10.1155/2018/4815761.
- [18] A. E. Prasetyanto dan C. P. Hadisusila, "Aplikasi Arduino dalam Teknik I/O untuk Mengintegrasikan dan Mengendalikan Perangkat Elektronik," *Nusantara of Engineering (NOE)*, vol. 6, no. 2, hlm. 96–102, 2023, doi: 10.29407/noe.v6i2.21308.
- [19] N. Kristanti, S. Samsugi, A. Surahman, R. F. Pratama, dan R. I. Adam, "Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Kotak Sampah Otomatis Menggunakan Telegram Dan Alarm Suara," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 3, no. 2, hlm. 67–78, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2347.
- [20] B. Arsada, "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, hlm. 1–8, 2017.