

**PROTOTYPE ALAT PENGHANCUR DAN PENGEPRESAN
SAMPAH PLASTIK OTOMATIS DENGAN SISTEM KENDALI
BERBASIS ARDUINO**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Muhammad Gabriel NIM: 1052220

Ronauli Hutabarat NIM: 1052226

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTYPE ALAT PENGHANCUR DAN PENGEPRESAN SAMPAH PLASTIK OTOMATIS DENGAN SISTEM KENDALI BERBASIS ARDUINO

Oleh:

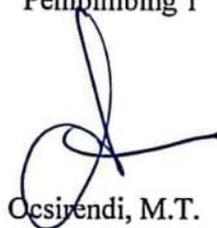
Muhammad Gabriel / 1052220

Ronauli Hutabarat / 1052226

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

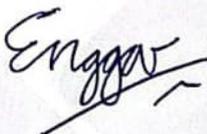
Menyetujui,

Pembimbing 1



Ocsirendi, M.T.

Pembimbing 2



Enggar Hero Istoto, S.Si., M.En.

Penguji 1



Evvin Faristasari, M.Sc.

Penguji 2



Badriyah, S.P., M.Si.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Gabriel NIM: 1052220

Nama Mahasiswa 2 : Ronauli Hutabarat NIM: 1052226

Dengan Judul : Prototype Alat Penghancur dan Pengepresan Sampah
Plastik Otomatis dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 21 Juli 2025

Nama Mahasiswa
1. Muhammad Gabriel
2. Ronauli Hutabarat

Tanda Tangan
.....
.....

ABSTRAK

Pengelolaan sampah plastik di Indonesia belum dikelola dengan baik. Masalah utama dalam pencemaran lingkungan adalah sampah plastik. Di kepulauan Bangka Belitung khususnya kota sungailiat penggunaan plastik berkembang sangat pesat, hal ini dapat dilihat dari banyaknya penggunaan peralatan yang terbuat dari plastik. Pengolahan sampah plastik yang paling sederhana adalah dengan mencacah sampah plastik yang telah ada menjadi serpihan-serpihan kecil menggunakan mesin pencacah. Sehingga alat ini dirancang untuk menghancurkan sampah plastik menggunakan mata pisau shredder, kemudian memadatkannya dalam bentuk balok/kubus menggunakan silinder dalam proses pengepresan secara otomatis yang kemudian dapat dikendalikan oleh Arduino. Hasil dari penelitian ini adalah sensor proximity dapat mendeteksi keberadaan sampah plastik dari jarak 1-5 cm, kemudian sensor ultrasonik 1 mampu mendeteksi sampah di dalam tempat pencacahan pada jarak 5-25 cm sehingga mengaktifkan motor untuk menggerakkan mata pisau shredder secara otomatis, sementara itu sensor ultrasonik 2 memantau kapasitas dalam box pengepresan dan aktif pada jarak 5-10 cm sehingga silinder akan otomatis bergerak untuk memulai pengepresan. Kondisi pada saat proses pengepresan yang telah dilakukan, pada saat dipress selama 5-10 menit hasil press belum menempel dengan padat yang dimana plastik masih mudah pecah atau tidak padat, sehingga hasil yang press sampah plastik yang didapatkan penulis masih belum maksimal.

Kata kunci: Sampah plastik, Arduino, Shredder, Silinder, Ultrasonik

ABSTRACT

Plastic waste management in Indonesia has not been managed well. The main problem in environmental pollution is plastic waste. In the Bangka Belitung islands, especially in Sungailiat city, plastic use is growing very rapidly, this can be seen from the large use of equipment made of plastic. The simplest plastic waste processing is to chop existing plastic waste into small pieces using a shredder machine. So this tool is designed to crush plastic waste using a shredder blade, then compact it in the form of blocks/cubes using a cylinder in an automatic pressing process which can then be controlled by Arduino. The results of this study are that the proximity sensor can detect the presence of plastic waste from a distance of 1-5 cm, then ultrasonic sensor 1 is able to detect waste in the shredding place at a distance of 5-25 cm so that it activates the motor to move the shredder blade automatically, while ultrasonic sensor 2 monitors the capacity in the pressing box and is active at a distance of 5-10 cm so that the cylinder will automatically move to start pressing. The conditions during the pressing process that has been carried out, when pressed for 5-10 minutes the press results have not yet adhered solidly where the plastic is still easily broken or not solid, so the results of pressing the plastic waste obtained by the author are still not optimal.

Keywords: *Plastic waste, Arduino, Shredder, Cylinder, Ultrasonic*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini yang berjudul “Prototype Alat Penghancur Dan Pengepresan Sampah Plastik Otomatis Dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino” dengan tepat pada waktunya. Tujuan dari penyusunan laporan Proyek Akhir ini sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa/i untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Kami mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama 4 tahun menjalani pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan pengalaman yang kami dapatkan selama melaksanakan Program Kerja Lapangan pada pembuatan alat dan laporan Proyek Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penulisan laporan ini serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Tuhan yang Maha Esa yang selalu mencurahkan rahmat, anugerah, dan karunia kepada penulis untuk dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Kepada orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan do'a serta dukungan selama penulis mengerjakan proyek akhir ini.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T selaku Kepala Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Aan Febriansyah, M.T selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Elektronika.
6. Bapak Ocsirendi, M.T. dan Bapak Enggar Hero Istoto, S. Si., M. Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran dalam pembuatan alat dan penyusunan laporan Proyek Akhir ini.

7. Dosen dan Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, membina dan mengantarkan penulis untuk menempuh kematangan dalam berfikir dan berperilaku.
8. Sahabat yang selalu memberikan support, serta teman-teman yang lebih berkompeten yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dan membantu dalam proses pembuatan alat dan penyusunan laporan Proyek Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang turut berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan proyek akhir ini karena keterbatasan pengetahuan dan keterampilan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca agar dapat diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut di masa mendatang. Penulis berharap artikel ini dapat memberikan manfaat dan motivasi khususnya bagi yang berminat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Sungailiat, 21 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Proyek Akhir	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1. Sampah	3
2.1.1. Sampah Plastik	3
2.2. Arduino IDE	4
2.3. Hardware	4
2.3.1. Arduino Mega 2560 R3	4
2.3.2. <i>Power Supply Switching 24V 5A</i>	6
2.3.3. Mata Pisau <i>Shredder</i>	7
2.3.4. <i>Cylinder Pneumatic Mal 25×25</i>	7
2.3.5. Sensor Ultrasonik	8
2.3.6. <i>Relay</i>	9
2.3.7. <i>Sensor Reed Switch</i>	10

2.3.8.	<i>Sensor Proximity Kapasitif</i>	10
2.3.9.	Motor Wiper 24V DC	11
2.3.10.	<i>Pneumatic Solenoid Valve Airtac 24VDC</i>	12
BAB III METODE PELAKSANAAN		14
3.1.	Metode Pengumpulan Data (Studi Literatur).....	15
3.2.	Perancangan Alat	15
3.3.	Pemesanan Komponen.....	16
3.4.	Pembuatan Alat.....	16
3.5.	Pemrograman	16
3.6.	Pengujian dan <i>Debugging</i>	17
3.7.	Pembuatan Laporan Proyek Akhir.....	17
BAB IV PEMBAHASAN.....		18
4.1.	Alat Penghancur Dan Pengepresan Sampah Plastik Otomatis Dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino.....	18
4.2.	Skematik Rangkaian <i>Hardware</i>	19
4.3.	Gambar <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat.....	20
4.4.	Pengujian Sensor <i>Proximity</i>	22
4.5.	Pengujian Sensor Ultrasonik.....	22
4.5.1.	Pengujian Sensor <i>Ultrasonik</i> 1 Didalam Tempat Sampah.....	23
4.5.2.	Pengujian Sensor <i>Ultrasonik</i> 2 Didalam box pengepresan	24
4.6.	Proses Cacahan Sampah Plastik dan Hasil Cacahan Sampah Plastik.....	25
4.7.	Kondisi Saat Pengepresan.....	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		28
5.1.	Kesimpulan	28
5.2.	Saran	28
DAFTAR PUSTAKA		30



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 R3	5
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sensor Proximity	22
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik 1	23
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik 2	24



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Sampah Plastik	3
Gambar 2.2 Arduino IDE	4
Gambar 2.3 Arduino Mega 2560 R3	5
Gambar 2.4 Power Supply Switching	6
Gambar 2.5 Mata Pisau Shredder.....	7
Gambar 2.6 Cylinder Pneumatic Mal 25x25.....	8
Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik	9
Gambar 2.8 Relay.....	9
Gambar 2.9 Sensor Reed Switch.....	10
Gambar 2.10 Sensor Proximity Kapasitif	11
Gambar 2.11 Motor Wiper 24V DC	12
Gambar 2.12 Pneumatic Solenoid Valve Airtac 24VDC.....	13
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian	14
Gambar 4.1 Gambar Alat Keseluruhan.....	18
Gambar 4.2 Skematik Rangkaian Hardware Alat.....	19
Gambar 4.3 Flowchart Cara Kerja Alat	20
Gambar 4.4 Percobaan Sensor Proximity	22
Gambar 4.5 Percobaan Sensor Ultrasonik 1	23
Gambar 4.6 Gambar Posisi Sensor Ultrasonik 2.....	24
Gambar 4.7 Gambar posisi mata pisau shredder dan sensor ultrasonik 1.....	25
Gambar 4.8 Hasil Cacahan Menggunakan Kertas	26
Gambar 4.9 Hasil Cacahan Menggunakan Plastik Jenis PET.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Gambar Desain Alat

Lampiran 3 Program Arduino



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah plastik merupakan limbah yang berasal dari barang-barang tak terpakai yang terbuat dari bahan kimia sintetis yang tidak dapat diperbarui. Jenis sampah ini termasuk salah satu yang paling sulit terurai secara alami [1]. Di Indonesia, penggunaan plastik sekali pakai sebagai bahan kemasan masih sangat tinggi, sementara sistem pengelolaannya belum optimal. 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 tidak hanya oleh manusia, tetapi juga oleh hewan dan lingkungan secara keseluruhan [2].

Seperti yang telah diketahui, limbah plastik membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai secara alami di lingkungan. Pembuangan sampah plastik yang semakin tidak terkendali dan dilakukan sembarangan telah menjadi isu lingkungan yang serius. Jika dibiarkan, akumulasi sampah ini dapat mencemari lingkungan dan menjadi sumber berbagai penyakit. Proses daur ulang plastik memungkinkan limbah tersebut diubah menjadi produk baru yang berguna. Dengan pemahaman dan kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah secara tepat, limbah yang awalnya dianggap tidak bernilai dapat diolah menjadi barang kreatif dan inovatif dengan nilai jual yang tinggi [3]. Untuk menangani sampah plastik yang semakin meningkat dapat diatasi dengan konsep 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). Pemakaian sampah plastik dengan gerakan *recycle* atau mendaur ulang menjadi barang baru yang berguna bagi lingkungan maupun *recreate* untuk mendapat barang baru.

Di wilayah Kepulauan Bangka Belitung, khususnya di Kota Sungailiat, berdasarkan dari artikel yang penulis dapatkan dari dua Tempat Pembuangan akhir (TPA) sampah yang ada di Kabupaten Bangka, paling tidak 68 ton sampah masuk setiap hari. “Untuk volume sampah yang masuk ke TPA Kenanga dalam sehari

mencapai 60-an ton dan di TPA Belinyu 8 ton perhari," kata Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bangka, Ismir Rachmaddinianto, kepada RRI.co.id, di Ruang OR Parai Tenggara Kantor Bupati Bangka, Selasa (6/8/2024)." Sumber artikel: [4]. Oleh karena itu, jika limbah plastik diproses terlebih dahulu menjadi bentuk cacahan, proses daur ulang akan menjadi lebih efisien. Selain itu, plastik yang telah dihancurkan memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan plastik dalam bentuk utuh [5].

Melihat permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah plastik, salah satu upaya penanganannya adalah dengan menghancurkan sampah plastik agar lebih mudah dalam proses pengelolaannya. Dalam proyek akhir ini, kami merancang sebuah *Prototype* Alat Penghancur dan Pengepres Sampah Plastik Otomatis yang dikendalikan melalui sistem berbasis Arduino. Target utama dari alat ini adalah limbah kemasan plastik, yang akan dicacah terlebih dahulu, kemudian langsung dipadatkan hingga membentuk balok atau kubus.

1.2. Rumusan Masalah

Hal-hal yang menjadi rumusan masalah dari permasalahan di atas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat *prototype* alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis dengan mata pisau shredder
2. Bagaimana merancang dan membuat *prototype* alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis sehingga menghasilkan bentuk balok/kubus

1.3. Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan proyek akhir yaitu :

1. Mampu merancang dan membuat *prototype* alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis dengan mata pisau shredder.
2. Mampu merancang dan membuat *prototype* alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis sehingga menghasilkan output yang berbentuk balok/kubus.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Sampah

Sampah merupakan material yang perlu dikelola dengan baik agar dapat memberikan nilai tambah serta dimanfaatkan kembali, sehingga tidak mencemari lingkungan [6]. Pada dasarnya, sampah adalah benda yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia, namun masih memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi produk yang berguna. Sumber sampah sangat beragam, mulai dari rumah tangga, sektor industri, pertanian, dan sebagainya. Berdasarkan jenisnya, sampah dapat diklasifikasikan menjadi sampah organik, anorganik, limbah berbahaya, dan limbah medis.

