

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN MESIN *HOT PRESS* SISTEM HIDROLIK UNTUK  
DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK**



OLEH :

**RUDI ALFAYUTON**

**18.331.0835**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2024**

Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## KATA PENGANTAR



**Assalamualaikum, Wr. Wb.**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini. Adapun tujuan penulisan Skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan guna mencapai Skripsi di Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dibalik keberhasilan penulias dalam menyusun Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan Skripsi ini khususnya kepada :

1. Kedua Orang tua tercinta yakni Bapak dan Ibu yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis, baik dukungan secara moril maupun materil.
2. Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Proposal Skripsi dan selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan Skripsi.
3. Jhonni Rahman, M.Eng., P.hD selaku, Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Rafil Arizona, S.T., M.Eng selaku, Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
5. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.
6. Rekan - rekan seperjuangan yang telah membantu memberikan dorongan moral dalam pembuatan Skripsi.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang berperan dalam penyelesaian Proposal Skripsi. Semoga

Proposal Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan.

Pekanbaru, 16 Juli 2024

Penulis,



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DARTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 SistematikaPenulisan .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Perancangan.....	6
2.2 Mesin <i>Hot Press</i> .....	6
2.2.1 Prinsip Kerja Mesin <i>Hot Press</i> .....	7
2.3 Sistem Kontrol.....	8
2.3.1 Elemen Sistem Kontrol Dalam Praktek Sehari-hari .....	9
2.4 Sistem Hidrolik.....	10
2.4.1 Prinsip Dasar Sistem Hidrolik .....	11
2.5 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....	12
2.6 Plastik .....	14
2.6.1 Proses <i>Thermoforming</i> Pada Sampah Plastik .....	16
2.7 Alat Pemanas ( <i>Heater</i> ) .....	16
2.7.1 Elemen Pemanas Bentuk Dasar .....	18
2.7.2 Elemen Pemanas Bentuk Lanjut.....	19

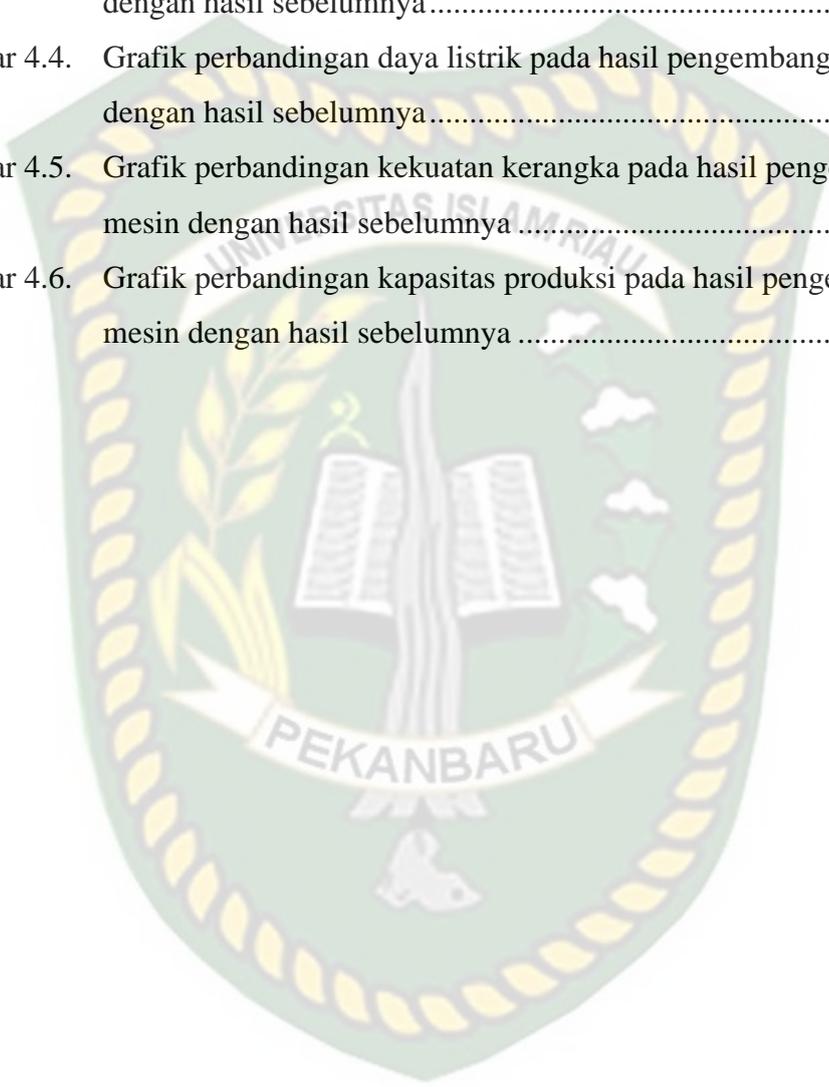
2.8	Termostat.....	20
2.9	Motor DC .....	20
2.9.1	Prinsip Kerja Motor DC .....	22
2.10	Bagian-bagian Mesin <i>Hot Press</i> Sistem Hidrolik Berbasis PLC.....	22
2.11	Perhitungan <i>Press Capacity</i> Mesin <i>Hot Press</i> .....	23
2.11.1	Perhitungan Gaya Kompresi Produk Mesin <i>Compression Molding</i> .....	24
2.12	Perhitungan Kekuatan Sambungan Las Pada Rangka.....	24
2.13	Kapasitas Produksi .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Diagram Alir Rancangan.....	27
3.2	Gambar Sketsa Mesin <i>Hot Press</i> Sistem Hidrolik Berbasis PLC.....	29
3.3	Alat dan Bahan .....	29
3.3.1	Alat .....	29
3.3.2	Bahan.....	32
3.4	Proses Pembuatan Mesin <i>Hot Press</i> Sistem Hidrolik Berbasis PLC.....	33
3.4.1	Proses Rancangan Komponen Mesin .....	33
3.4.2	Proses Pemotongan Komponen Mesin .....	34
3.4.3	Proses Perakitan Komponen Mesin .....	34
3.5	Prosedur Pengujian Mesin.....	35
3.6	Waktu dan Tempat .....	36
3.7	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pengembangan Mesin <i>Hot Press</i> Sistem Hidrolik Berbasis PLC.....	37
4.2	Perhitungan Tekanan.....	37
4.3	Perhitungan Daya Total Pada Mesin <i>Hot Press</i> Sistem	

Hidrolik Berbasis PLC .....	38
4.3.1 Daya Listrik Pada <i>Heater</i> .....	39
4.3.2 Daya Listrik Pada <i>REX 100</i> .....	39
4.3.3 Daya Listrik Pada Motor DC.....	40
4.3.4 Daya Listrik PLC.....	41
4.3.5 Total Daya Listrik.....	41
4.4 Kekuatan Kerangka Mesin <i>Hot Press</i> .....	42
4.5 Kapasitas Produksi .....	44
4.6 Perbandingan Tekanan Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya .....	46
4.7 Perbandingan Daya Listrik Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya .....	48
4.8 Perbandingan Kekuatan Kerangka Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya .....	49
4.9 Perbandingan Kapasitas Produksi Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Prinsip <i>Hot Press Moulding</i> .....	8
Gambar 2.2. Diagram Blok Sistem Kontrol .....	9
Gambar 2.3. Fluida dalam pipa menurut Hukum Pascal .....	11
Gambar 2.4. Plastik LDPE .....	16
Gambar 2.5. Prinsip <i>Thermoforming</i> .....	16
Gambar 2.6. Berbagai jenis <i>heater</i> .....	17
Gambar 2.7. Thermostat Suhu 270°C .....	20
Gambar 2.8. Motor DC.....	21
Gambar 2.9. Prinsip Kerja Motor DC .....	22
Gambar 2.10. Kurva tegangan – regangan .....	25
Gambar 2.11. Batas elastik dan tegangan luluh 0,2% .....	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Rancangan .....	27
Gambar 3.2. Komponen Utama Mesin <i>Hot Press</i> Sistem Hidrolik Berbasis PLC .....	29
Gambar 3.3. Dongkrak Hidrolik.....	29
Gambar 3.4. Gerinda Tangan .....	30
Gambar 3.5. Mesin las listrik.....	30
Gambar 3.6. Gerinda potong duduk .....	30
Gambar 3.7. Mesin Bor .....	30
Gambar 3.8. Timbangan analitik .....	31
Gambar 3.9. <i>Stopwatch</i> .....	31
Gambar 3.10. a. <i>Heater</i> dan b. REC 100.....	31
Gambar 3.11. Besi Hollow .....	32
Gambar 3.12. <i>Stainless Steel 304</i> .....	32
Gambar 3.13. Baja ST 37 .....	32
Gambar 3.14. Plastik LDPE.....	33
Gambar 4.1. Mesin <i>Hot Press</i> .....	37

Gambar 4.2.	Grafik hasil kapasitas produksi pada mesin <i>hot press</i> sistem hidrolik terhadap waktu operasi .....	45
Gambar 4.3.	Grafik perbandingan tekanan pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	47
Gambar 4.4.	Grafik perbandingan daya listrik pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	48
Gambar 4.5.	Grafik perbandingan kekuatan kerangka pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	50
Gambar 4.6.	Grafik perbandingan kapasitas produksi pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	51



## DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Notasi</u>	<u>Satuan</u>
A	Luas penampang	(mm <sup>2</sup> )
p	Panjang	(mm)
l	Lebar	(mm)
t	Tinggi	(mm)
L <sub>0</sub>	Panjang mula dari batang uji	(mm)
L	Panjang batang uji yang dibebani	(mm)
V	Volume	(cm <sup>3</sup> )
P	Tekanan Hidrolik	(MPa)
$\rho$	Massa Jenis	(g/cm <sup>3</sup> )
w	berat	(gram)
T	Temperatur/Suhu	(°C)
F	Beban	(Kg)
G	Konduktansi	(Siemens)
$\sigma$	Tegangan geser	(Kg/mm <sup>2</sup> )
$\varepsilon$	Regangan	(%)
KP	Kapasitas Produksi	(Kg/jam)

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian .....	36
Tabel 4.1. Daya listrik perangkat <i>heater</i> pada mesin <i>hot press</i> .....	39
Tabel 4.2. Daya listrik <i>REX 100</i> pada mesin <i>hot press</i> .....	40
Tabel 4.3. Daya listrik motor DC pada mesin <i>hot press</i> .....	41
Tabel 4.4. Daya listrik PSU pada mesin <i>hot press</i> .....	41
Tabel 4.5. Total daya listrik pada mesin <i>hot press</i> .....	42
Tabel 4.6. Produksi Mesin <i>Hot Press</i> .....	45
Tabel 4.7. Perbandingan tekanan pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	46
Tabel 4.8. Perbandingan daya listrik pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya.....	48
Tabel 4.9. Perbandingan kekuatan kerangka pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	49
Tabel 4.10. Perbandingan kapasitas produksi pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya .....	51