2.1.1. Sampah Plastik

Plastik merupakan jenis limbah yang paling sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, terutama sebagai kemasan makanan dan minuman untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penggunaan plastik yang terus berulang dapat menyebabkan akumulasi limbah plastik. Dalam proses penghancuran sampah plastik dari alat yang telah dibuat, penulis menggunakan salah satu jenis plastik, yaitu PET (Polyethylene Terephthalate), sampah plastik yang dikenal sulit terurai secara alami namun dapat didaur ulang. Contoh dari limbah plastik ini antara lain botol minum, cangkir, dan gelas [7].



Gambar 2.1 Sampah Plastik
(Sumber : fajar.co.id)

2.2. Arduino IDE

Arduino IDE (*Intergrated Development Environment*) adalah adalah software open source yang dikembangkan oleh Arduino untuk memrogram Arduino. Software ini juga digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram [8].



Gambar 2.2 Arduino IDE

(Sumber: <https://www.kmtech.id>)

Arduino IDE ini berguna sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program. bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “*sketch*” atau disebut juga source code arduino, dengan ekstensi file source code .ino

2.3. Hardware

Pada perancangan alat ini, digunakan beberapa komponen hardware sebagai berikut:

2.3.1. Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega2560. Papan ini menawarkan jumlah pin I/O yang cukup banyak, yakni 54 pin digital (dengan 15 di antaranya mendukung output PWM), 16 input analog, serta 4 port UART (komunikasi serial). Fitur lainnya meliputi kristal

osilator 16 MHz, port USB, jack adaptor daya, header ICSP, serta tombol reset. Arduino Mega dapat dijalankan menggunakan daya dari port USB maupun sumber eksternal, seperti adaptor AC-DC atau baterai, dengan sistem seleksi daya otomatis. Di bawah ini ditampilkan gambar dari Arduino Mega 2560.



Gambar 2.3 Arduino Mega 2560 R3

(Sumber: <https://digiwarestore.com>)

Arduino dengan mikrokontroler ATmega2560 dapat beroperasi menggunakan catu daya eksternal dalam rentang 6 hingga 20 Volt. Namun, jika tegangan yang diberikan kurang dari 7 Volt, maka output pada pin 5 Volt tidak akan mencapai nilai ideal, yang berisiko menyebabkan ketidakstabilan pada kinerja papan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 R3

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7 – 12 V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6 – 20 V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 pin digital (16 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
<i>Analog Input Pins</i>	16 pin

<i>DC Current per I/O Pin</i>	40mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50mA
<i>Memory Flash</i>	256 KB (8 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>)
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EPROM</i>	4 KB
<i>16 Clock Speed</i>	17 MHz

Jika sumber tegangan yang digunakan melebihi 12 Volt, regulator tegangan 7 dapat mengalami *overheat*, yang berpotensi merusak papan rangkaian. Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan tegangan dalam kisaran 7 hingga 12 Volt agar tetap aman.

2.3.2. Power Supply Switching 24V 5A

Power Supply Switching merupakan jenis catu daya yang memanfaatkan teknologi sakelar elektronik (*switching*). Umumnya, tipe catu daya ini digunakan dalam rangkaian sumber energi utama pada perangkat elektronik. Nama lain dari power supply switching adalah *SMPS (Switched Mode Power Supply)*. *SMPS* bekerja dengan menggunakan regulator switching untuk mengubah energi listrik secara lebih efisien. Adapun keunggulan utama dari *SMPS* adalah desainnya yang ringkas, ringan, serta memiliki efisiensi konversi daya yang tinggi.



Gambar 2.4 *Power Supply Switching*

Power supply switching bekerja dengan cara mengubah arus listrik AC menjadi DC, lalu mengubahnya kembali menjadi sinyal AC dengan frekuensi tinggi sebelum akhirnya dikonversi menjadi DC yang stabil.

2.3.3. Mata Pisau *Shredder*

Mata pisau *shredder* adalah komponen utama dalam mesin *shredder* yang berfungsi untuk mencacah, menghancurkan, atau mencabik berbagai jenis material seperti kertas, plastik, logam, kayu, dan limbah industri menjadi potongan kecil. Mata pisau pencacah dengan tipe *shredder*, biasanya dilakukan pada putaran yang rendah (*low speed, high torque*) [9].



Gambar 2.5 Mata Pisau *Shredder*

(Sumber : s.alicdn.com)

Sistem ini juga memungkinkan mesin bekerja secara stabil dan minim getaran, yang penting dalam pengolahan material keras maupun lunak.

2.3.4. *Cylinder Pneumatic Mal 25×25*

Cylinder pneumatic merupakan salah satu jenis aktuator atau komponen mekanis yang bekerja dengan memanfaatkan tekanan udara (udara yang telah dikompresi) untuk menghasilkan gaya. Gaya ini kemudian digunakan untuk menggerakkan piston secara linier dalam arah bolak-balik, yaitu gerakan maju dan mundur. Gerakan ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri, terutama untuk sistem otomatisasi yang membutuhkan dorongan atau tarikan dengan presisi tinggi. Silinder ini bekerja berdasarkan prinsip pneumatik, yaitu memanfaatkan

udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan mekanis, baik secara linier maupun berputar, guna mengaplikasikan tenaga kerja pada sistem [10]

- Model: Mal 25×25
- Tipe: Double Acting
- Diameter Silinder (Bore): 25 mm
- Stroke (Jarak Tempuh): 25mm
- Material: Alumunium
- Tread Rod: M10×1.25
- Port Size: 1/8 inch
- Pressure Range: 1 - 9 bar
- Proof Pressure: 13.5 bar
- Speed Range: 50 – 800mm/s



Gambar 2.6 *Cylinder Pneumatic Mal 25x25*

(Sumber : <https://hpcontrol.eu>)

2.3.5. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu objek dengan cara memanfaatkan prinsip pantulan gelombang suara. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik yaitu gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas 20.000 Hz, jauh di atas ambang pendengaran manusia. Gelombang ini dipancarkan ke arah depan, dan ketika mengenai suatu objek, gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke sensor. Selain berfungsi sebagai pengukur jarak, sensor ultrasonik juga dapat

dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya retakan serta mengidentifikasi jenis objek yang mampu memantulkan gelombang ultrasonik.

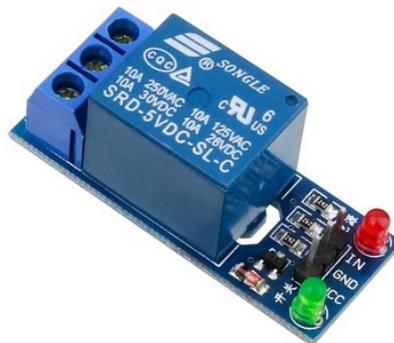


Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik

(Sumber : Blogger.googleusercontent.com)

2.3.6. Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat dikontrol secara elektrik. Komponen ini bekerja dengan cara membuka atau menutup rangkaian listrik secara otomatis ketika menerima arus kecil sebagai sinyal pemicu. Ketika sebuah relay menerima sinyal berupa arus listrik pada pin kontrolnya, maka mekanisme internalnya akan mengubah posisi kontak saklar yang ada di dalamnya. Perubahan ini dapat berupa perpindahan ke posisi terbuka (*open*) atau tertutup (*closed*), tergantung dari kondisi sinyal yang diberikan. Posisi terbuka menandakan bahwa tidak ada arus listrik yang mengalir ke relay, sedangkan posisi tertutup memungkinkan arus listrik mengalir.



Gambar 2.8 Relay

(Sumber : arduinoindonesia.id)

Modul relay menjadi sangat berguna dalam sistem otomatisasi, karena memungkinkan Arduino untuk mengontrol perangkat bertegangan tinggi seperti lampu, motor, atau pompa dengan sinyal listrik yang relatif kecil. Dengan demikian, relay berperan penting dalam menghubungkan antara sistem mikrokontroler dengan perangkat elektronik lainnya yang membutuhkan arus dan tegangan lebih besar.

2.3.7. *Sensor Reed Switch*

Sensor Reed Switch adalah sensor magnetik yang bekerja dengan prinsip saklar (*switch*) yang diaktifkan oleh medan magnet. Sensor ini terdiri dari dua strip logam ferromagnetik yang tertutup dalam tabung kaca hampa udara atau gas inert. Ketika ada magnet di dekatnya, strip logam akan bersentuhan dan menutup sirkuit, memungkinkan arus listrik mengalir. CS1-U adalah sensor *magnetic reed switch* yang dirancang khusus untuk silinder pneumatik.



Gambar 2.9 *Sensor Reed Switch*

(Sumber : image-cdn.ubut.co.id)

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi posisi piston dalam silinder pneumatik dengan memanfaatkan medan magnet yang terdapat di dalam piston.

2.3.8. *Sensor Proximity Kapasitif*

Sensor proximity kapasitif merupakan perangkat yang berfungsi mendeteksi keberadaan benda tanpa melakukan kontak langsung. Deteksi ini dilakukan dengan memanfaatkan perubahan nilai kapasitansi yang terjadi saat suatu objek berada di

dekat permukaan sensor. Sensor ini dapat mendeteksi benda konduktif (logam) maupun non-konduktif (plastik, kayu, kaca, cairan, dll.), berbeda dengan sensor induktif yang hanya mendeteksi logam. *Sensor proximity kapasitif* memiliki fungsi yang mirip dengan sensor induktif tetapi memiliki spesifikasi desain dan parameter operasi tertentu yang unik.



Gambar 2.10 *Sensor Proximity Kapasitif*

(Sumber: musbikhin.com)

Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kapasitansi untuk mendeteksi keberadaan objek berukuran kecil. Mereka mampu mengenali baik material konduktif (seperti logam) maupun non-konduktif, termasuk permukaan kasar yang belum diproses serta benda-benda yang bergerak di atas konveyor. Umumnya, sensor ini dikemas dalam bentuk silinder kecil dengan elektroda dan kabel terletak di salah satu ujungnya.

2.3.9. Motor Wiper 24V DC

Motor wiper merupakan jenis motor listrik yang menggunakan magnet permanen (*ferrite magnet*) sebagai bagian stator, sementara bagian rotornya berupa armature yang berputar saat motor bekerja. Pada bagian statornya menggunakan magnet permanen biasanya terbuat dari bahan ferrite sementara bagian rotornya berupa armature yang berputar saat dialiri arus listrik. Kombinasi antara magnet tetap dan armature ini memungkinkan motor menghasilkan torsi yang cukup untuk menggerakkan sistem wiper. Rotor dipasang pada poros yang disangga oleh dua buah bantalan bola, sehingga putaran menjadi lebih halus dan suara beroperasi pun

lebih senyap. Pada bagian ujung poros terdapat roda gigi yang berfungsi untuk menggerakkan mekanisme wiper blade [11].



Gambar 2.11 Motor Wiper 24V DC
(Sumber: indonesian.alibaba.com)

2.3.10. Pneumatic Solenoid Valve Airtac 24VDC

Solenoid valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida. Di dalamnya terdapat kumparan elektromagnetik yang berfungsi sebagai aktuator utama untuk menggerakkan piston atau plunger. Ketika arus listrik, baik AC maupun DC, dialirkan ke kumparan, medan magnet akan terbentuk dan menarik piston untuk membuka atau menutup aliran udara atau fluida. Katup *solenoid* pneumatik (*solenoid valve*) memiliki saluran masuk dan keluar. Saluran masuk berfungsi sebagai terminal untuk udara bertekanan yang berasal dari unit suplai (*service unit*) agar dapat masuk ke dalam sistem.

- Model: 4V220-08
- Tipe: *Double Coil*
- Max Pressure: 1mpa / 10 bar

- Pemakaian Standard: 0,8 mpa / 8 bar
- Suhu sampai dengan: 60 C



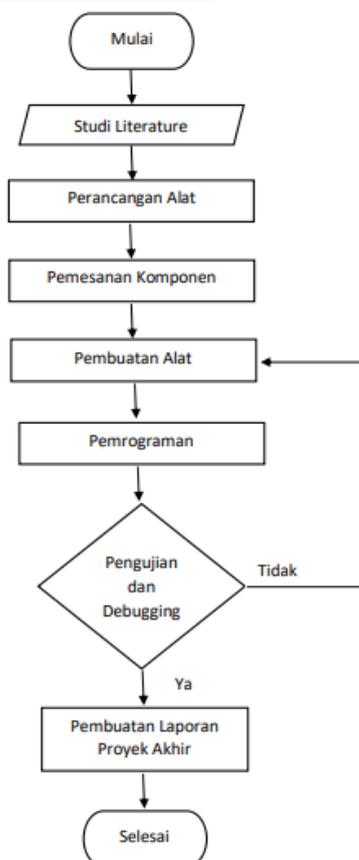
Gambar 2.12 *Pneumatic Solenoid Valve Airtac 24VDC*
(Sumber: newfuindogemilang.web.indotrading.com)

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Proyek akhir ini mengimplementasikan tahapan-tahapan sistematis dalam menghancurkan dan mengepres secara otomatis sampah plastik dengan sistem kendali Arduino. Pada proses penghancuran sampah plastik, jenis sampah plastik yang digunakan yaitu PET (*Polyethylene Terephthalate*), yang dimana jenis sampah plastik ini dikenal sulit terurai secara alami namun dapat didaur ulang. Sehingga memudahkan dalam pengelolaan sampah plastik menjadi lebih efisien.