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## PENGEMBANGAN MESIN *HOT PRESS* SISTEM HIDROLIK UNTUK DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK

*Rudi Alfayuton\**, *Dedikarni*

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau  
Jl.Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru  
Telp. 0761 – 674635 Fax. (0761) 674834  
Email : rudialfayuton@student.uir.ac.id

### ABSTRAK

Perkembangan pada mesin *hot press* dengan menggunakan sistem hidrolik untuk mengontrol proses kerja motor DC secara otomatis sehingga menghasilkan kinerja yang lebih optimal dalam mendaur ulang sampah plastik dan memberikan kemanfaatan salah satunya berupa mesin untuk mengolah limbah plastik yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik. Penelitian ini melakukan pengembangan mesin *hot press* menggunakan dongkrak hidrolik kapasitas 2 Ton dan jenis plastik yang di daur ulang adalah HDPE. Hasil tekanan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik yaitu 5,16 MPa, Total daya listrik yang dipakai dalam pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik yaitu 285 Watt, Tegangan geser yang terjadi pada alat yaitu 13,15 N/mm<sup>2</sup>. Dari tegangan geser yang diijinkan untuk bahan jenis SS400 yang memiliki tegangan geser maksimal 23,5 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan geser penampang las 11,83 N/mm<sup>2</sup> < 23,5 N/mm<sup>2</sup> (kekuatan sambungan las antara rangka aman untuk menahan beban) dan hasil kapasitas produksi dari pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik yaitu 0,052 gr/detik. Karena kapasitas produksi yang dipengaruhi berat produksi dan waktu operasi, semakin besar berat produksi dan semakin kecil waktu operasi maka semakin besar kapasitas produksi yang dihasilkan.

**Kata Kunci :** Pengembangan, Mesin Hot Press, Sistem Hidrolik, Plastik HDPE

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Selain mencemari air, Sampah plastik juga berpotensi mencemari tanah dan udara melalui pembakaran terbuka atau insinerasi, partikel kecil hasil pembakaran berbahaya, karena berpeluang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup, termasuk manusia. Adapun dampak yang bisa ditimbulkan pada manusia antara lain kanker, stroke, serta penyakit pernapasan (Habib, 2019). Akumulasi sampah plastik dan produk yang terbuat dari plastik di lingkungan menyebabkan pencemaran yang menimbulkan efek berbahaya pada satwa liar dan rantai makanan manusia. Plastik memiliki konfigurasi kimiawi yang tahan terhadap degradasi lingkungan karena degradasi yang lambat. Pencemaran plastik terjadi oleh barang-barang plastik yang bervariasi sesuai dengan konfigurasi kimianya (Aganguly, 2019).

Tingkat sampah plastik yang tinggi menyebabkan para pakar dan ilmuwan menjadikan kondisi ini suatu tantangan untuk terus meneliti dalam mendukung perkembangan pada mesin daur ulang sampah plastik manual dengan proses pengepresan engkol menggunakan tangan biasanya dilakukan untuk skala kecil. Pengepresan dengan metode ini menghasilkan waktu yang lama dalam sebuah kinerja mesin atau kurang efisien. Oleh karena itu, peneliti melakukan perkembangan pada mesin *hot press* dengan menggunakan sistem hidrolik untuk mengontrol proses kerja motor DC secara otomatis sehingga menghasilkan kinerja yang lebih optimal dalam mendaur ulang sampah plastik dan memberikan kemanfaatan salah satunya berupa mesin untuk mengolah limbah plastik yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan, kemudian bisa dijadikan produk seperti hiasan dinding dan untuk pengganti keramik komposit. Sedangkan dalam perancangan mesin *hot press* tidak menggunakan perangkat arduino karena lebih berkaitan dengan bahasa pemrograman seperti C/C++ di bidang perangkat lunak.

Sistem hidrolik banyak memiliki keuntungan. Sebagai sumber kekuatan untuk banyak variasi pengoperasian. Keuntungan sistem hidrolik antara lain

adalah ringan, mudah dalam pemasangan dan untuk perawatan tidak terlalu banyak. Untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitasnya, sekarang ini sistem hidrolik banyak dikombinasikan dengan sistem lain seperti sistem elektrik/elektronik, pneumatik, dan mekanik sehingga akan didapat unjuk kerja dari sistem hidrolik yang lebih optimal. Sistem hidrolik adalah sistem yang menggunakan fluida sebagai media untuk menggerakannya.

Penelitian sebelumnya Rizal Hanifi (2019) Membuat mesin cetak hidrolik 20 ton dengan suhu untuk pemanasan berkisar antara 120°C - 200°C, ukuran mesin lebar 60 cm, Tinggi 130 cm dan ukuran Panjang cetakan papan komposit 54 cm dan lebarnya 20 cm, dengan menggunakan elemen pemanas 4 buah., hasil yang baik pada temperatur 150°C, dan 170°C. Sedangkan pada penelitian Irvan Okatama (2016), peleburan limbah plastik jenis (PET) menjadi biji plastik melalui pengujian alat pelebur plastik, menggunakan alat pemanas *Heater Band* dan *Heater Nozzle* suhu pemanasan berkisar 100°C - 300°C. Kapasitas produksi potongan plastik bisa mencapai 1 kilogram, bahan plastik (PET) melunak pada suhu 180°C dan mencair secara sempurna pada suhu 200°C.

Maka proses desain diperlukan pada setiap proses manufaktur dengan tujuan untuk menghasilkan produk akhir yang berkualitas, dengan biaya produksi yang optimal karena sebagian biaya produksi ditentukan pada tahap desain. Aplikasi *parametric configuration* dapat menjawab permasalahan tersebut, dimana jika terdapat permintaan produk yang meningkat dengan ragam bentuk dan ukuran maka para desainer dapat dengan mudah dan cepat menyelesaikan desainnya dengan pemanfaatan software AutoCad, sebagai sarana pembuatan desain mesin hot press. Salah satu alat yang digunakan untuk membuat produk secara otomatis dengan perlakuan konstan adalah dengan membuat desain konstruksi mesin hot press. Karena itu membutuhkan ketepatan waktu yang menghasilkan produk yang berkualitas tinggi, menarik serta murah biaya pada proses pembuatannya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengangkat judul penelitian Tugas Sarjana **“Pengembangan Mesin Hot Press Sistem Hidrolik Untuk Daur Ulang Sampah Plastik”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang mesin *hot press* untuk daur ulang plastik, terdiri dari :

1. Bagaimana pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik dapat dimanfaatkan optimal?
2. Apa saja komponen-komponen yang dibutuhkan pada pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik?
3. Berapa kapasitas mesin *hot press* sistem hidrolik pada daur ulang sampah plastik?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas sarjana ini adalah :

1. Untuk mendapatkan pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik yang optimal.
2. Untuk mendapatkan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik.
3. Untuk mendapatkan kapasitas produksi mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik yang lebih efisien

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk memenuhi arah penelitian yang baik dan lebih terfokus, ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahan yang akan didaur ulang adalah limbah plastik yang terbuat dari bahan *Low Density Polyethylene* (LDPE).
2. Temperatur yang direncanakan 270°C.
3. Beban maksimum adalah 2 Ton

## 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

a. Bagi penulis

Penelitian ini berguna untuk menambah wawasan dan pengetahuan mengenai perancangan mesin *hot press* sistem hidrolis untuk daur ulang sampah plastik (LDPE) secara teoritis maupun dalam dunia nyata, serta pengaplikasian pengetahuan yang selama ini didapat selama masa perkuliahan.

b. Bagi akademik

Penelitian ini dapat memberikan masukan dan informasi yang diharapkan mampu memberikan manfaat baik dalam bidang akademik maupun dalam bidang praktisi.

c. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini berguna untuk memberikan masukan bagi peneliti selanjutnya dan menjadikan penelitian ini sebagai informasi pelengkap dalam penyusunan penelitian yang sejenis.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang perancangan ini, penulis melengkapi pengiraianya sebagai berikut :

**BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II : LANDASAN TEORI**

Landasan teoriter diri dari membahas teori penunjang dari proses perancangan yang akan dibuat.

**BAB III : METODE PENELITIAN**

Diagram alir rancangan, sketsa rancangan, bahan dan alat, waktu dan tempat.

**BAB IV : HASIL RANCANGAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil rancangan mesin *hot press* sistem hidrolik, data rancangan, kekuatan sambungan las dan kapasitas produksi

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dari hasil perancangan dan memberikan saran untuk peneliti selanjutnya

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perancangan

Perancangan merupakan salah satu hal yang penting dalam membuat produksi prodak. Adapaun tujuan dari perancangan ialah untuk memberikan gambaran yang jelas dan lengkap kepada produsen yang terlibat. Perancangan harus berguna dan mudah di pahami sehingga mudah digunakan perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta di dalamnya melibatkan deskripsi mengenai rancang bangun serta perincian komponen dan juga keterbatasan yang akan di alami dalam proses pengerjannya. Menurut Pressman (2020) perancangan atau merupakan serangkaian prosedur untuk menterjemahkan hasil analisa dan sebuah sistem kedalam produk untuk mendeskripsikanya dengan terperinci bagaimana komponen-komponen sistem. Masih menurut Pressman (2020) yang juga menyusun pengertian tentang rancang bangun sistem adalah kegiatan menciptakan sitem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada secara keseluruhan. Perancangan juga merupakan suatu kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk. Proses perancangan tersebut menciptakan ketentuan - ketentuan utama yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Sehingga sebelum suatu alat atau produk diciptakan, baiknya dilakukan proses perancangan yang nantinya mendapatkan sebuah hasil gambar sketsa atau gambar sederhana dari produk yang akan diciptakan.

Gambar sketsa yang telah dibuat kemudian digambar lagi dengan ketentuan-ketentuan gambar sehingga dapat dimengerti oleh orang yang ikut terlibat dalam proses menciptakan produk tersebut. Bentuk gambar hasil rancangan merupakan hasil akhir dari proses perancangan yang sudah di ciptakan dalam suatu bentuk alat atau produk yang sudah direncanakan sebelumnya.