Peneliti merancang alat dengan melakukan beberapa metode pelaksanaan dalam bentuk *flowchart* yang bertujuan untuk mempermudah proses penyelesaian proyek akhir ini. Berikut tahapan metode pelaksanaan yang dapat di lihat pada gambar *flowchart* di bawah ini:



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

Berikut merupakan uraian lebih detail dari alur diagram (*flowchart*) yang menggambarkan tahapan-tahapan yang ditempuh penulis selama penyusunan proyek akhir.

3.1. Metode Pengumpulan Data (Studi Literatur)

Tahapan dalam perancangan dan pembuatan *Prototype* Alat Penghancur dan Pengepresan Sampah Plastik Otomatis dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino ini, penulis melakukan pengumpulan data yaitu dengan metode Studi Literatur dan Data Sekunder yang dimana dilakukan dengan mengumpulkan jurnal maupun artikel dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul proyek akhir ini. Penulis mempelajari informasi dari berbagai sumber, baik dalam bentuk cetakan seperti buku dan laporan, maupun dari sumber digital yang tersedia secara online. Tujuan utama dari pengumpulan referensi ini adalah untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja alat, selain itu data-data yang dicari akan dijadikan sebagai acuan dalam melakukan proyek akhir ini.

3.2. Perancangan Alat

Adapun tahapan yang dilakukan untuk merancang alat ini adalah sebagai berikut ini :

- Melakukan perancangan alat penghancur sampah plastik dengan mendesain dan menentukan ukuran alat penghancur sesuai dengan kebutuhan, alat penghancur yang digunakan adalah mata pisau *shredder*. Pembuatan alat ini kami meminta tolong pada bengkel bubut untuk melakukan pembuatan mata pisau tersebut.
- Menentukan ukuran dan peletakan komponen pada box pengepresan dengan membuat desain 3D, Ukuran box sesuai dengan selinder yang digunakan agar selinder bisa bekerja dalam pengepresan pada sampah plastik yang sudah dihancurkan dan hasil dari pengepresan tersebut berbentuk kubus atau kotak kecil. Pengepresan ini akan dikendalikan oleh *relay*.
- Melakukan atau membuat program Arduino yang akan digunakan pada alat sebagai sistem kendali, sehingga alat bekerja secara otomatis. Pembuatan

program ini juga dilakukan untuk pengecekan sensor agar bekerja sesuai dengan diprogram.

3.3. Pemesanan Komponen

Pemesanan komponen merupakan hal penting dalam proses pembuatan proyek akhir. Proses ini dimulai dengan penyesuaian komponen yang ada dengan judul yang telah di pilih lalu dilanjutkan dengan pencarian komponen sesuai kebutuhan. Saat proses pemesanan terdapat juga tantangan yang timbul termasuk keterlambatan pengiriman, komponen yang tidak sesuai dengan pesanan bahkan merusakkan komponen dalam proses pengiriman yang dapat memperlambat atau menghentikan sementara progres proyek.

3.4. Pembuatan Alat

Alat penghancur dan pengepresan sampah plastik ini dilengkapi dengan sensor-sensor, motor servo, motor ac, silinder, selenoid dan mata pisau shredder. Alat ini dikendalikan oleh *mikrokontroler* yaitu Arduino Uno sehingga dapat bekerja secara otomatis untuk menghancurkan sampah plastik seperti botol plastik, gelas plastik, plastik belanjaan, dan sampah plastik lainnya yang berukuran kecil. Alat ini juga dapat melakukan pengepresan sampah plastik yang sudah dihancurkan dengan menggunakan silinder-silinder yang sudah di tempatkan didalam box pengepresan sehingga nantinya hasil akan berbentuk kubus atau kotak.

3.5. Pemrograman

Setelah tahap perakitan hardware sudah terpasang dengan benar, langkah berikutnya adalah melakukan pemrograman. Pemrograman merupakan tahapan paling penting untuk melihat kerja dari alat apakah berhasil atau tidak. Tujuannya adalah untuk menghubungkan dan mengendalikan komponen-komponen seperti sensor, motor, dan silinder agar bekerja sesuai fungsi yang dirancang. Pemrograman ini meliputi pemrograman Arduino menggunakan software pemrograman yang sesuai dengan tipenya.

3.6. Pengujian dan *Debugging*

Pengujian dan *debugging* merupakan tahap penting dalam proses pengembangan sistem. pengujian dilakukan beberapa kali hingga mendapatkan hasil yang sesuai. Waktu pengujian alat dilakukan selama pembuatan alat hingga selesai. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi, mengidentifikasi serta memperbaiki kesalahan (*bugs*) yang mungkin ada dan juga sebagai evaluasi terhadap kualitas alat yang telah dibuat. Proses Ini melibatkan pengujian gerak motor *wiper*, silinder, sensitivitas sensor *proximity*, serta interaksi antara arduino dan komponen elektrik lainnya.

3.7. Pembuatan Laporan Proyek Akhir

Pembuatan laporan merupakan tahap terakhir dalam pembuatan proyek akhir. Laporan ini bertujuan untuk merangkum seluruh yang berhubungan dengan proyek akhir. Dalam pembuatan laporan proyek akhir ini juga sudah di lengkapi pedoman proyek akhir untuk meminimalisir kesalahan pada saat pembuatan laporan proyek akhir, Sehingga laporan dapat terselesaikan dengan baik.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Alat Penghancur Dan Pengepresan Sampah Plastik Otomatis Dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino

Alat penghancur dan pengepresan sampah plastik ini dirancang sebagai solusi untuk mengatasi penumpukan limbah plastik dengan memanfaatkan Arduino sebagai sistem pengendali. Sistem ini bekerja dengan menggabungkan beberapa komponen utama seperti sensor proximity, sensor ultrasonik, motor wiper, solenoid valve, mata pisau shredder, mata pisaushredder dan silinder pneumatik, yang seluruhnya dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560.

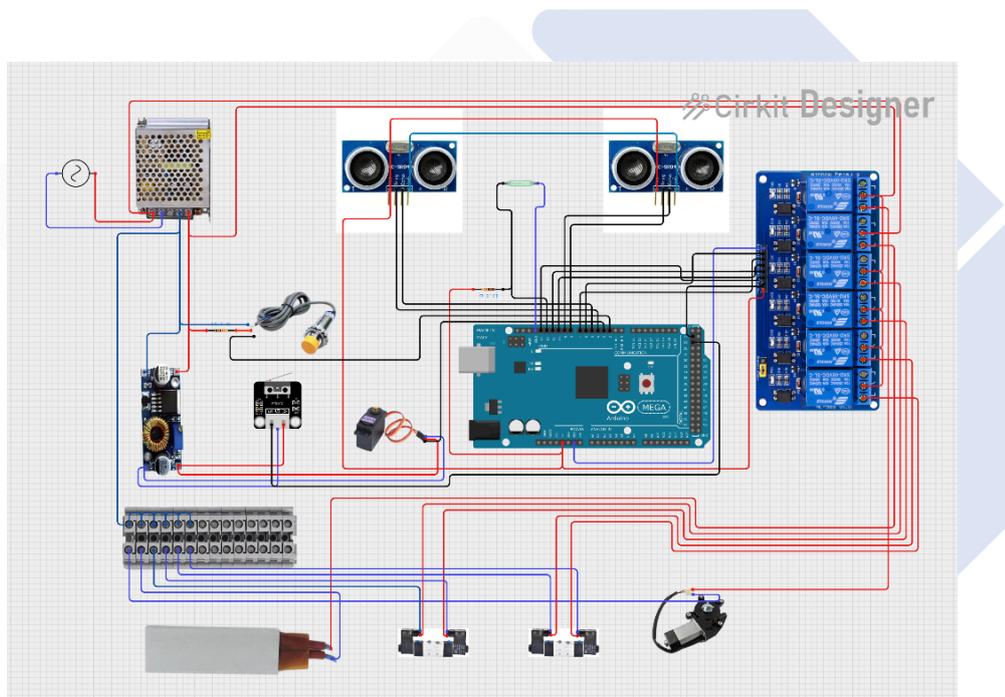
Tahap pembuatan alat ini dimulai dengan mendesain mata pisau dan keseluruhan alat, kemudian mulai melakukan perakitan konstruksi alat yaitu rangka tempat turunnya sampah plastik yang telah dihancurkan dan tempat pengepresan. Proses perakitan dilakukan berdasarkan hasil desain yang telah sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Berikut gambar hasil akhir dari alat yang telah dirakit.



Gambar 4.1 Gambar Alat Keseluruhan

4.2. Skematik Rangkaian *Hardware*

Skematik rangkaian hardware pada alat ini dirancang menggunakan *platform* Circuit Designer IDE. Platform ini dipilih karena komponennya yang lengkap dan memudahkan dalam penempatan serta pengaturan koneksi antar komponen. Perancangan skematik ini juga menjadi tahapan penting dalam memastikan sistem berjalan dengan baik sebelum dilakukannya perakitan fisik. Hubungan antara pin *input/output* Arduino Mega 2560 dengan komponen lain seperti sensor dengan komponen lainnya juga perlu diperhatikan agar menghindari kesalahan wiring saat implementasi. Berikut gambar detail rancangan skematik yang telah dibuat.

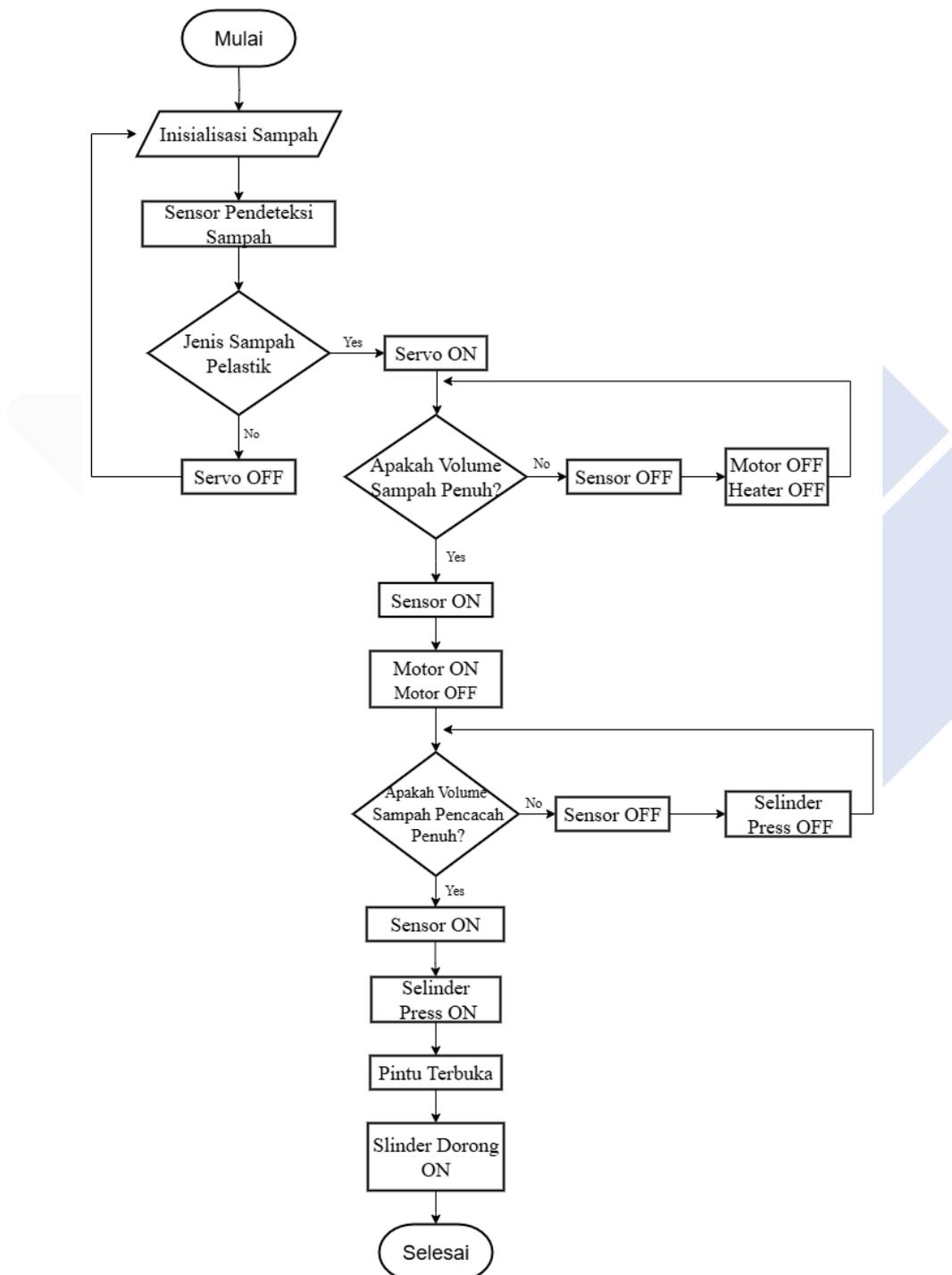


Gambar 4.2 Skematik Rangkaian *Hardware* Alat

Gambar di atas memperlihatkan pengkabelan yang dijadikan pedoman oleh penulis dalam proses perakitan sistem. Setiap komponen listrik akan dihubungkan berdasarkan posisi serta fungsinya masing-masing. Dalam proses instalasi, digunakan kabel jumper pelangi khusus Arduino dan kabel kontrol berjenis AWG 24 untuk menghubungkan rangkaian.