#### 2.2 Mesin *Hot Press*

Proses *hot press* merupakan proses pembentukan bahan berupa alur-alur yang disiapkan di matras pada mesin, dengan adanya tegangan dan tekanan yang

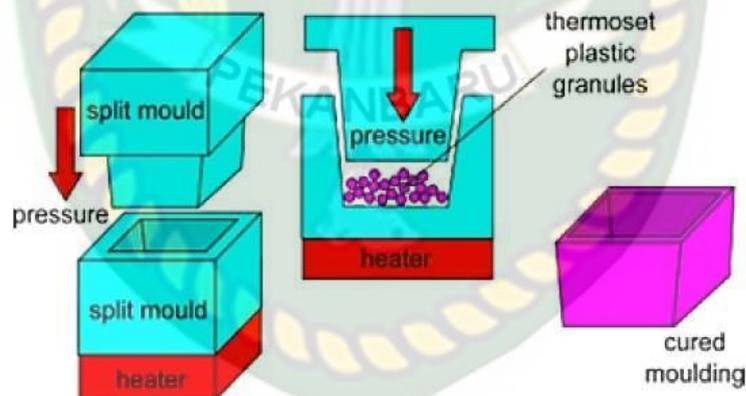
terjadi pada posisi yang ditentukan maka akan terjadi suatu bentuk yang mengalami proses press panas. Proses press panas dilakukan dengan meletakkan bahan di atas cetakan kemudian dilakukan penekanan oleh matrasnya. Ketika matras tersebut menekan bahan maka pemanasan akan dilakukan untuk pembentukannya. Adanya tekanan dan tegangan akan menyebabkan bentuk sesuai dengan yang diinginkan dengan bentuk cetakannya. Saat proses berlangsung mengakibatkan bahan tersebut mengalami pemanasan atau perpindahan panas. Pemberian panas juga waktu penekanan harus disesuaikan sehingga pembentukan dapat dilalukan dengan baik jika pengatur penekanan atau pemberian temperatur panas salah akibatnya bahan tersebut tidak bisa terbentuk melainkan bisa terjadi pembakaran didalamnya. Bentuk cetakan dan matrasnya sangat penting untuk mengatur bentuk produk. Seluruh permukaan matras dan cetakan harus terbebas dari kotoran dan permukaannya harus benar-benar halus. Oleh karena itu kepresisian perkakas dan toleransinya sangat diperlukan pada cetakan dan matrasnya (Reddy Berto Alfiando, 2016).

### **2.2.1 Prinsip Kerja Mesin *Hot Press***

Pada prinsipnya, sebuah mesin *hot press* merupakan jenis pencetakan dengan tekanan yang orientasinya bekerja secara vertikal terhadap dua bagian cetakan (bagian atas dan bawah). Secara umum, mekanisme hidrolis digunakan pada saat mengaplikasikan tekanan pada mesin *hot press*. Parameter kontrol sangat dibutuhkan pada metode *hot press* untuk memperoleh hasil akhir dari sebuah produk yang memiliki sifat-sifat propertis unggul, parameter tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 tiga parameter tersebut (*pressure*, *temperature*, dan waktu) merupakan bagian yang sangat penting karena tiap-tiap dari parameter tersebut memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil akhir sebuah produk (Anis, 2014). Dampak dari tiap-tiap parameter jika tidak sesuai adalah sebagai berikut:

1. *Pressure* Jika pada saat pemberian tekanan tidak mencapai batas ketentuan, akan berdampak buruk terhadap adesi permukaan dari fiber dan matrik itu sendiri. Sedangkan jika tekanan yang diberikan terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada material yang digunakan.

2. Temperatur yang berlebih saat proses kompresi, akan memberikan perubahan pada sifat properties material yang digunakan termasuk penyusun material sebuah komposit (fiber dan matrix). Sedangkan jika temperature terlalu rendah dari pada sifat propertis materialnya, maka fiber dari penyusun sebuah komposit tidak melakukan ikatan silang secara sempurna.
3. Waktu disesuaikan terhadap parameter pressure dan temperature, ketidaksesuaian faktor waktu berperan terhadap faktor yang menyebabkan temperatur dan pressure ( terlalu tinggi atau rendah). Selain faktor parameter kontrol, faktor manufaktur juga berperan penting terhadap hasil akhir proses produksi *compression molding* seperti dinding permukaan pemanas cetakan, kesesuaian penutup antara dua plat mold, dan waktu *de-molding*. Raw material yang umum digunakan pada fabrikasi *composite* menggunakan proses *compression molding*.



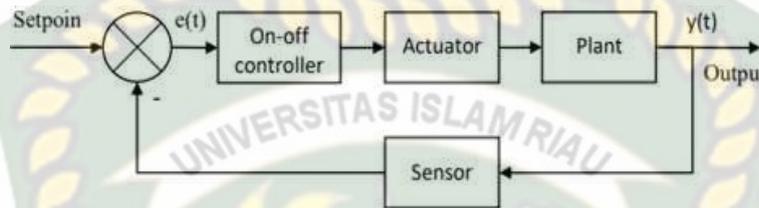
Gambar 2.1. Prinsip *Hot Press Moulding*

(Sumber : Anis, 2014)

### 2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol dapat dikategorikan dalam beberapa kategori yaitu sistem kendali secara manual dan otomatis, sistem kendali jaringan tertutup (*closed loop*) dan jaringan terbuka (*open loop*), kontinyu (*analog*) dan diskontinyu (*digital*).

Pengontrolan secara manual yaitu pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator, sedang pengontrolan secara otomatis yaitu pengontrolan yang dilakukan oleh mesin-mesin/peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya di bawah pengawasan manusia. Sistem kontrol secara otomatis dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Blok Sistem Kontrol  
 (Sumber : Erham et al., 2018)

Dalam hal ini, digunakan pengontrol *on-off*. Contoh pengontrol *on-off* adalah termostat. *Output*nya hanya memiliki dua *state*, yaitu sewaktu- waktu menjadi *On* atau waktu lain menjadi *Off* yang dikirim ke *relay*. Sinyal ini disebut sinyal kontrol yang menginstruksikan tindakan untuk *relay* untuk menghidupkan atau mematikan *plant* (Erham et al., 2018).

### 2.3.1 Elemen Sistem Kontrol Dalam Praktek Sehari-hari

Ada berbagai sistem kontrol (mekanis, elektris, termis, pneumatis, hidroulis, atau kombinasinya) yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya:

1. Sistem kontrol mekanis adalah suatu sistem kontrol yang menggunakan bahan-bahan mekanis sebagai kontrolernya seperti conveyor dan eskalator.
2. Sistem kontrol elektris adalah sistem yang mendeteksi berbagai sensor tekanan intake manifold (MAP) sensor, sudut bukaan throttle (TP) sensor, temperature udara masuk (IAT) sensor, temperature oli (EOT) sensor, sudut kemiringan jatuhnya kendaraan (Bank angle) sensor dan selanjutnya input signal (data) dari masing-masing sensor dikirim ke ECM, kemudian ECM menentukan lamanya injeksi yang tepat dan mengirimkan signal output ke injector dan menginjeksikan bahan bakar ke intake manifold sesuai signal yang dibutuhkan.

3. Sistem kontrol termis adalah sistem yang menjaga suhu komponen dalam batas suhu yang diperlukan untuk orbit tertentu, kebutuhan daya, pengoperasian seperti pendingin ruangan menggunakan AC.
4. Sistem kontrol hidrolik/pneumatic adalah sistem yang menggunakan beban mesin dan kecepatan motor menjadi hidrolik “signal” inilah yang mengatur tekanan aliran hidrolik pada dongkrak hidrolik.
5. Sistem kontrol kombinasi adalah penggabungan beberapa unit control seperti controller *Proporsional*, controller *Integral*, controller derivative (diferensial), controller Proporsional ditambah Integral, *kontroler Proporsional* ditambah *Derivative* dan controller PID (*Proportional-Integral-Diferensial*)

#### 2.4 Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik adalah suatu bentuk pemindahan daya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair atau angin untuk memperoleh daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan. Dimana fluida cair dinaikkan tekanannya oleh pompa bertekanan kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui selang saluran dan katup-katup. Gerakan batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak naik dan turun.

Menurut Rachmat Suhendro (2020), Sistem hidrolik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa - pipa saluran dan katup - katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal.

Pada prinsipnya bidang hidromekanik (mekanik fluida) dibagi menjadi dua bagian seperti berikut :

1. Hidrostatik : yaitu mekanika fluida yang diam, disebut juga teori persamaan kondisi kondisi dalam fluida. Yang termasuk dalam

hidrostatik murni adalah pemindahan gaya dalam fluida, seperti kita ketahui, contohnya adalah pesawat tenaga hidrolis

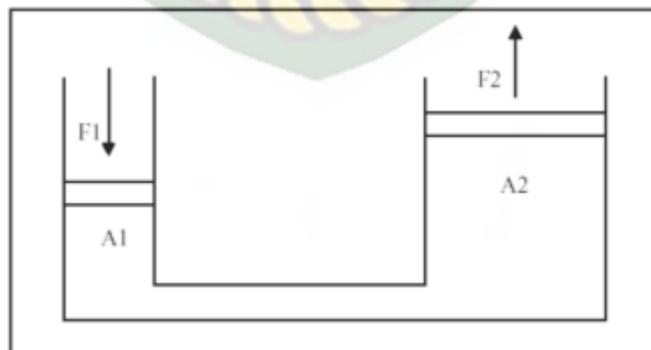
2. Hidrodinamik : yaitu mekanika fluida yang bergerak disebut juga teori aliran (fluida yang mengalir). Yang termasuk dalam hidrodinamik murni adalah perubahan dari energi aliran dalam turbin pada jaringan tenaga hidro elektrik

#### 2.4.1 Prinsip Dasar Sistem Hidrolik

Prinsip dasar dari sistem hidrolik berasal dari Hukum Pascal, pada dasarnya menyatakan dalam suatu bejana tertutup yang ujungnya terdapat beberapa lubang yang sama maka akan dipancarkan kesegala arah dengan tekanan dan jumlah aliran yang sama. Dimana tekanan dalam fluida statis harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Tidak punya bentuk yang tetap, selalu berubah sesuai dengan tempatnya.
- b. Tidak dapat dimampatkan.
- c. Meneruskan tekanan ke semua arah dengan sama rata.