4.3. Gambar *Flowchart* Cara Kerja Alat

Flowchart ini menunjukkan cara kerja alat dari awal hingga akhir yang dimana dimulai dari menghancurkan sampah plastik dan langsung pengepresan secara otomatis.



Gambar 4.3 Flowchart Cara Kerja Alat

Adapun cara kerja alat dimulai dengan tahap inisialisasi, yang dimana proses memilih sampah plastik secara manual, setelah itu sensor pendeteksi sampah akan aktif ketika terdeteksi adanya sampah, sistem akan mengidentifikasi jenis sampah tersebut, khususnya untuk menentukan apakah sampah tersebut adalah plastik. Jika sampah yang terdeteksi adalah plastik maka servo akan menyala untuk membuka tutup tempat sampah, namun, jika sampah yang terdeteksi adalah bukan sampah plastik, maka servo akan tetap mati dan sistem kembali ke awal untuk menunggu input berikutnya.

Ketika servo aktif dan sampah plastik masuk, sistem akan memeriksa apakah volume tempat sampah telah penuh. Jika belum penuh, maka sensor akan tetap mati dan motor serta pemanas (heater) tidak aktif, sistem pun akan kembali ke kondisi awal. Namun, jika volume tempat sampah sudah penuh, maka sensor akan menyala dan motor akan aktif untuk memulai proses pencacahan. Setelah motor bekerja, sistem akan kembali mengecek apakah butiran sampah yang tercacah telah penuh. Jika belum, sensor dan silinder press tidak akan aktif, dan sistem kembali ke proses pencacahan.

Namun, jika telah memenuhi volume, maka sesor akan hidup dan silinder press akan aktif untuk memulai proses pengepresan sampah. Hasil dari pengepresan akan di dorong ke depan oleh selinder dorong sehingga dapat diambil secara manual. Sistem kembali ke tahap awal dan siap untuk memproses sampah berikutnya secara otomatis.

4.4. Pengujian Sensor *Proximity*

Pengujian sensor *proximity* bertujuan untuk memastikan apakah sensor dapat mendeteksi adanya sampah plastik. Sehingga tutup tempat sampah akan terbuka jika sensor aktif. Dari hasil pengujian, sensor dapat mendeteksi adanya sampah plastik dari dari jarak 1 cm hingga 5 cm, pada jarak lebih dari 10 cm sensor tidak akan mendeteksi keberadaan sampah plastik dan tutup tempat sampah tidak akan terbuka.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sensor *Proximity*

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



Gambar 4.4 Percobaan Sensor *Proximity*

4.5. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik adalah proses penting untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasinya terdapat 2 sensor ultrasonic yang akan diuji, sensor ultrasonik 1 berada didalam tempat sampah, sensor ini akan mendeteksi ketinggian sampah yang akan dihancurkan, sedangkan sensor ultrasonik 2 berada didalam box pengepresan yang akan mendeteksi

ketinggian sampah yang telah tercacahan. Pengujian sensor ultrasonik ini bertujuan untuk memastikan apakah volume sampah kapasitas maksimum.

4.5.1. Pengujian Sensor *Ultrasonik* 1 Didalam Tempat Sampah

Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketinggian sampah yang akan dihancurkan. Pada proses ini sensor berada didalam tempat sampah. Pengujian ini berguna untuk melihat berapa jarak maksimum sensor akan mendeteksi sampah plastik didalamnya.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor *Ultrasonik* 1

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



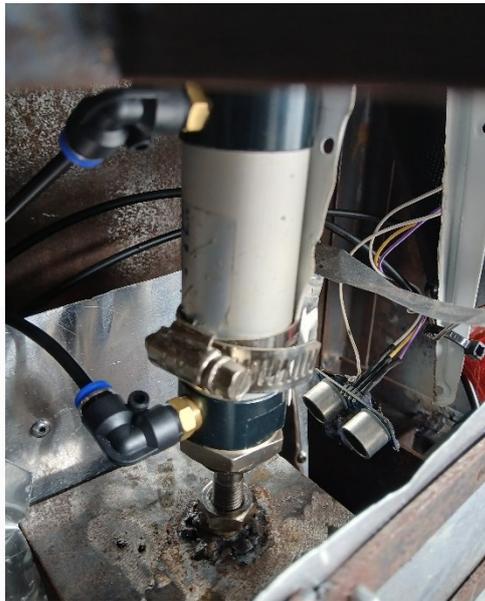
Gambar 4.5 Percobaan Sensor *Ultrasonik* 1

Dari hasil pengujian, sensor ultrasonik 1 dapat mendeteksi adanya sampah plastik di dalam tempat sampah dari jarak 5 cm hingga 25 cm sehingga mesin pencacah akan aktif dan mulai mencacah, pada jarak lebih dari 26 cm sensor tidak

akan mendeteksi keberadaan sampah plastik dan mesin pencacah berhenti mencacah.

4.5.2. Pengujian Sensor *Ultrasonik 2* Didalam box pengepresan

Sama seperti pengujian sebelumnya, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sampah hasil cacahan sudah turun atau berada pada box pengepresan sehingga silinder pengepresan akan aktif dan mulai melakukan pengepresan.



Gambar 4.6 Gambar Posisi Sensor Ultrasonik 2

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor *Ultrasonik 2*

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

Dari hasil pengujian, sensor *ultrasonik 2* akan aktif ketika mendeteksi sampah hasil cacahan dari jarak 5 cm hingga 10 cm sehingga silinder akan aktif, pada jarak

lebih dari 11 cm sensor tidak akan mendeteksi keberadaan sampah plastik dan silinder akan memulai pengepresan sampai selesai.

4.6. Proses Cacahan Sampah Plastik dan Hasil Cacahan Sampah Plastik

Proses ini dilakukan untuk mengetahui hasil cacahan sampah plastik oleh mata pisau shredder yang digerakkan dengan motor wiper secara otomatis ketika sensor ultrasonik sudah mendeteksi volume didalam tempat sampah. Berikut gambar mata pisau shredder dan posisi sensor ultrasonik 1 yang didalam tempat sampah.



Gambar 4.7 Gambar posisi mata pisau shredder dan sensor ultrasonik 1

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa posisi sensor ultrasonik berada di tutup tempat sampah yang ketika ditutup dan volume sampah telah penuh maka mata pisau akan bergerak dan mulai menghancurkan sampah plastik yang dimasukkan hingga habis.

Berikut adalah hasil dari sampah plastik yang sudah tercacah oleh mata pisau shredder yang dimana penulis melakukan 2 percobaan yaitu:

1. Menggunakan kertas terlebih dahulu untuk memastikan apakah mata pisau tajam dan kekuatan motor dapat memutar mata pisau shredder.
2. Menggunakan sampah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang dimana disini penulis memotong-motong terlebih dahulu sampah plastik dikarenakan ternyata ketika tidak dipotong plastik akan lengket dimata pisau shredder pada saat berputar.



Gambar 4.8 Hasil Cacahan Menggunakan Kertas



Gambar 4.9 Hasil Cacahan Menggunakan Plastik Jenis PET

4.7. Kondisi Saat Pengepresan

Pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa lama waktu untuk mengepres sampah plastik yang sudah dicacah, sehingga menjadi bentuk kotak/kubus yang padat.

Dari hasil pengujian, pengepresan sampah plastik yang telah dilakukan, pada saat dipres selama 5 menit, hasil press belum menempel dengan padat sehingga plastik masih mudah pecah atau tidak padat. Kemudian plastik yang dipress selama 10 menit juga masih mudah pecah atau belum menempel dengan padat, hal ini terjadi dikarenakan peletakan posisi *heater* (pemanas) yang tidak langsung menghadap sampah plastik tetapi menghadap aluminium, yang menyebabkan lamanya sampah plastik lunak, hal ini bisa terjadi karena bentuk dari box pengepresan yang ukurannya kecil dan membuat penempatan posisi heater menjadi sulit dan tidak langsung menghadap ke sampah plastik, sehingga hasil yang press sampah plastik yang didapatkan penulis masih belum maksimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada alat yang dibuat dalam proyek akhir ini dengan judul “Prototype Alat Penghancur Dan Pengepresan Sampah Plastik Otomatis Dengan Sistem Kendali Berbasis Arduino” dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan prototype alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis dengan mata pisau shredder yang digerakkan motor wiper 24v dapat berjalan dengan baik dan mampu mencacah sampah botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) secara otomatis walaupun sampah plastik harus dipotong-potong terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tempat sampah. Terdapat sensor proximity sebagai pendeteksi keberadaan sampah plastik dan sensor ultrasonik yang ketika aktif mendeteksi volume sampah dapat menghidupkan dan mematikan pergerakan mata pisau secara otomatis.
2. Perancangan dan pembuatan prototype alat penghancur dan pengepresan sampah plastik otomatis masih belum maksimal menghasilkan sampah plastik yang berbentuk kubus/balok, dikarenakan posisi heater yang tidak langsung menghadap sampah plastik sehingga membuat sampah plastik sulit lunak dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menghasilkan hasil press yang padat.

5.2. Saran

Ada beberapa aspek peningkatan yang perlu diperhatikan jika alat ini ingin dikembangkan lebih lanjut, antara lain:

1. Perlu mata pisau shredder yang benar-benar tajam untuk lebih maksimal memotong langsung utuh sampah plastik tanpa harus dipotong-potong terlebih dahulu seperti yang dilakukan penulis.

2. Perlu juga dilakukan penempatan heater yang dapat langsung menghadap sampah plastik sehingga sampah plastik dapat lebih cepat lunak dan juga pengembangan lanjutan untuk meningkatkan efisiensi waktu pengepresan serta kekuatan tekanan silinder agar hasil pengepresan lebih padat.
3. Dapat ditambahkan sensor suhu untuk memantau suhu pada heater (pemanas) sehingga proses lunaknya sampah plastik lebih maksimal.
4. Untuk pengembangan ke depan, sistem dapat dikoneksikan ke IoT untuk monitoring dan kontrol jarak jauh.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nizar *et al.*, “Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta , Indonesia,” vol. di, 2025.
- [2] E. A. Dalilah, “Dampak Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan,” *Dampak Sampah Plast. Terhadap Kesehat. dan Lingkung.*, pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <https://osf.io/preprints/kc3jf/>
- [3] S. Aisyah, S. M. Ginting, E. Novita, and K. A. Rosa, “Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk Bernilai Jual Dengan Model Trashion,” *Dharma Raflesia J. Ilm. Pengemb. dan Penerapan IPTEKS*, vol. 12, no. 1, pp. 44–55, 2017, doi: 10.33369/dr.v12i1.3387.
- [4] I. Alhamd, “Volume Sampah di Bangka 68 ton per Hari.” Accessed: Aug. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.rri.co.id/daerah/882112/volume-sampah-di-bangka-68-ton-per-hari#:~:text=%22Untuk volume sampah yang masuk,ada solusi%2C%22 ucap Hafiz.>
- [5] Dian Anisa Rokhmah Wati and Agung Samudra, “Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik,” *Steam Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–13, 2022, doi: 10.37304/jptm.v4i1.5180.
- [6] R. . Mahyudin, “Issn 1978-8096,” *EnviroScienteeae*, vol. 10, pp. 80–87, 2014.
- [7] U. Khomsaha Shofwan, J. Waluyo*, and T. Hidayat, “Analisis Perancangan Mesin Pencacah Limbah Plastik Menggunakan Pisau Crusher dan Shredder,” *J. Teknol.*, vol. 16, no. 1, pp. 28–36, 2023, doi: 10.34151/jurtek.v16i1.3895.
- [8] S. Garudewaran, S. Cho, I. Ohu, and A. K. Panahi, “Teach and Playback Training Device for Minimally Invasive Surgery,” *Minim. Invasive Surg.*, vol. 2018, no. April, 2018, doi: 10.1155/2018/4815761.
- [9] A. Tegangan, P. Pisau, M. Pencacah, and M. P. Siahaan, “SKRIPSI OLEH : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN SKRIPSI Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh : MICHAEL PRAYOGO

SIAHAAN,” 2024.

- [10] R. F. Indriyanto, “PNEUMATIK PADA MESIN PRESS DAN POTONG UNTUK PEMBUATAN KANTONG PLASTIK UKURAN 400 X 550 MM,” vol. 9, no. 2, pp. 1053–1060, 2018.
- [11] D. N. Setyono, “SISTEM WIPER DAN WASHER NISSAN SERENA Disusun,” pp. 1–46, 2011.





LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Muhammad Gabriel
Tempat & Tanggal Lahir : Muntok, 15 Agustus 2004
Alamat Rumah : Kp. Menjelang Baru, Muntok,
Bangka Barat
Telp: -
No.HP : 081271080249
Email : abemgabriel1504@gmail.com



Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

2. Riwayat Pendidikan

SD Tunas Harapan	2010 - 2016
SMP N 2 Muntok	2016 - 2019
SMK N 1 Muntok	2019 - 2022

3. Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 21 Juli 2025

Muhammad Gabriel

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Ronauli Hutabarat
Tempat & Tanggal Lahir : Jambi, 24 September 2004
Alamat Rumah : Jl. Dwi Kwan Yin, Jelitik Sungailiat
Telp: -
No.HP : 083891968490
Email : hutabaratronauli354@gmail.com
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Kristen Protestan



2. Riwayat Pendidikan

SDN 216	2010 - 2016
SMP Swasta Santo Paulus	2016 - 2019
SMK Yapensu Sungailiat	2019 - 2022

3. Pendidikan Non Formal

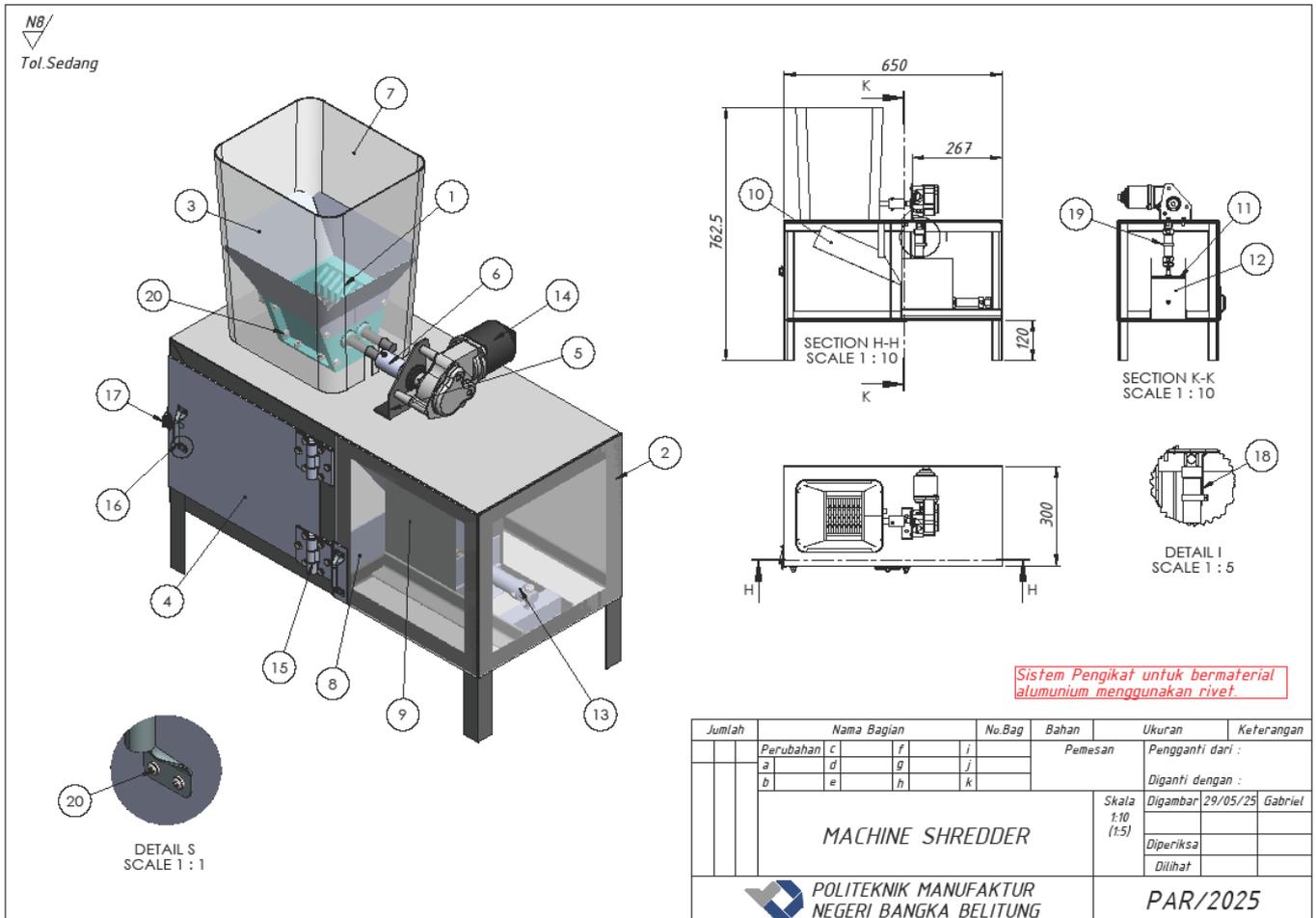
-

Sungailiat, 21 Juli 2025

Ronauli Hutabarat

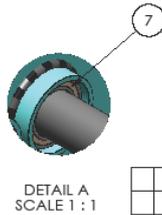
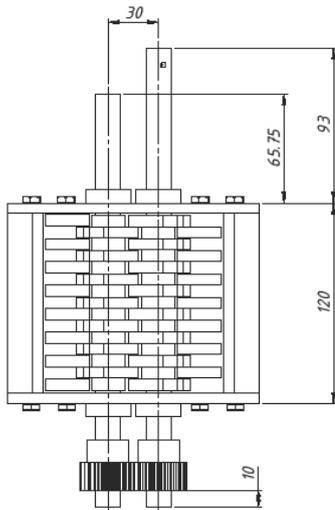
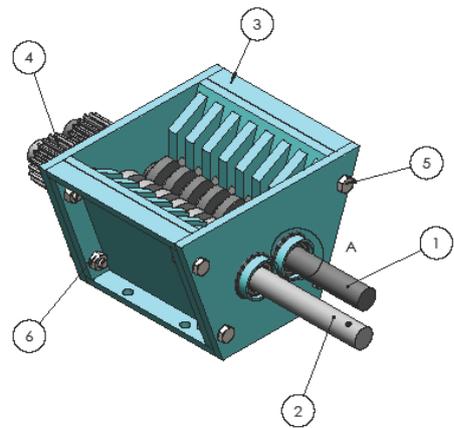
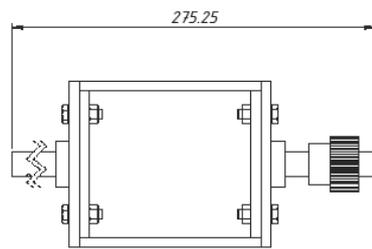
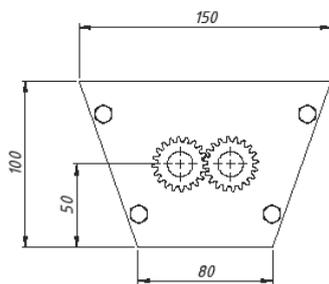
LAMPIRAN 2

DESAIN ALAT



		6	Baut M2	21	-	-	Standart			
		27	Baut & Mur M6x20	20	-	-	Standart			
		1	Clamp	19	-	-	Standart			
		1	Siku L 60x80	18	-	-	Standart			
		1	Clamp Key	17	-	-	Standart			
		2	Handle Pintu	16	-	-	Standart			
		2	Engsel Pintu	15	-	-	Standart			
		1	Motor DC Wiper 24Volt	14	-	-	Standart			
		2	Pneumatic MAL 25x25	13	-	-	Standart			
		1	Plate Pendorong	12	SS 400	123x100x2.5	Fabricated			
		1	Plate Penekan	11	SS 400	100x95x2.5	Fabricated			
		1	Corong 2	10	Al.	363x188x0.5	Fabricated			
		2	Plate for heat treatment	9	Al.	182x150x0.5	Fabricated			
		1	Plate Sekat	8	SS 400	302.5x100x2.5	Fabricated			
		1	Box	7	Plastic	340x216x176	Fabricated			
		1	Bushing Coupling	6	SS 400	30x48	Fabricated			
		1	Dudukan Motor	5	SS 400	110x95.5x33	Fabricated			
		1	Plate Pintu	4	SS 400	319.5x240x2.5	Fabricated			
		1	Corong 1	3	Al.	245x110x198	Fabricated			
		1	Rangka	2	SS 400	650x300x420	Fabricated			
		1	ASSY Crusher	1	SS 400	275.25x150x100	Fabricated			
	Jumlah	Nama Bagian			No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan		
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	Pengganti dari :			
		a	d	g	j		Diganti dengan :			
		b	e	h	k		Skala	Digambar	29/05/25	Gabriel
SHREDDER MACHINE								Diperiksa		
								Dilihat		
							 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG			

N6/
1
Tol. Sedang



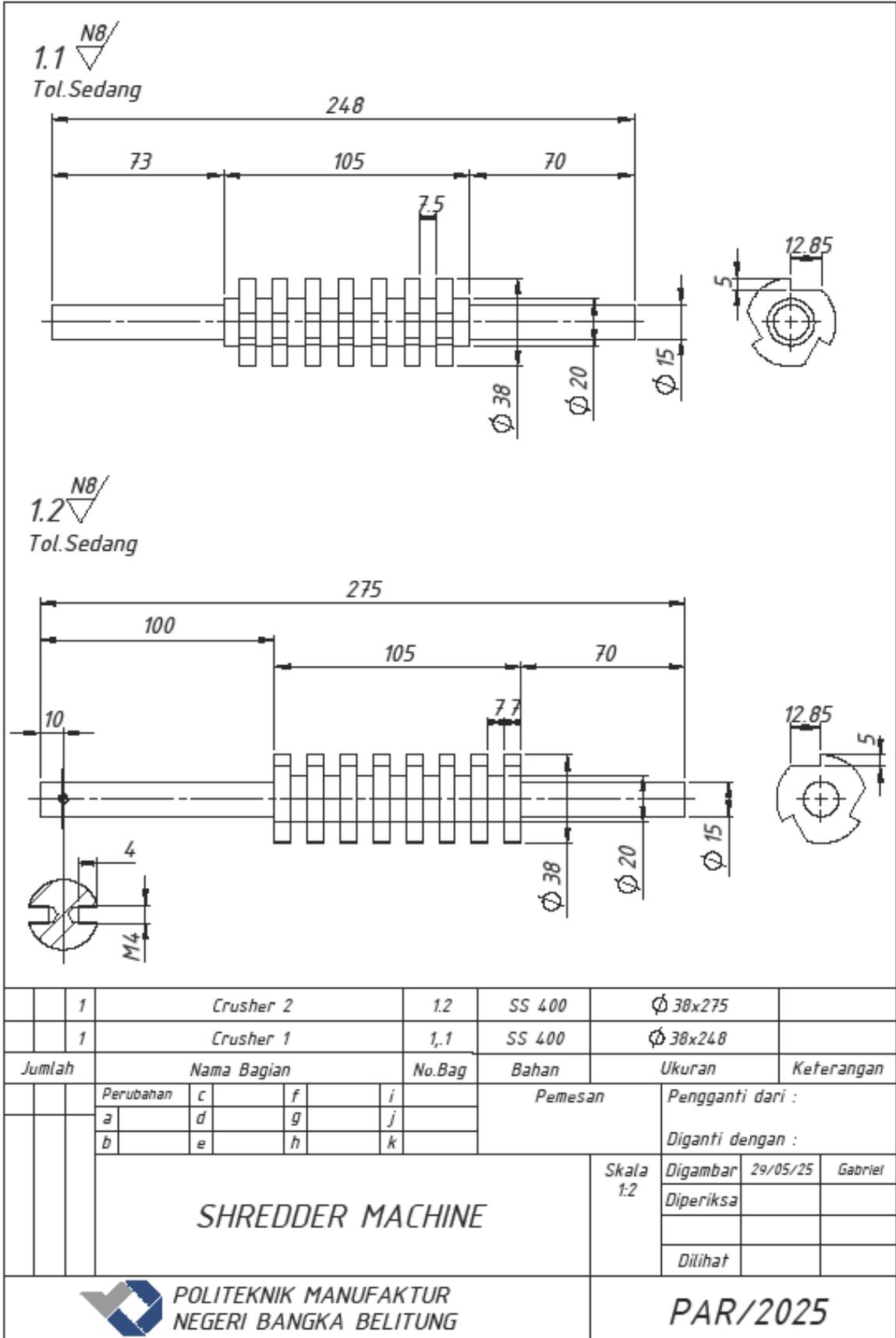
	4	Bearing	1.7	Standart	6802 ZZ	
	4	Nut M6	1.6	Standart	M6	
	4	Bolt M6	1.5	Standart	M6x20	
	2	Spure Gear	1.4	Standart	Module 1,5 Teeth 20	
	1	House Crusher	1.3	SS400	150x100	
	1	crusher 2	1.2	SS400	∅ 38x275	
	1	crusher 1	1.1	SS400	∅ 38x248	
	1	ASSY Crusher	1	SS400	275.25x150x100	