Gambar 2.3 menunjukkan dua buah silinder berisi cairan yang dihubungkan dan mempunyai diameter yang berbeda. Apabila beban  $F$  diletakkan di silinder kecil, tekanan  $P$  yang dihasilkan akan diteruskan ke silinder besar ( $P = F/A$ , beban dibagi luas penampang silinder) menurut hukum ini, pertambahan tekanan dengan luas rasio penampang silinder kecil dan silinder besar, atau  $F = P \cdot A$



Gambar 2.3. Fluida dalam pipa menurut Hukum Pascal

(Sumber : Ady Permana, 2010)

Gambar diatas sesuai dengan hukum pascal, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \dots\dots\dots (Pers. 2.1)$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_1}{A_2} \dots\dots\dots (Pers. 2.2)$$

Keterangan :

- F1 = Gaya masuk
- F2 = Gaya keluar
- A1 = luas penampang piston kecil
- A2 = luas penampang piston besar

Persamaan diatas dapat diketahui besarnya dipengaruhi oleh besarkecilnya luas penampang dari piston dari  $A_2$  dan  $A_1$

Dalam sistem hidrolik, hal ini dimanfaatkan untuk merubah gaya tekan fluida yang dihasilkan oleh pompa hidrolik untuk menggeserkan silinder kerja maju dan mundur maupun naik/turun sesuai letak dari silinder. Daya yang dihasilkan silinder kerja hidrolik, lebih besar dari daya yang dikeluarkan oleh pompa. Besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh silinder hidrolik dipengaruhi besar kecilnya luas penampang silinder kerja hidrolik. Besarnya gaya pada silinder hidrolik dirumuskan sebagai berikut

$$F = P \times A \dots\dots\dots (Pers. 2.3)$$

Keterangan :

- F = Gaya ( N )
- P = Tekana Fluida ( / $mm^2$  )
- A= Luas Penampang (  $^2$  )

### 2.5 Programmable Logic Controller (PLC)

Pengertian PLC menurut *National Electrical Manufacturer Assosiation* (NEMA) merupakan perangkat elektronik yang bekerja secara digital yang menggunakan “Programmable Memory” untuk penyimpanan intruksi internal guna menerapkan fungsi-fungsi khusus seperti logic, sequencing, pengukuran

waktu, penghitungan dan aritmatika, untuk mengontrol modul-modul input/output secara analog atau digital, berbagai jenis mesin atau proses tertentu.

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika semisal logika kombinasional, sekuensial, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses.

Sistem kontrol dengan PLC di industri memenuhi berbagai kriteria diantaranya:

1. Pemrogramannya sederhana.
2. Perubahan program tanpa harus merubah sistem secara keseluruhan.
3. Ukuran lebih kecil/kompak, akan tetapi kinerja lebih handal.
4. Biaya perawatan yang murah dan mudah

Sebuah PLC dapat dibangun dengan menggunakan sebuah mikro kontroler sebagai otak dari PLC. Sebagai perangkat pendukung tentunya dibutuhkan RAM, input modul, dan output modul. Dengan beberapa komponen ini PLC dapat dibangun dan dioperasikan (Rifai, 2013).

PLC (*Programmable Logic Controller*) pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinu seperti pada sistem-sistem servo atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (ON/OFF) saja, tetapi dilakukan secara berulang-ulang seperti pada mesin pengeboran, sistem konveyor dan lain sebagainya.

PLC secara bahasa berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, tetapi pada kenyataannya, PLC secara fungsional tidak lagi terbatas pada fungsi-fungsi logika saja. Sebuah PLC dewasa ini dapat melakukan perhitungan-perhitungan aritmatika yang relatif kompleks, fungsi komunikasi, dokumentasi, dan lain sebagainya (Syahid, dkk., 2021).

Penerapan sistem kontrol menggunakan PLC diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses diantaranya dengan memperlancar

sekuensial/urutan proses dan tanpa melakukan kesalahan yang berakibat berulangnya proses atau munculnya kecacauan (Fitriadi, dkk., 2014).

Kelebihan PLC antara lain;

- a. Dibandingkan dengan sistem kontrol proses konvensional, jumlah kabel yang dibutuhkan bisa berkurang 80%.
- b. PLC mengkonsumsi daya lebih rendah dibandingkan dengan sistem kontrol proses konvensional (berbasis *relay*).
- c. Fungsi diagnostic pada sebuah kontrol PLC membolehkan pendeteksian kesalahan yang mudah dan cepat
- d. Perubahan pada urutan operasional atau proses (aplikasi) dapat dilakukan dengan mudah, hanya dengan melakukan perubahan atau penggantian program, baik melalui terminal konsol maupun komputer PC
- e. Tidak membutuhkan spare part yang banyak
- f. Lebih murah dibandingkan dengan sistem konvensional, khususnya dalam kasus penggunaan instrumen I/O yang cukup banyak dan fungsi operasional prosesnya cukup kompleks.
- g. Ketahanan PLC jauh lebih baik dibandingkan dengan relai auto-mekanik.

## 2.6 Plastik

Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah. Sayangnya, dibalik segala kelebihan itu, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini.

Plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya yaitu plastik komoditi dan plastik

teknik. Plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah dan sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai buang, untuk mengetahui sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang baik. Komsumsi plastik teknik dunia akhir 80-an mencapai kira-kira  $1,5 \times 10^9$  kg/tahun diantaranya poliamida, polikarbonat, asetal, poli (fenilena oksida), dan poliester mewakili 99% dari pemasaran.

Salah satu jenis plastik adalah Polytehylene (PE). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: Low Density Polyethylene (LDPE) dan High Density Polyethylene (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh  $115^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas  $127^{\circ}\text{C}$  (beberapa macam sekitar  $135^{\circ}\text{C}$ ),.

Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu, LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan tetrachlorocarbon ( $\text{CCl}_4$ ), Keunggulan lain jenis plastik berkerangka dasar polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikannya lebih baik. Sifat tersebut semakin baik dengan tingginya jumlah hidrogen atau klorida dan fluorida yang terikat pada tulang punggung Polietilen.

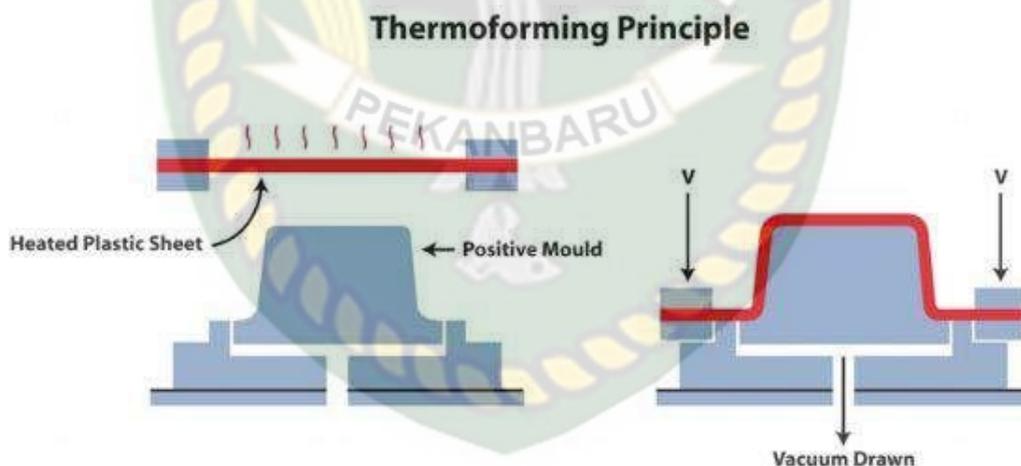
LDPE diklasifikasikan sebagai materi semi permeabel karena permeabilitasnya terhadap bahan kimia yang volatil. LDPE diproduksi dari gas etilen pada tekanan dan suhu tinggi dalam reaktor yang berisi pelarut hidrokarbon dan katalis logam yaitu ziegler catalysts. Polimer yang dihasilkan berupa bubur yang kemudian difiltrasi dari pelarutnya (Billmeyer, 1971 dikutip dalam Nathiqoh Al Ummah, 2013).



Gambar 2.4. Plastik LDPE

### 2.6.1 Proses *Thermoforming* Pada Sampah Plastik

Menurut Strachan, 2013. *Thermoforming* adalah proses pembentukan lembaran plastik termoset dengan cara pemanasan kemudian diikuti pembentukan dengan cara pengisapan atau penekanan ke rongga *mold*. Plastik termoset tidak bisa diproses secara *Thermoforming* karena pemanasan tidak bisa melunakkan termoset akibat rantai tulang belakang molekulnya saling bersilangan. Contoh produk yang diproses secara *Thermoforming* adalah nampan biskuit dan es krim.



Gambar 2.5. Prinsip *Thermoforming*

(Sumber : Anis, 2014)

### 2.7 Alat Pemanas (*Heater*)

Pemanas listrik adalah salah satu peralatan yang banyak digunakan di kehidupan sehari-hari, prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan suatu elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik. Kemudian, energi listrik dirubah menjadi energi panas yang terjadi pada elemen pemanas. Panas yang timbul

disebabkan karena material elemen pemanas terbuat dari logam yang memiliki resistansi yang tinggi.

Pemanas listrik ini banyak digunakan pada peralatan rumah tangga seperti setrika, kompor listrik, pemanas air dan lain-lain. Selain itu, pemanas listrik juga banyak digunakan pada kebutuhan industri, seperti pada industri plastik yang memanfaatkan *electric heater* sebagai elemen pemanas untuk memanaskan barrel sehingga terjadilah pencairan plastik didalamnya. Jenis pemanas listrik banyak digunakan karena pertimbangan pada instalasi yang lebih mudah serta lebih praktis namun memiliki kekurangan yaitu konsumsi daya listrik yang cukup besar sehingga biaya operasinya cukup tinggi seperti ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Berbagai jenis *heater*  
(Sumber : Suryana, 2012)

Dalam penggunaannya elemen pemanas harus dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Harus tahan lama pada temperatur kerja yang dikehendaki.
- b. Kawat pemanas harus memiliki sifat mekanis yang baik ketika diberi beban mekanis pada saat bekerja pada temperatur yang dikehendaki
- c. Koefisien muai harus kecil untuk meminimalkan terjadinya perubahan bentuk pada elemen pemanas.

- d. Koefisien suhunya harus kecil sehingga sehingga arus kerjanya lebih konstan.
- e. Harus memiliki tahanan jenis yang tinggi.

Dilihat dari bentuknya pemanas listrik terdiri dari dua macam elemen pemanas bentuk dasar dan elemen pemanas bentuk lanjut yaitu:

### 2.7.1 Elemen Pemanas Bentuk Dasar

Elemen pemanas bentuk dasar pada umumnya, *Resistance were* pada elemen pemanas ini hanya dilapisi oleh isolator listrik saja (Ariffudin, 2014). Jenis-jenis pemanas listrik dengan bentuk dasar adalah *silica* dan *quartz heater*, *ceramic heater*, *black body ceramic heater*, dan *bank channel heater* dijelaskan sebagai berikut:

- a. Quartz Heater

*Quartz Heater* adalah elemen pemanas yang terbuat dari *Translucent Tube* atau pipa tembus cahaya. *Ceramic tube* terpasang pada bagian dalam agar pemanas tahan terhadap temperatur tinggi sebagai penyangga element *coil*. *Heater* jenis ini sangat efektif digunakan pada untuk memanaskan material dengan tingkat korosi tinggi. Elemen ini tidak dapat digunakan pada *hydrofluoric acid* atau *alkaline solutions* (Suryana, 2012).

- b. *Ceramic heater*

*Ceramic heater* adalah pemanas dengan suatu wadah pemanas dimana panas dihasilkan dengan melewati listrik melalui kawat pemanas yang terpasang didalam piringan keramik. *Ceramic Heater* memiliki kelebihan yaitu bersifat *portable* dan sering digunakan untuk pemanasan ruangan kecil dan mirip dengan logam kumparan pemanas pada kipas

- c. *Coil heater*

*Coil heater* adalah elemen pemanas yang berbentuk seperti pegas yang tidak diberi selongsong atau isolator yang biasanya digunakan untuk memanaskan udaralingkungan, pada pemasangannya *heater* ini menggunakan pegangan dengan bahan isolator listrik dan memiliki

ketahanan panas yang tinggi seperti keramik. *Coil heater* cocok untuk memanaskan medium yang tidak langsung mengenai elemen pemanas seperti oven dan komporlistrik (Ariffudin, 2014).

### 2.7.2 Elemen Pemanas Bentuk Lanjut

Elemen pemanas bentuk lanjut merupakan modifikasi dari elemen pemanas bentuk dasar yang dilapisi oleh lembaran plat logam atau pipa sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut (Ariffudin, 2014). Yang termasuk kedalam jenis heater ini adalah *tubuler heater*, *catridge heater*, *band* dan *nozle heater* dan *stripe heater*.

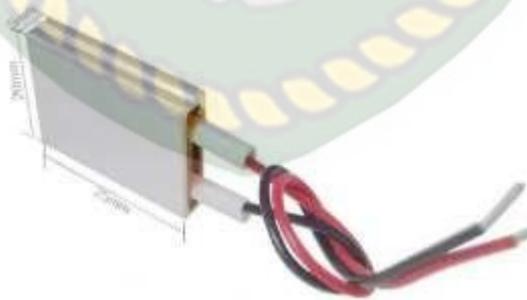
- a. *Tubular heater* adalah elemen pemanas listrik yang terbuat dari pipa dan merupakan bentuk dasar dari elemen pemanas. Jenis-jenis bahan pipa atau *tube* biasanya disesuaikan oleh penggunaan *heater*
- b. *Catridge heater* Adalah *heater* yang secara umum digunakan untuk memanaskan *block of metal* seperti pada *dies injection moulding* yang terpasang pada bagian *drilled holes*. Pada instalasinya dibuat lurus dan memiliki diameter yang lebih kecil dari diameter *drilled holes* dengan toleransi  $\pm 0,02\text{mm}$ . Hal ini adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi *lifetime heater*, selain faktor *watt density* dan faktor *operating temperaturnya*. Maksimum temperatur pengoperasiannya 250 C
- c. *Band* dan *nozle heater* pada umumnya memiliki diameter standar minimal 55mm hingga ukuran tak terhingga dengan konstruksi yang bisa dibuat menjadi 1 atau 2 bagian. *Band heater* dengan konstruksi 2 bagian, disarankan agar dibuat dengan diameter  $\geq 100\text{mm}$  karena untuk mendapatkan pemanasan yang merata. Material yang digunakan adalah *Stainless steel* dan kuningan *Galvanis*. Temperatur kerjanya  $\pm 250\text{ C}$ . Banyak digunakan pada dunia industri seperti pada: *Plastik Injections*, *Extrusion Barrels* dan *Nozzle Blow Moulders*, *Pipe, Holding Tanks*, *Drums*, dan bermacam-macam permukaan silinder yang ingin dipanaskan

- d. *Strip heater* adalah penghantar sumber panas yang memiliki kelebihan serbaguna karena pada pemakaiannya secara ideal dapat disesuaikan untuk kontak langsung pada objek yang dipanaskan atau untuk menyebarkan panas ke daerah yang diinginkan

## 2.8 Termostat

Thermostat adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengatur temperatur/suhu dari suatu sistem. Thermostat mengatur aliran energi panas yang masuk dan yang keluar dari sistem. Thermostat inilah yang mengatur alat pemanas atau alat pendingin sesuai dengan kebutuhan suhu yang diinginkan. Thermostat dapat dikatakan sebagai sebuah unit kontrol dari sistem pemanas atau sistem pendingin, thermostat dapat dikatakan sebagai komponen bagian dari heater atau air conditioner (AC). Thermostat dapat dibuat dengan banyak cara dan menggunakan berbagai macam sensor untuk mengukur temperatur/suhu. Output dari sensor inilah yang mengatur alat pemanas atau alat pendingin. Pada umumnya sensor mencakup (Harten, 1985) :

- a. *Bi-metallic mechanical* atau sensor elektrik
- b. *Expanding wax pellets*
- c. Thermistor elektrik dan peralatan semi konduktor
- d. *Thermocouple* elektrik



Gambar 2.7. Thermostat Suhu 270°C

## 2.9 Motor DC

Motor DC atau *DC Motor* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua

terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya (Fauziah, 2017).



Gambar 2.8. Motor DC

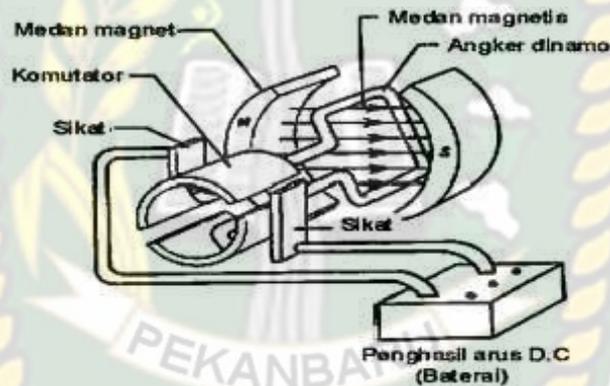
Pada Gambar 2.8, merupakan Motor DC atau *DC Motor* yang menghasilkan sejumlah putaran per-menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*). Motor DC dapat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik dibalik, Motor DC mempunyai berbagai besaran rpm dan kebanyakan motor dc memberikan kecepatan rotasi sekitar 300 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan yang diberikan ke Motor DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan operasional yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya akan menjadi rusak.

Pada saat Motor DC berputar tanpa beban, hanya sedikit arus listrik atau daya yang digunakannya, namun pada saat diberikan beban, jumlah arus yang digunakan akan meningkat hingga ratusan persen bahkan hingga 1000% atau lebih (tergantung jenis beban yang diberikan). Oleh karena itu, produsen Motor DC

biasanya akan mencantumkan *Stall Current* pada Motor DC. *Stall Current* adalah arus pada saat poros motor berhenti karena mengalami beban maksimum.

### 2.9.1 Prinsip Kerja Motor DC

Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang menghadap utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang menghadap selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti.



Gambar 2.9. Prinsip Kerja Motor DC

(Sumber : Fauziah, 2017)

### 2.10 Bagian-bagian Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik Berbasis PLC

Adapun bagian-bagian dalam perancangan mesin hot press sistem hidrolik berbasis PLS terdiri dari rangka, dongkrak hidrolik, cetakan (*mold*), heater (*thermostat*), box panel, sistem kontrol (PLC) dan motor DC sebagai berikut:

1. Rangka  
Rangka terdiri dari baja UNP yang dipotong sesuai dengan ukuran, lalu disatukan dengan sambungan las.
2. Dongkrak Hidrolik  
Dongkrak hidrolik adalah sebuah alat angkat sederhana. Pengangkatan bebannya dengan menggunakan fluida pada ruang siliner pada proses pengangkatan beban.

3. Cetakan (*Mold*)

Pada desain, analisis perhitungan lebih ditekankan pada perhitungan *mold*. *Mold* terdiri dari *heater*, beberapa pelat, dan 2 buah pilar sebagai guide untuk mekanisme gerak. *Mold* ditopang oleh rangka yang terbuat dari baja UNP. Analisis perhitungan desain mesin *hot press* juga terpaku pada kekuatan rangka tersebut.

4. Heater

Heater yang digunakan adalah thermostat untuk mengantarkan listrik dan elemen pemanas untuk menghantarkan panas dengan suhu max 270°C.

5. Box Panel

Box panel sebagai tempat penyimpanan peralatan otomasi dan sebagai tempat untuk menyimpan *thermocontrol*, yang dimana posisi box panel tersebut ergonomis dan memudahkan operator untuk memantau suhu dari cetakan.

6. Sistem Kontrol (PLC)

PLC (*Programmable Logic Controller*) digunakan untuk mengontrol suatu proses kerja mesin *hot press* secara otomatis.

7. Motor DC

Motor DC digunakan untuk putaran *pulley* untuk menaik dan menurunkan tuas dongkrak hidrolik.