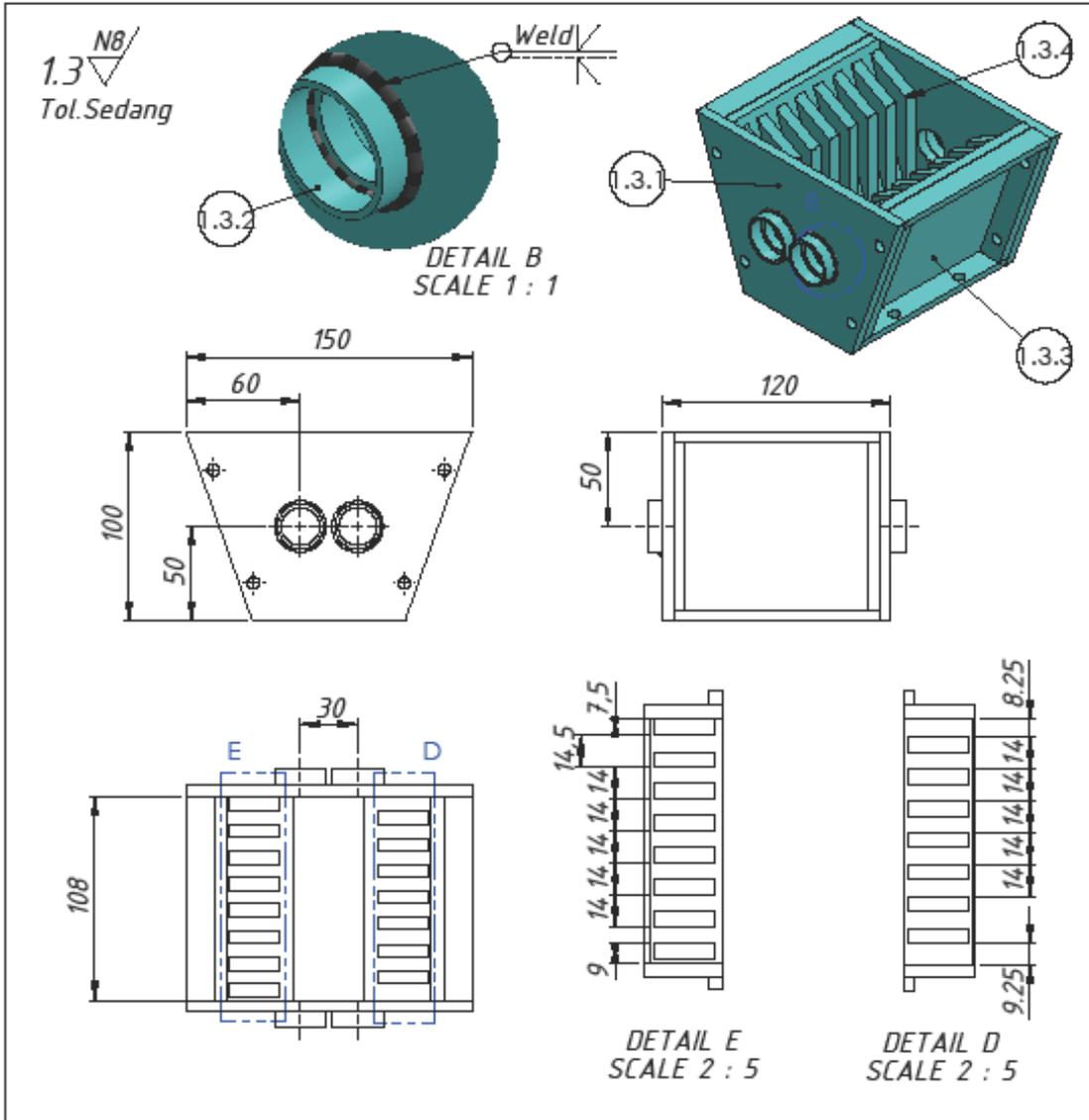
Jumlah	Perubahan	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
	a	c	f	i	Pemesan	
	b	d	g	j	Pengganti dari :	
		e	h	k	Digambar 29/05/25 Gabriel	
					Skala 1:2	Diperiksa
						Dilihat

MACHINE SHREDDER

POLITEKNIK MANUFATUR
NEGERI BANGKA BELITUNG

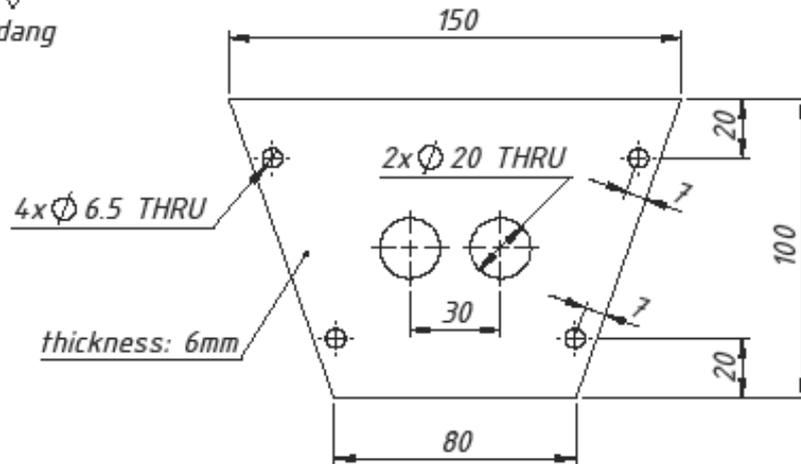
PAR/2025



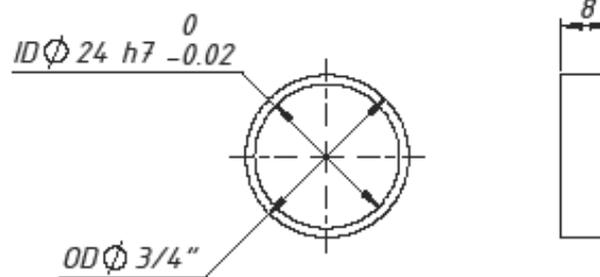


	15	Plate Support Hooper	1.3.4	SS 400	74,5x26x6	
	2	Box RH/LH Side	1.3.3	SS 400	108x100	
	4	Pipe 3/4"	1.3.2	Standart	3/4" x 8	
	2	Box FR/BK Side	1.3.1	SS 400	150x100x6	
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan
	Perubahan	c	f	i	Pemesan	Pengganti dari :
	a	d	g	j		Diganti dengan :
	b	e	h	k		
SHREDDER MACHINE					Skala 1:2	Digambar 29/05/25 Gabriel
						Diperiksa
						Dilihat
 POLITEKNIK MANUFATUR NEGERI BANGKA BELITUNG					PAR/2025	

1.3.1 ∇ N8/
Tol.Sedang



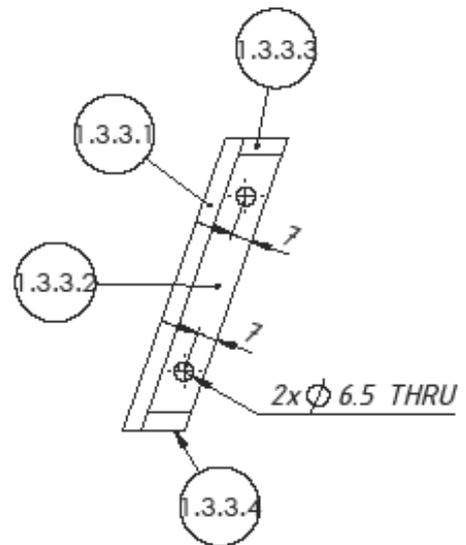
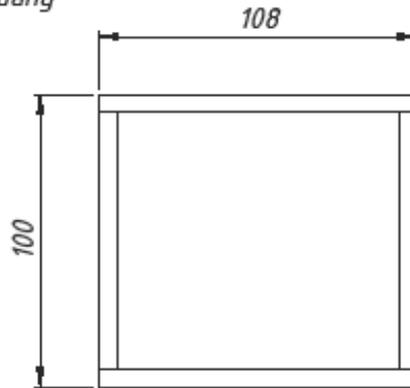
1.3.2 ∇ N7/
Tol.Sedang



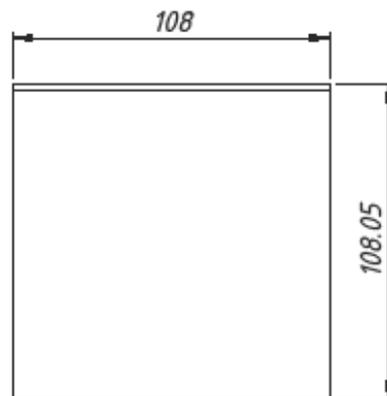
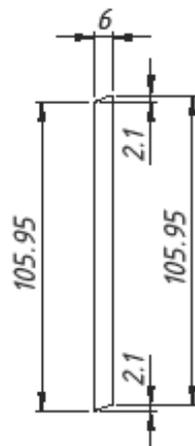
Note ; Outer diameter pipa tetap, yang dilakukan fabrikasi pada inner diameter dengan toleransi sesak.

	1	Pipe 3/4"	1.3.2	Standart	3/4" x 8		
	2	Box Fr/Bk Side	1.3.1	SS 400	150x100x6		
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	
		a	d	g	j		
		b	e	h	k		
SHREDDER MACHINE				Skala	Pengganti dari :		
				1:2	Digambar	29/05/25	Gabriel
				1:1	Diperiksa		
					Dilihat		
 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG				PAR/2025			

1.3.3 ^{N8/}
Tol.Sedang



1.3.3.1 ^{N8/}
Tol.Sedang



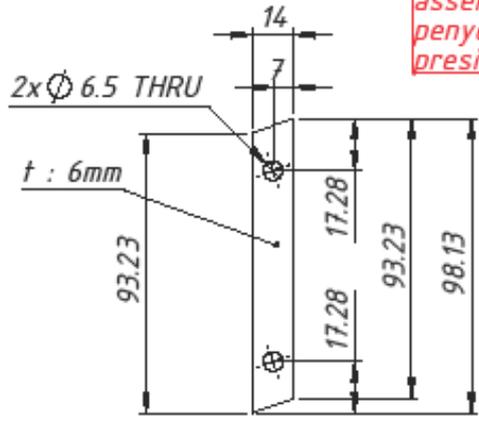
	2	Plate 1 Fr/Lh side	1.3.3.1	SS 400	108x108x6			
	2	Box Fr/Lh Side	1.3.3	SS 400	108x100			
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan		
		Perubahan	c	f	i	Pemesan		
		a	d	g	j			
		b	e	h	k			
		SHREDDER MACHINE			Skala 1:2	Pengganti dari :		
						Diganti dengan :		
						Digambar	29/05/25	Gabriel
						Diperiksa		
				Dilihat				



POLITEKNIK MANUFAKTUR
NEGERI BANGKA BELITUNG

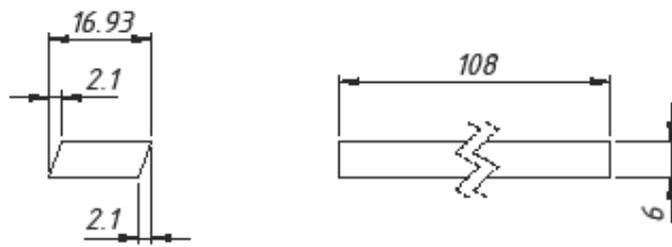
PAR/2025

1.3.3.2 ^{N8/}
Tol.Sedang



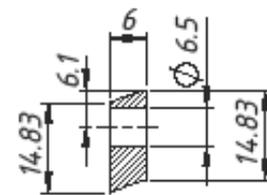
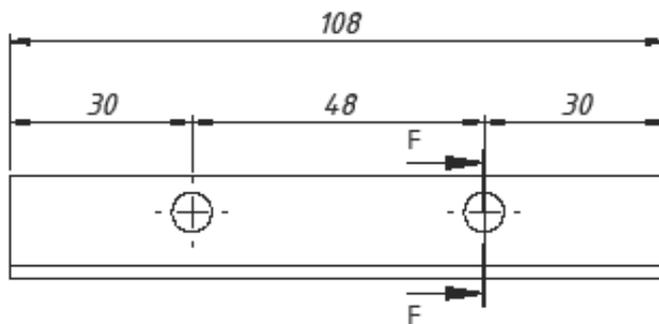
Recommendation : Proses pengeboran dilakukan saat assembly Box sebagai penyesuaian lubang bor agar presisi.