**2.11 Perhitungan Press Capacity Mesin Hot Press**

Perhitungan *press capacity* pada mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Press\ capacity\ [kN] = \frac{A\ ram\ area \times Hydraulic\ Pressure\ [MPa]}{10} \dots\dots\dots(Pers.\ 2.4)$$

Keterangan :

- Press capacity* = Kapasitas Maksimum Press (kN)
- A ram area* = Luas daerah ram silinder hidrolik (cm<sup>2</sup>)
- Hydraulic Pressure* = Tekanan Hidrolik (MPa)

### 2.11.1 Perhitungan Gaya Kompresi Produk Mesin *Compression Molding*

Untuk menghitung gaya kompresi yang dibutuhkan untuk kompresi pada produk yang akan dibuat:

$$Hydraulic\ Pressure\ [MPa] = \frac{P\ [MPa] \times A\ [cm^2]}{A\ ram\ area\ [cm^2]} \dots\dots\dots(Pers.\ 2.5)$$

Dimana :

P = Tekanan Hidrolik yang dibutuhkan (MPa)

A = Luas Penampang produk (cm<sup>2</sup>)

*Hydraulic Pressure* = Tekanan Hidraulik (MPa)

*A ram area* = Luas daerah ram silinder hidrolik (cm<sup>2</sup>)

### 2.12 Perhitungan Kekuatan Sambungan Las Pada Rangka

Kekuatan sambungan las berhubungan dengan pengujian tarik. Dalam sambungan las, sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat-sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan. Dengan persamaan berikut:

Tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(Pers.\ 2.6)$$

Keterangan:

$\sigma$  = tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

F = beban (kg)

A<sub>0</sub> = luas mula dari penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

Regangan :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(Pers.\ 2.7)$$

Keterangan:

L<sub>0</sub> = panjang mula dari batang uji (mm)

L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Modulus Elastisitas :

Keterangan:

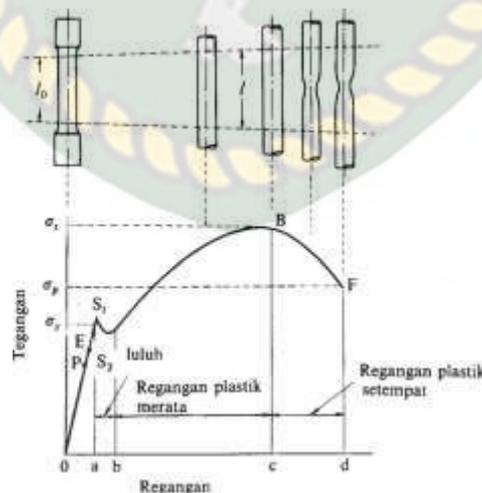
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ (kN/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.8)}$$

$E$  = besar modulus elastisitas (kN/mm<sup>2</sup>)

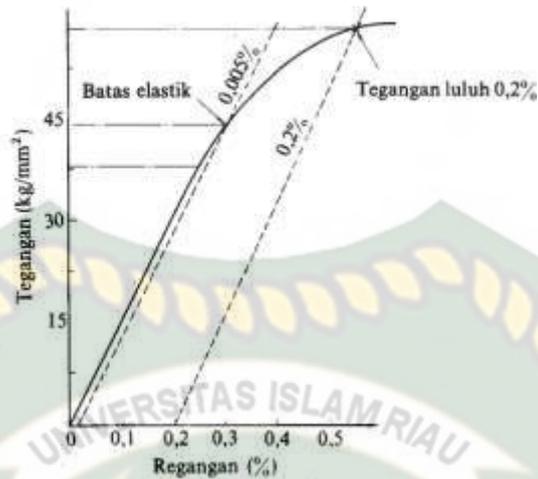
$\sigma$  = Tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Regangan (%)

Hubungan antar tegangan dan regangan untuk batang uji penampang lingkaran dapat dilihat dalam gambar (2.10). Di dalam gambar, titik P menunjukkan batas di mana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsi dan titik E menunjukkan batas di mana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastik. Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya ditentukan batas elastik dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01. Titik S<sub>1</sub> disebut titik luluh atas dan titik S<sub>2</sub> titik luluh bawah. Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2% seperti ditunjukkan dalam gambar (2.11). Tegangan yang tertinggi adalah kekuatan tarik dari logam ( $\sigma_t$ ) dan tegangan yang terjadi pada waktu patah disebut tegangan patah ( $\sigma_p$ ).



Gambar 2.10. Kurva tegangan – regangan  
 (Sumber: Firdaus. M., 2022)



Gambar 2.11. Batas elastik dan tegangan luluh 0,2%  
(Sumber: Firdaus. M., 2022)

### 2.13 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur kapasitas produksi adalah:

$$KP = \frac{\text{Berat Plastik (kg)}}{\text{waktu (menit)}} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{jam}} \quad \text{(Pers. 2.9)}$$

Dimana :

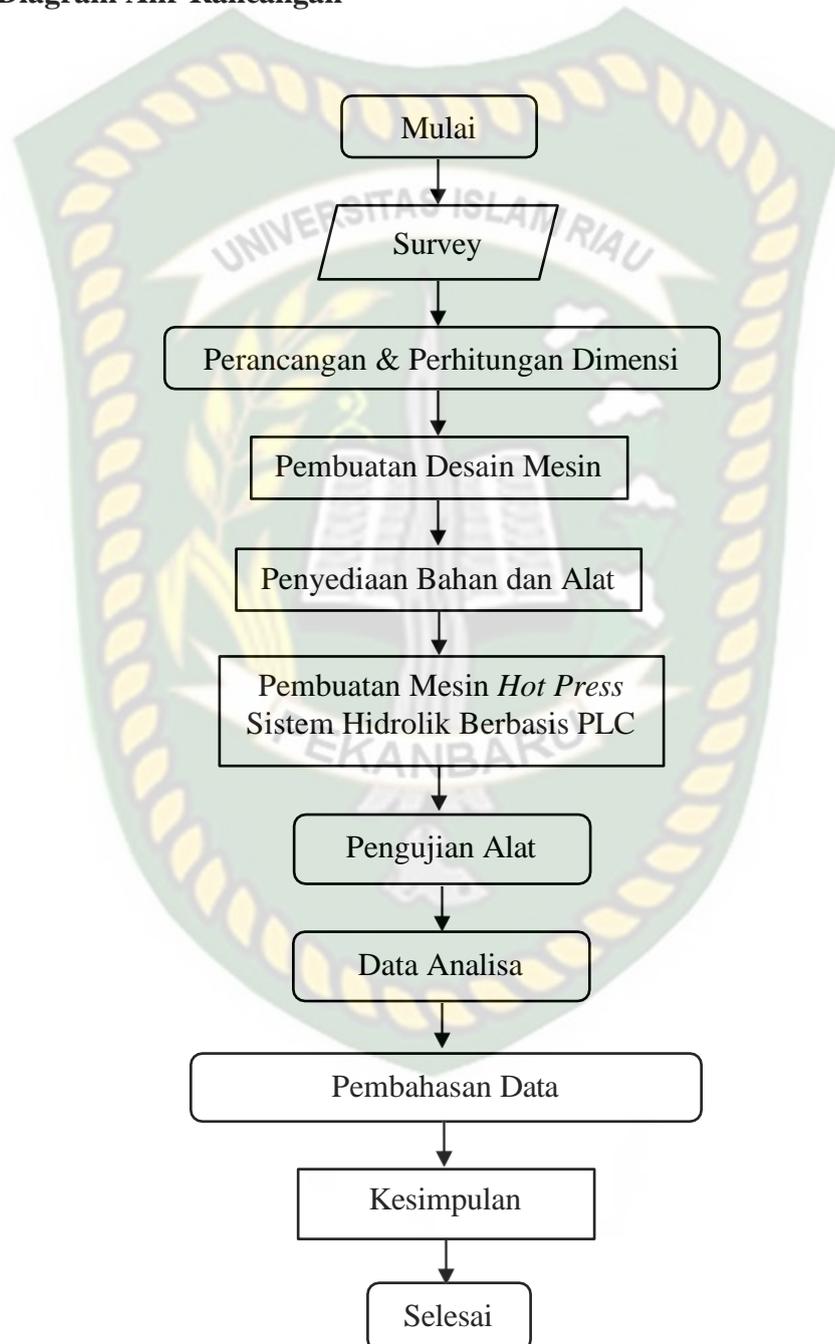
KP = Kapasitas Produksi (Kg/jam)

W = Berat plastik (Kg)

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Rancangan



Gambar 3.1. Diagram Alir Rancangan

Dari diagram alir rancangan di atas, dapat di jelaskan bahwasanya pada saat penelitian tugas akhir memiliki tahap-tahap yang dilakukan hasil yang diperoleh dalam menciptakan mesin ini tepat sasaran dan sesuai yang di harapkan. Sebagai berikut:

1. Survey

Konsep pembahasan dalam survey ini yaitu, melakukan peninjauan ke lapangan untuk mengangkat dan menganalisa suatu judul yang akan di ambil dalam tugas akhir ini, seperti orang.

2. Perancangan & Perhitungan Dimensi

Menentukan data-data perancangan dan data perhitungan untuk dimensi pada alat *hot press* daur ulang plastik HDPE.

3. Menggambar Alat

Menggambar alat adalah mendesain alat berupa sketsa.

4. Penyediaan bahan dan alat

Menyediakan bahan dan alat yang direncanakan dalam melakukan proses perancangan mesin *hot press* daur ulang plastik HDPE.

5. Pembuatan mesin *hot press* daur ulang plastik

Menentukan ukuran-ukuran alat dan bahan pada *hot press* daur ulang plastik HDPE dan melakukan perancangan *hot press* daur ulang plastik

6. Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah untuk melihat kondisi dalam proses perancangan sistem tekanan, gaya dan temperatur pada *hot press* daur ulang plastik HDPE

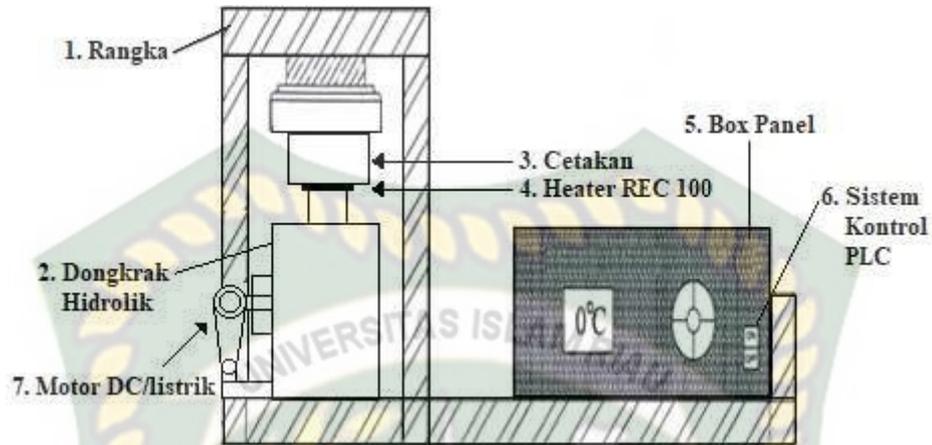
7. Hasil Perancangan & Pembahasan

Suatu proses yang didapat dari hasil penelitian perancangan *hot press* daur ulang plastik HDPE dan membahas hasil pengujian yang telah dilakukan.