1.3.3.3 ^{N8/}
Tol.Sedang



	4	Plate 3 Fr/Lh side	1.3.3.3	SS 400	108x17x6		
	4	Plate 2 Fr/Lh Side	1.3.3.2	SS 400	98x14x6		
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	
		a	d	g	j		
		b	e	h	k		
SHREDDER MACHINE				Skala 1:2 1:1	Pengganti dari :		
					Diganti dengan :		
					Digambar	29/05/25	Gabriel
					Diperiksa		
				Dilihat			

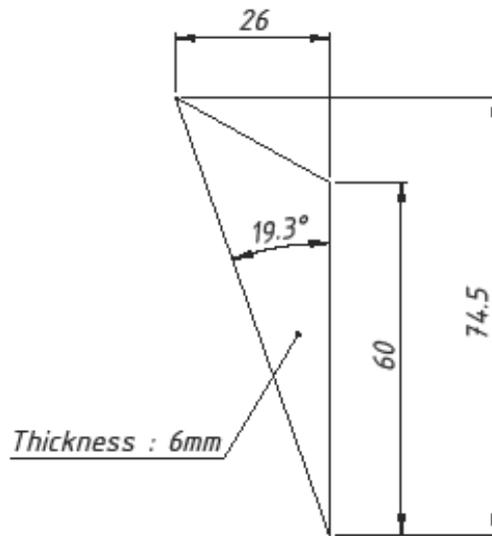
1.3.3.4 ^{N8/}
 Tol. Sedang



SECTION F-F
 SCALE 1 : 1

	2	Plate 2 Bottom Side			3.3.2	SS 400	108x15		
Jumlah		Nama Bagian			No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	Pengganti dari :		
		a	d	g	j		Diganti dengan :		
		b	e	h	k				
SHREDDER MACHINE						Skala 1:2 1:1	Digambar	29/05/25	Gabriel
							Diperiksa		
							Dilihat		
 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG						PAR/2025			

1.3.4 $\frac{N8}{\nabla}$
Tol.Sedang



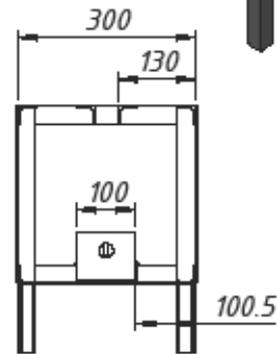
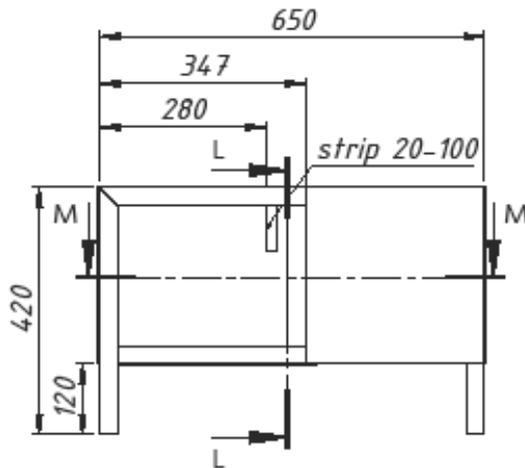
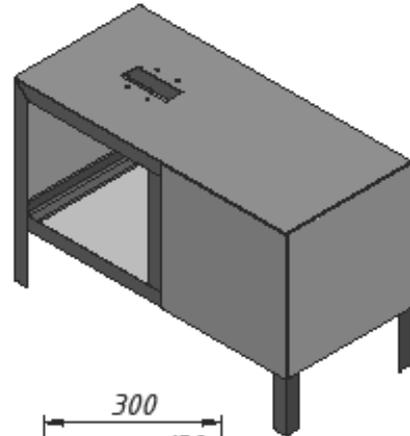
1.4 $\frac{N8}{\nabla}$
Tol.Sedang



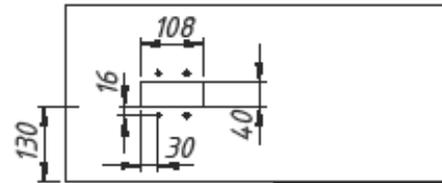
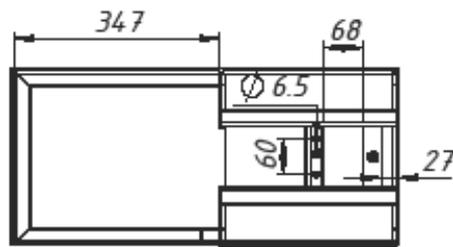
Note : (Produk standart) Hanya melakukan pembesaran inner diameter

	2	Spure Gear			4	Standart	Module 1,5 teefh 20		
	15	Plate Support Hooper			3.4	SS 400	74,5x26x6		
Jumlah		Nama Bagian			No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	Pengganti dari :		
		a	d	g	j		Diganti dengan :		
		b	e	h	k				
SHREDDER MACHINE						Skala 1:2	Digambar	29/05/25	Gabriel
							Diperiksa		
							Dilihat		
 POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG						PAR/2025			

N8/
2
Tol. Sedang



SECTION L-L
SCALE 1 : 10



SECTION M-M
SCALE 1 : 10

Frame menggunakan material profil siku 30x30

Penutup sisi depan, samping, atas, belakang, bawah menggunakan plate dengan tebal 2.5mm

1	Frame	2	SS 400	650x300x420		
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
	Perubahan	c	f	i	Pemesan	
	a	d	g	j		
	b	e	h	k		
SHREDDER MACHINE				Skala 1:10	Pengganti dari :	
					Diganti dengan :	
					Digambar 29/06/25	Gabriel
					Diperiksa	
				Dilihat		
 POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG				PAR/2025		

3 ∇ N8/
Tol.Sedang

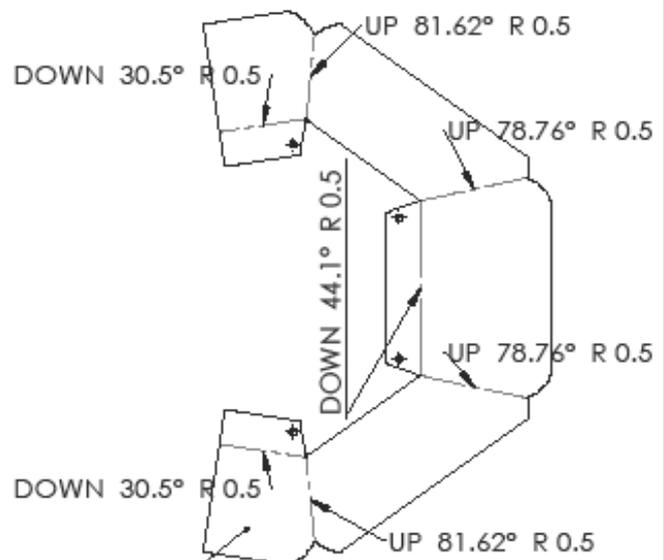
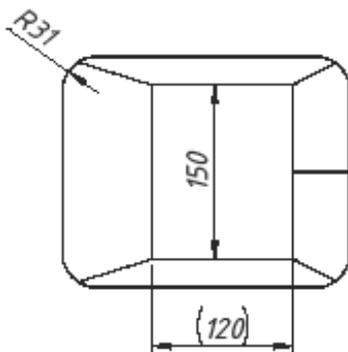
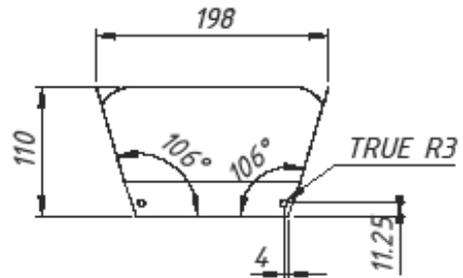
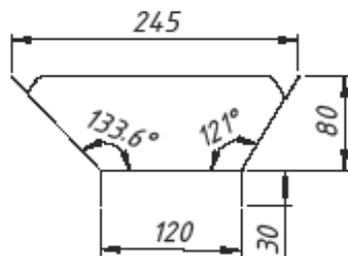


Plate alumunium t:0.5mm

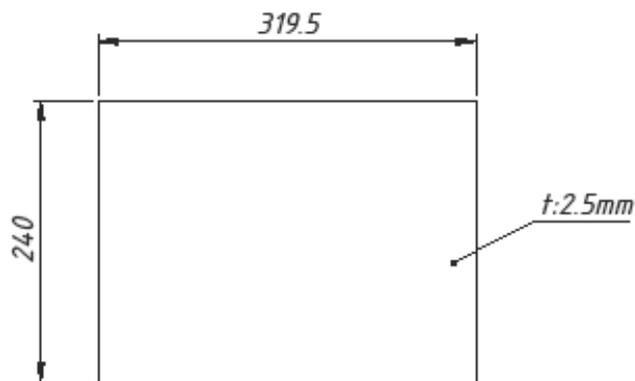
Flat Pattern

1	Corong 1				3	Al	245x110x198			
Jumlah	Nama Bagian				No.Bag	Bahan	Ukuran		Keferangan	
	Perubahan	c	f	i	Pemesan			Pengganti dari :		
	a	d	g	j				Diganti dengan :		
	b	e	h	k						
SHREDDER MACHINE							Skala 1:5	Digambar	29/06/25	Gabriel
								Diperiksa		
								Dilihat		

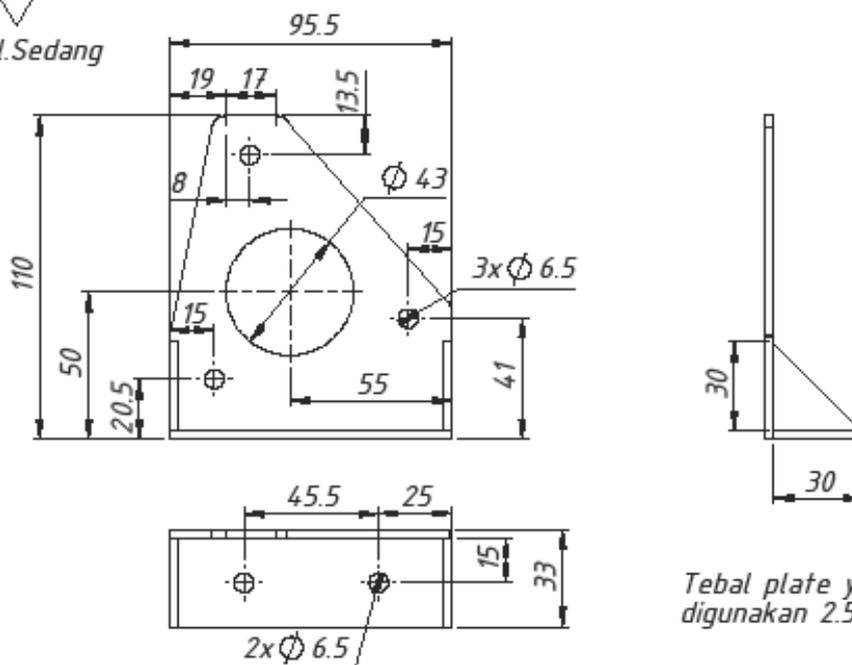
 POLITEKNIK MANUFAKTUR
NEGERI BANGKA BELITUNG

PAR/2025

4 ∇ N8/
Tol.Sedang

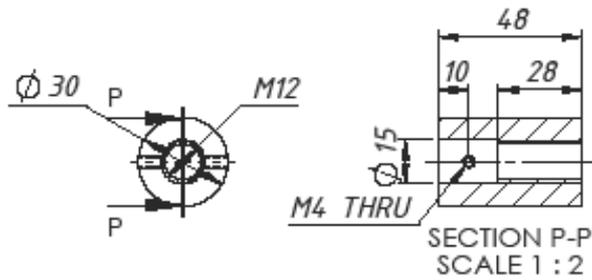


5 ∇ N8/
Tol.Sedang

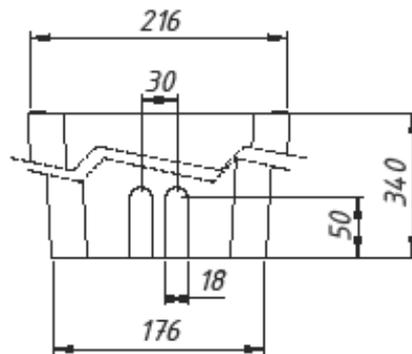


	1	Dudukan Motor	5	SS400	110x95.5x33		
	1	Plate pintu	4	Al	319.5x240x2.5		
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	
		a	d	g	j		
		b	e	h	k		
SHREDDER MACHINE				Skala 1:5	Pengganti dari :		
					Diganti dengan :		
					Digambar	29/06/25	Gabriel
					Diperiksa		
		Dilihat					
 POLITEKNIK MANUFATUR NEGERI BANGKA BELITUNG				PAR/2025			

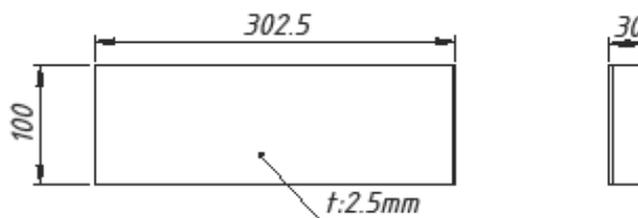
6 ∇ N8/
Tol.Sedang



7 ∇ N8/
Tol.Sedang

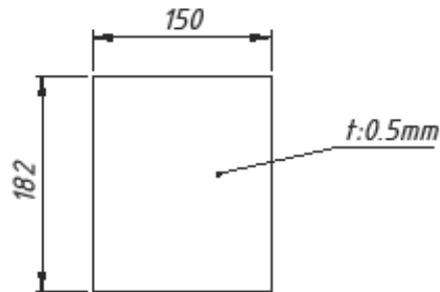


8 ∇ N8/
Tol.Sedang

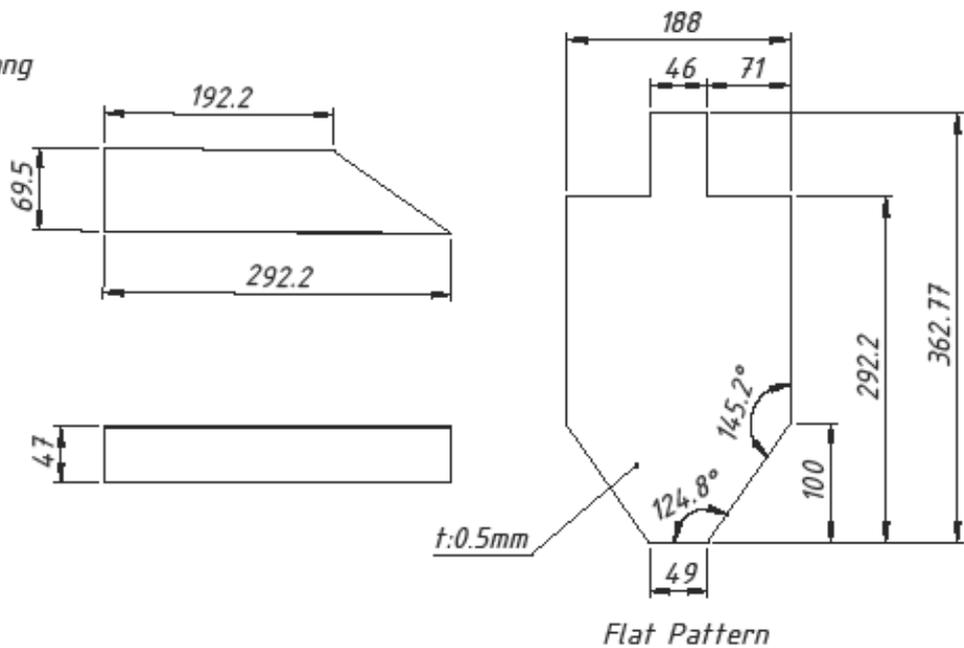


	1	Plate Sekat	8	SS400	302.5x100x2.5			
	1	Box	7	Plastic	340x216x176			
	1	Bushing Coupling	6	SS400	30x48			
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
		Perubahan	c	f	i	Pemesan		
		a	d	g	j			
		b	e	h	k			
		SHREDDER MACHINE			Skala	Digambar	29/06/25	Gabriel
					1:5	Diperiksa		
					(1:2)	Dilihat		
 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG					PAR/2025			

9 ∇ N8/
Tol.Sedang

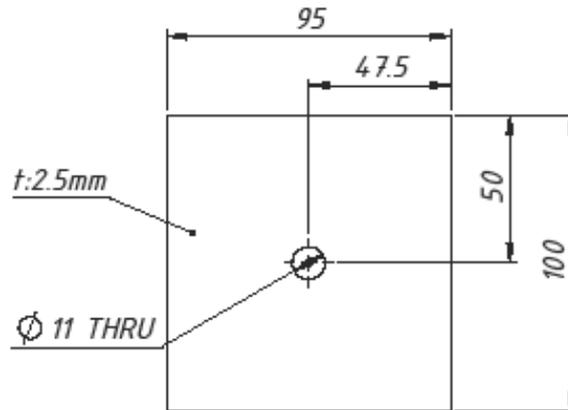


10 ∇ N8/
Tol.Sedang

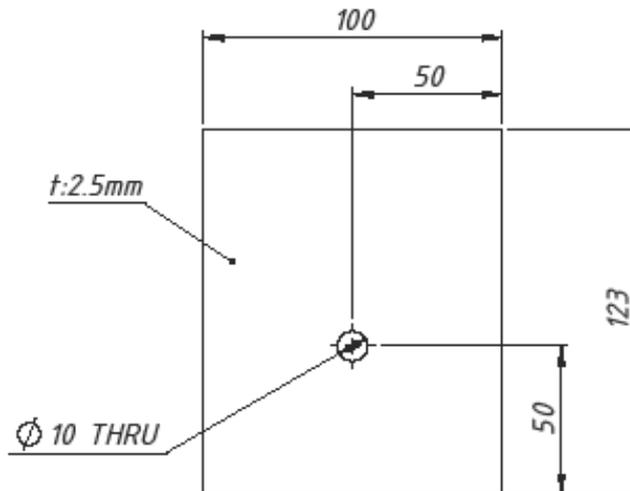


	1	corong 2			10	Al.	363x188x0.5		
	2	Plate For Heat Treatment			9	Al.	182x150x0.5		
Jumlah		Nama Bagian			No.Bag	Bahan	Ukuran	Keferangan	
		Perubahan	c	f	i	Pemesan	Pengganti dari :		
		a	d	g	j		Diganti dengan :		
		b	e	h	k				
		SHREDDER MACHINE				Skala 1:5	Digambar	29/06/25	Gabriel
						Diperiksa			
						Dilihat			
 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG						PAR/2025			

11 $\frac{N8}{\nabla}$
Tol.Sedang



12 $\frac{N8}{\nabla}$
Tol.Sedang



	1	Plate pendorong	12	SS400	123x100x2.5			
	1	Plate penekan	11	SS400	100x95x2.5			
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
		Perubahan	c	f	i	Pemesan		
		a	d	g	j			
		b	e	h	k			
		SHREDDER MACHINE			Skala 1:2	Pengganti dari :		
						Diganti dengan :		
						Digambar	29/06/25	Gabriel
						Diperiksa		
					Dilihat			
 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG					PAR/2025			

LAMPIRAN 3

PROGRAM ARDUINO

```
#include <Servo.h>

// === Proximity IR + Servo ===

#define PROX_PIN 32

#define SERVO_PIN 30

// === Ultrasonik 1 (Relay Motor + Relay Heter ) ===

#define TRIG_PIN 4

#define ECHO_PIN 5

#define RELAY_MOTOR_PIN 6

#define RELAY_HETER_PIN 7

// === Ultrasonik 2 (Relay1 & Relay2) ===

#define TRIG2_PIN 8

#define ECHO2_PIN 9

#define RELAY1_SOLENOID1_A_PIN 10

#define RELAY2_SOLENOID1_B_PIN 11
```

```
// === Limit Switch ===

#define LIMIT_SWITCH_PIN 22

#define RELAY3_SOLENOID2_A_PIN 12

#define RELAY4_SOLENOID2_B_PIN 13

// === Parameter ===

#define JARAK_NYALA 5

#define JARAK_MATI 25

#define MAX_SAMPLING 2

#define BATAS_JARAK 10 // untuk ultrasonik 2

// === Variabel Global ===

Servo myServo;

int onCounter = 0;

int offCounter = 0;

bool relayStatus = false;

void setup() {

// === Servo & Proximity ===

pinMode(PROX_PIN, INPUT);

myServo.attach(SERVO_PIN);

myServo.write(0);
```

```
// === Ultrasonik 1 ===  
  
pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);  
  
pinMode(ECHO_PIN, INPUT);  
  
pinMode(RELAY_HETER_PIN, OUTPUT);  
  
pinMode(RELAY_MOTOR_PIN, OUTPUT);  
  
digitalWrite(RELAY_HETER_PIN, LOW);  
digitalWrite(RELAY_MOTOR_PIN, LOW);  
  
// === Ultrasonik 2 ===  
  
pinMode(TRIG2_PIN, OUTPUT);  
  
pinMode(ECHO2_PIN, INPUT);  
  
pinMode(RELAY1_SOLENOID1_A_PIN, OUTPUT);  
pinMode(RELAY2_SOLENOID1_B_PIN, OUTPUT);  
digitalWrite(RELAY1_SOLENOID1_A_PIN, LOW);  
digitalWrite(RELAY2_SOLENOID1_B_PIN, LOW);  
  
// === Limit Switch ===  
  
pinMode(LIMIT_SWITCH_PIN, INPUT_PULLUP);  
  
pinMode(RELAY3_SOLENOID2_A_PIN, OUTPUT);  
pinMode(RELAY4_SOLENOID2_B_PIN, OUTPUT);  
digitalWrite(RELAY3_SOLENOID2_A_PIN, LOW);
```

```
digitalWrite(RELAY4_SOLENOID2_B_PIN, LOW);

Serial.begin(9600);

}

void loop() {

    kontrolServoBerdasarkanSensor();

    kontrolRelayBerdasarkanUltrasonik1();

    kontrolRelayBerdasarkanUltrasonik2();

    kontrolRelayBerdasarkanLimitSwitch();

    delay(100);

}

// === Fungsi Servo dari Sensor Proximity ===
void kontrolServoBerdasarkanSensor() {

    int status = digitalRead(PROX_PIN);

    if (status == HIGH) {

        Serial.println("Proximity: Objek TERDETEKSI!");

        myServo.write(0); // Tutup

    } else {

        Serial.println("Proximity: Tidak ada objek.");

        myServo.write(90); // Buka

        delay(3000);

    }

}
```

```

    myServo.write(0); // Tutup kembali
  }
}

// === Fungsi Ultrasonik 1 ===

float bacaJarakUltrasonik1() {
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 30000);
  if (duration == 0) return -1;
  return duration * 0.034 / 2;
}

void kontrolRelayBerdasarkanUltrasonik1() {
  float jarak = bacaJarakUltrasonik1();
  if (jarak == -1) {
    Serial.println("Ultrasonik 1: Tidak membaca.");
    return;
  }
}

```

```
Serial.print("Ultrasonik 1: ");  
  
Serial.print(jarak);  
  
Serial.println(" cm");  
  
if (jarak < JARAK_NYALA) {  
    onCounter++;  
    offCounter = 0;  
} else if (jarak > JARAK_MATI) {  
    offCounter++;  
    onCounter = 0;  
} else {  
    onCounter = 0;  
    offCounter = 0;  
}  
  
if (onCounter >= MAX_SAMPLING && !relayStatus) {  
    digitalWrite(RELAY_HETER_PIN, HIGH);  
    digitalWrite(RELAY_MOTOR_PIN, HIGH);  
    relayStatus = true;  
    Serial.println("Relay Motor & Utama ON");  
}
```

```

if (offCounter >= MAX_SAMPLING && relayStatus) {

    digitalWrite(RELAY_HETER_PIN, LOW);

    digitalWrite(RELAY_MOTOR_PIN, LOW);

    relayStatus = false;

    Serial.println("Relay Motor & Utama OFF");

}

}

// === Fungsi Ultrasonik 2 ===
float bacaJarakUltrasonik2() {

    digitalWrite(TRIG2_PIN, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(TRIG2_PIN, HIGH);

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(TRIG2_PIN, LOW);

    long duration = pulseIn(ECHO2_PIN, HIGH, 30000);

    if (duration == 0) return -1;

    return duration * 0.034 / 2;

}

void kontrolRelayBerdasarkanUltrasonik2() {

    float jarak = bacaJarakUltrasonik2();

```

```

if (jarak == -1) {
    Serial.println("Ultrasonik 2: Tidak membaca.");
    return;
}

Serial.print("Ultrasonik 2: ");

Serial.print(jarak);

Serial.println(" cm");

if (jarak < BATAS_JARAK) {
    digitalWrite(RELAY1_SOLENOID1_A_PIN, HIGH);
    digitalWrite(RELAY2_SOLENOID1_B_PIN, LOW);
    Serial.println("Objek < 10cm → Relay1 ON, Relay2 OFF");
} else {
    digitalWrite(RELAY1_SOLENOID1_A_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY2_SOLENOID1_B_PIN, HIGH);
    Serial.println("Objek >= 10cm → Relay1 OFF, Relay2 ON");
}
}

// === Fungsi Limit Switch ===

void kontrolRelayBerdasarkanLimitSwitch() {
    int status = digitalRead(LIMIT_SWITCH_PIN);

```

```
if (status == LOW) {  
    digitalWrite(RELAY3_SOLENOID2_A_PIN, HIGH);  
    digitalWrite(RELAY4_SOLENOID2_B_PIN, LOW);  
    Serial.println("Limit Switch DITEKAN → Solenoid2_A ON, B OFF");  
} else {  
    digitalWrite(RELAY3_SOLENOID2_A_PIN, LOW);  
    digitalWrite(RELAY4_SOLENOID2_B_PIN, HIGH);  
    Serial.println("Limit Switch TIDAK ditekan → Solenoid2_A OFF, B ON");  
}  
}
```