8. Kesimpulan

Hasil dari pengumpulan data dari pengujian atau pengolahan data yang di lakukan di lapangan dari awal proses pembuatan alat sampai alat selesai.

### 3.2 Gambar Sketsa Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik Berbasis PLC



Gambar 3.2. Komponen Utama Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik Berbasis PLC

Keterangan :

1. Rangka
2. Dongkrak Hidrolik
3. Cetakan (*Molding*)
4. *Heater* REC 100
5. Box Panel
6. Sistem kontrol PLC
7. Motor DC/listrik

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC adalah :

1. Dongkrak Hidrolik



Gambar 3.3. Dongkrak Hidrolik

2. Gerinda Tangan



Gambar 3.4. Gerinda Tangan

3. Mesin Las Listrik



Gambar 3.5. Mesin las listrik

4. Gerinda Potong Duduk



Gambar 3.6. Gerinda potong duduk

5. Mesin Bor



Gambar 3.7. Mesin Bor

6. Timbangan Analitik



Gambar 3.8. Timbangan analitik

7. Stopwatch



Gambar 3.9. Stopwatch

8. Heater & REC 100



(a)



(b)

Gambar 3.10. a. Heater dan b. REC 100

### 3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pembuatan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC adalah sebagai berikut :

1. Besi Hollow



Gambar 3.11. Besi Hollow

2. *Stainless Steel* 304



Gambar 3.12. *Stainless Steel* 304

3. Plat Baja ST 37



Gambar 3.13. Baja ST 37

#### 4. Plastik LDPE



Gambar 3.14. Plastik LDPE

### 3.4 Proses Pembuatan Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik Berbasis PLC

Proses pembuatan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pemilihan bahan kerangka mesin dongkrak hidrolik, cetakan (*molding*), *heater* REC 100, box panel, sistem kontrol PLC dan motor DC. Dimana kerangka dengan ukuran dimensi panjang 600 mm, lebar 300 mm dan tinggi 400 mm. Langkah awal dalam pembuatan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC dilakukan tahap rancangan komponen mesin *hot press*. Selanjutnya ke proses pemotongan komponen mesin sesuai ukuran desain, lalu dilakukan pengecekan terhadap komponen yang sudah dipotong sudah pass atau masih ada kesalahan ukuran dan jika benar akan lanjut ke proses selanjutnya. Setelah itu lanjut ke proses perakitan komponen menggunakan sambungan las, jenis las yang digunakan adalah smaw dan elektroda E 6010. Setelah proses perakitan selesai dilakukan maka mesin siap untuk di uji.

#### 3.4.1 Proses Rancangan Komponen Mesin

1. Membuat konsep yang menginformasikan konsep rancangan dalam bentuk komunikasi gambar.
2. Selanjutnya menentukan struktur konstruksi mesin berdasarkan alternatif konsep yang dihasilkan dari tahap sebelumnya.
3. Lalu konstruksi alternatif yang dipilih dibuat gambar draft sehingga menghasilkan gambar layout awal.

4. Setelah didapatkan gambar layout, maka rancangan dioptimasi dan disempurnakan bentuknya.
5. Lalu rancangan dikontrol dari kesalahan-kesalahan dan faktor-faktor kemungkinan akan mengganggu pemenuhan fungsi.
6. Hasil dari tahapan ini adalah spesifikasi layout (*definitive layout*). Maka, layout definitif berisi gambar konstruksi yang lebih rinci dimana perancangan mulai menyempurnakan fungsi, kekuatan, dan kompatibilitas rancangan.

#### **3.4.2 Proses Pemotongan Komponen Mesin**

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk dipotong sesuai ukuran rancangan.
2. Memotong bahan besi hollow menggunakan gerinda tangan dengan ukuran panjang 60 cm sebanyak 5 buah potongan, lebar 30 cm sebanyak 8 buah potongan dan tinggi 40 cm sebanyak 4 buah potongan.
3. Memotong bahan plat ST 37 menggunakan gerinda duduk sesuai ukuran cetakan yaitu panjang 12 cm, lebar 7 cm dan tinggi 5 cm.
4. Lalu memotong plat *stainless steel* 304 sebagai media kedudukan heater didalam cetakan dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 5 cm dan tebal 0,5 cm.
5. Kemudian melakukan pengecekan terhadap komponen yang sudah diukur dan dipotong apakah komponen terjadi kelebihan atau kekurangan dalam pemotongan, jika terjadi kesalahan maka akan diperbaiki, dan jika benar akan dilanjutkan ke proses berikutnya

#### **3.4.3 Proses Perakitan Komponen Mesin**

1. Mempersiapkan mesin las SMAW, mesin bor dan bahan-bahan yang sudah dipotong sesuai ukuran.
2. Meletakkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar.

4. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut  $70^{\circ}$ , dengan lebar celah 2 mm.
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam perancangan mesin hot press ini dipilih elektroda jenis E 6010
6. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 120 ampere.
7. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk rangka mesin dan cetakan dengan arus 120 ampere.
8. Lalu melubangi box panel menggunakan mesin bor guna untuk jalur kabel listrik yang terhubung dengan heater cetakan dan motor DC.
9. Setelah dilakukan pengelasan dan pengeboran pada benda kerja. Kemudian haluskan benda kerja dengan menggunakan gerinda.

### 3.5 Prosedur Pengujian Mesin

Dalam pengujian alat ini dilakukan beberapa tahapan diantaranya :

1. Mempersiapkan mesin *hot press* sistem hidrolik bahan sampah plastik LDEP yang akan di daur ulang.
2. Menyalakan mesin *hot press* dengan menekan tombol ON.
3. Masukkan plastik kedalam cetakan (*mold*).
4. Lalu catat waktu proses pencetakan yang dibutuhkan untuk mendaur ulang atau mencetak plastik.
5. Kemudian timbang berat plastik LDPE setelah di cetak.
6. Dihitung setiap parameter yang akan ditentukan .
7. Pengujian dilakukan dengan jumlah 3 kali dengan hitungan per-jam .
8. Data dimasukkan kedalam sebuah tabel 3.1 setelah melakukan pencetakan.

Tabel 3.1 Kapasitas Produksi

No.	Jenis Plastik	Waktu (menit)	Berat Plastik (Kg)	Kapasitas Produksi (Kg/Jam)
1.	LDPE	60	-	-

### 3.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari persiapan alat dan bahan, pembuatan mesin hot press sistem hidrolik berbasis PLC, dan prosedur pengujian mesin dilaksanakan pada tahun 2023.

Tempat :

1. Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

### 3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian

Jadwal kegiatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Bulan																
		4			5			6			7							
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1.	Studi Literatur																	
2.	Pembuatan Proposal																	
3.	Bimbingan Bab I																	
4.	Bimbingan Bab II																	
5.	Bimbingan Bab III																	
6.	Seminar Proposal Skripsi																	
7.	Bimbingan Bab IV																	
8.	Bimbingan Bab V																	
9.	Bimbingan Jurnal																	
10.	Sidang Skripsi																	

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengembangan Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik

Hasil pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik yang digunakan untuk mendaur ulang sampah plastik. Mesin *hot press* beroperasi melalui sistem kendali otomatis yang terhubung ke motor penggerak DC dan prinsip kerja mesin *hot press* dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Rangkaian alat pemanas atau *heater* terhubung ke sistem kontrol panas untuk penghantar panas pada cetakan. Hasil pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik untuk daur ulang sampah plastik dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1. Mesin *Hot Press*

#### 4.2 Perhitungan Tekanan

Perhitungan tekanan hidrolik pada mesin *hot press* sistem hidrolik didapat dari data perencanaan tekanan hidrolik dan luas penampang area cetakan, adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (Pers.4.1)$$

Dimana:

$P$  = Tekanan hidrolik ( $N/mm^2$ )

$F$  = Gaya tekan (N)

$m$  = massa = 2000 kg

$A$  = Area = 3800  $mm^2$

$g$  = Gravitasi = 9,81  $m/s^2$

Tekanan yang terjadi pada hidrolik dipengaruhi oleh gaya beban yang harus diangkat ( $F$ ) terhadap luas penampang yang terbebani ( $A$ ) dan dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{2000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{3800}$$

$$P = \frac{19.620 \text{ N}}{3800 \text{ mm}^2}$$

$$P = 5,16 \text{ N/mm}^2$$

$$= 5,16 \text{ Mpa}$$

Tekanan yang didapatkan yaitu sebesar 5,16  $N/mm^2$  lalu dikonversikan menjadi 51,6 Bar.

#### 4.3 Perhitungan Daya Total Pada Mesin *Hot Press* Sistem Hidrolik

Perhitungan daya total mesin *hot press* sistem hidrolik didapat dari data perencanaan daya listrik perangkat heater ditambah daya listrik perangkat motor DC ditambah daya perangkat PSU, adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$P_{total} = P_h + P_{dc} + P_{rec} + P_{PLC} \dots\dots\dots \text{(Pers.4.2)}$$

Dimana:

$P_{total}$  = Daya total (Watt)

$P_h$  = Daya perangkat heater (Watt)

$P_{dc}$  = Daya motor DC (Watt)

$P_{PSU}$  = Daya Sistem PSU (Watt)

#### 4.3.1 Daya Listrik Pada Heater

Daya heater pada mesin *hot press* didapat dari 2 buah *heater* adalah alat penghantar panas dengan suhu maksimal 270°C. Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_h = V \cdot I \dots\dots\dots (Pers.4.3)$$

Dimana :

$$P_h = \text{daya heater (Watt)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

$$= 48 \text{ Volt}$$

$$I = \text{arus listrik (Ampere)}$$

$$= 2,5 \text{ Ampere}$$

Maka :

$$P_h = V \cdot I$$

$$P_h = 48 \text{ Volt} \times 2,5 \text{ Ampere}$$

$$= 120 \text{ Watt}$$

Pemakaian daya listrik pada *heater* adalah 120 Watt. Dapat dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Daya listrik perangkat *heater* pada mesin *hot press*

No	Tegangan (Volt)	Arus Listrik (Ampere)	Daya Heater (Watt)
1.	48	2,5	120

#### 4.3.2 Daya Listrik Pada REX 100

Daya REX 100 *temperature control* adalah modul *controller/thermostat* digital untuk mengendalikan ON/OFF nya pemanas (*heater*). Daya REX 100 *temperature control* pada mesin *hot press* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{rec} = V \cdot I$$

Dimana :

$$P_{\text{rec}} = \text{daya REX 100 (Watt)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

$$= 10 \text{ Volt}$$

$$I = \text{arus listrik (Ampere)}$$

$$= 3 \text{ Ampere}$$

Maka :

$$P_{\text{rec}} = V \cdot I$$

$$P_{\text{rec}} = 10 \text{ Volt} \times 3 \text{ Ampere}$$

$$= 30 \text{ Watt}$$

Pemakaian daya listrik pada *heater* adalah 30 Watt. Dapat dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Daya listrik *REX 100* pada mesin *hot press*

No	Tegangan (Volt)	Arus Listrik (Ampere)	Daya Heater (Watt)
1.	10	3	30

#### 4.3.3 Daya Listrik Pada Motor DC

Daya motor DC pada mesin *hot press* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\text{dc}} = V \cdot I$$

Dimana :

$$P_{\text{dc}} = \text{daya motor DC (Watt)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

$$= 25 \text{ Volt}$$

$$I = \text{arus listrik (Ampere)}$$

$$= 2,2 \text{ Ampere}$$

Maka :

$$P_{\text{rec}} = V \cdot I$$

$$P_{\text{rec}} = 25 \text{ Volt} \times 2,2 \text{ Ampere}$$

$$= 55 \text{ Watt}$$

Pemakaian daya listrik pada *heater* adalah 55 Watt. Dapat dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Daya listrik motor DC pada mesin *hot press*

No	Tegangan (Volt)	Arus Listrik (Ampere)	Daya Heater (Watt)
1.	25	2,2	55

#### 4.3.4 Daya Listrik PLC

Daya motor DC pada mesin *hot press* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{dc} = V \cdot I$$

Dimana :

$$P_{dc} = \text{daya motor DC (Watt)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

$$= 40 \text{ Volt}$$

$$I = \text{arus listrik (Ampere)}$$

$$= 3 \text{ Ampere}$$

Maka :

$$P_{rec} = V \cdot I$$

$$P_{rec} = 40 \text{ Volt} \times 2 \text{ Ampere}$$

$$= 80 \text{ Watt}$$

Pemakaian daya listrik pada *heater* adalah 80 Watt. Dapat dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Daya listrik PSU pada mesin *hot press*

No	Tegangan (Volt)	Arus Listrik (Ampere)	Daya Heater (Watt)
1.	40	2	80

#### 4.3.5 Total Daya Listrik

Daya pada mesin hot press didapat dari 2 buah *heater* adalah alat penghantar panas dengan suhu maksimal 270°C dan REX 100 *temperature control* adalah

modul *controller*/thermostat digital untuk mengendalikan ON/OFF nya pemanas (*heater*). Dapat dihitung dengan total daya dari setiap komponen pada mesin hot press sebagai berikut :

$$P_{total} = P_h + P_{dc} + P_{rec} + P_{PLC}$$

Dimana :

$$P_{total} = \text{Daya total (Watt)}$$

$$= 120 \text{ Watt}$$

$$P_{th} = \text{Daya perangkat heater (Watt)}$$

$$= 30 \text{ Watt}$$

$$P_{dc} = \text{Daya motor DC (Watt)}$$

$$= 55 \text{ Watt}$$

$$P_{PLC} = \text{Daya Sistem PLC (Watt)}$$

$$= 80 \text{ Watt}$$

Maka :

$$P_{total} = 120 + 30 + 55 + 80 \text{ (Watt)}$$

$$= 285 \text{ Watt}$$

Pemakaian total daya listrik pada pengembangan mesin *hot press* adalah 285 Watt atau 0,285 kW. Dapat dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.5. Total daya listrik pada mesin *hot press*

No	Daya Heater (Watt)	Daya REC 100 (Watt)	Daya Motor Dc (Watt)	Daya PLC (Watt)	Total Daya Mesin (Watt)
1.	120	30	55	80	285

#### 4.4 Kekuatan Kerangka Mesin *Hot Press*

Pada pengembangan alat mesin *hot press* menggunakan proses pengelasan terhadap rangka dengan bahan JIS G3101 SS 400. Pembuatan rangka menggunakan sambungan las busur listrik, karena sambungan ini lebih kuat daripada sambungan baut. Setelah proses perhitungan sambungan las ini dilakukan maka sambungan las tersebut bisa dikatakan layak.

Sambungan las yang digunakan yaitu jening las ujung dengan ujung segiempat. Perhitungan las pada sambungan ini, beban yang diterima rangka 2000 kg didapat dari asumsi berat dari barang. Karenan pengelasan pada sambungan antara rangka dengan rangka lainnya ada 60 titik pengelasan, maka beban keseluruhan dibagi 60 yaitu  $2000 : 60 = 33,33$  kg. Untuk menghitung kekuatan sambungan las dapat dirumuskan sesebagai berikut :

$$\sigma_{las} = \frac{F}{\sqrt{2}.t.l} \dots\dots\dots (Pers.4.4)$$

Mencari panjang las bersih,

Tebal las = 4 mm

$$\begin{aligned}
 BD = a &= \frac{t}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{4}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{4}{1,414} \\
 &= 2,8288 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{bersih} &= I_{kotor} - 2.a.t \\
 &= 100 - 4.2.2,8288 \\
 &= 77,3
 \end{aligned}$$

Mencari gaya (F)

$$\begin{aligned}
 F &= m.g \\
 &= 33,33 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 326,96 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Mencari tegangan geser pada penampang las :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{las} &= \frac{F}{\sqrt{2}.t.l} \\
 &= \frac{326,96}{\sqrt{2}.4.77,3} \\
 &= \frac{294,1 \text{ N}}{24,86 \text{ mm}^2} \\
 &= 13,15 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, tegangan geser yang terjadi pada alat yaitu  $13,15 \text{ N/mm}^2$ . Dari tegangan geser yang diijinkan untuk bahan jenis SS400 yang memiliki tegangan

geser maksimal 235 N/mm<sup>2</sup>, dengan angka keamanan (sf) untuk beban kejut yaitu 10 N/mm<sup>2</sup>. Dapat dilakukan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{las} \text{ ijin} &= \frac{\sigma_{las}}{sf} \\
 &= \frac{235}{10} \\
 &= 23,5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga tegangan geser penampang las 13,15 N/mm<sup>2</sup> < 23,5 N/mm<sup>2</sup> (kekuatan sambungan las antara rangka aman untuk menahan beban).

#### 4.5 Kapasitas Produksi

Produksi daur ulang plastik didapatkan dengan pengujian selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit kedalam mesin *hot press* dan panas yang digunakan 115°C dengan penyetelan kontrol suhu. Pengujian produksi alat ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan jenis bahan plastik yaitu LDPE. Kemampuan untuk menghitung produksi mesin *hot press* akibat tekanan dan panas yang konstan dan jenis plastik yang berbeda dapat dihitung dengan rumus kapasitas produksi :

$$\begin{aligned}
 KP &= \frac{W}{t} \text{ gr/detik} \\
 &= \frac{\text{Berat Plastik}(gr)}{\text{waktu (detik)}}
 \end{aligned}$$

Dimana :

KP = Kapasitas Produksi (Kg/jam)

W = Berat plastik LDPE (Kg)

t = waktu (menit)

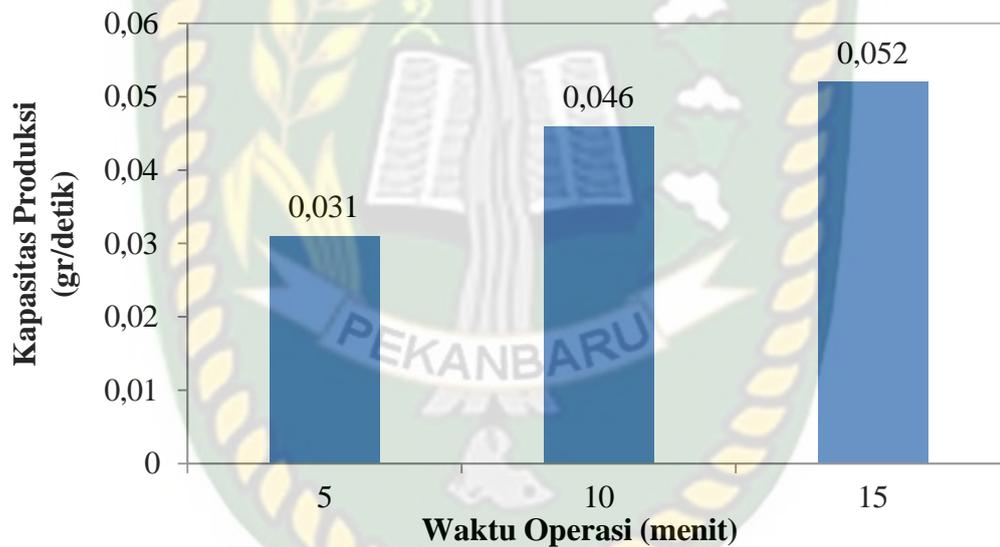
1. Produksi plastik LDPE dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 KP &= \frac{\text{Berat Plastik}(gr)}{\text{waktu (detik)}} \\
 &= \frac{47,63 \text{ gram}}{900 \text{ detik}} \\
 &= 0,052 \text{ gr/detik}
 \end{aligned}$$

Hasil produksi mesin *hot press* untuk daur ulang plastik LDPE memiliki hasil kapasitas produksi yaitu 0,052 gr/detik, kemudian dimasukkan kedalam sebuah tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6. Produksi Mesin *Hot Press*

No	Jenis Plastik	Produksi (gram)	Waktu (detik)	Kapasitas Produksi (gr/detik)
1.	LDPE	9,38	300	0,031
2.		28,15	600	0,046
3.		47,63	900	0,052



Gambar 4.2. Grafik hasil kapasitas produksi pada mesin *hot press* sistem hidrolik terhadap waktu operasi

Gambar 4.2 merupakan grafik yang menunjukkan hasil kapasitas produksi pada mesin *hot press* sistem hidrolik terhadap waktu operasi. Semakin besar waktu operasi semakin besar kapasitas produksi yang dihasilkan oleh mesin *hot press* sistem hidrolik. Hal ini dikarenakan waktu operasi kerja mesin *hot press* sistem hidrolik mempengaruhi berat pada plastik LDPE yang didaur ulang sehingga menyebabkan peningkatan kapasitas produksi pada mesin *hot press*.

Berdasarkan uraian diatas, pada percobaan kapasitas produksi yang baik dalam waktu operasi 15 menit sehingga kapasitas produksi yang dihasilkan sebesar 0,052 gr/detik.

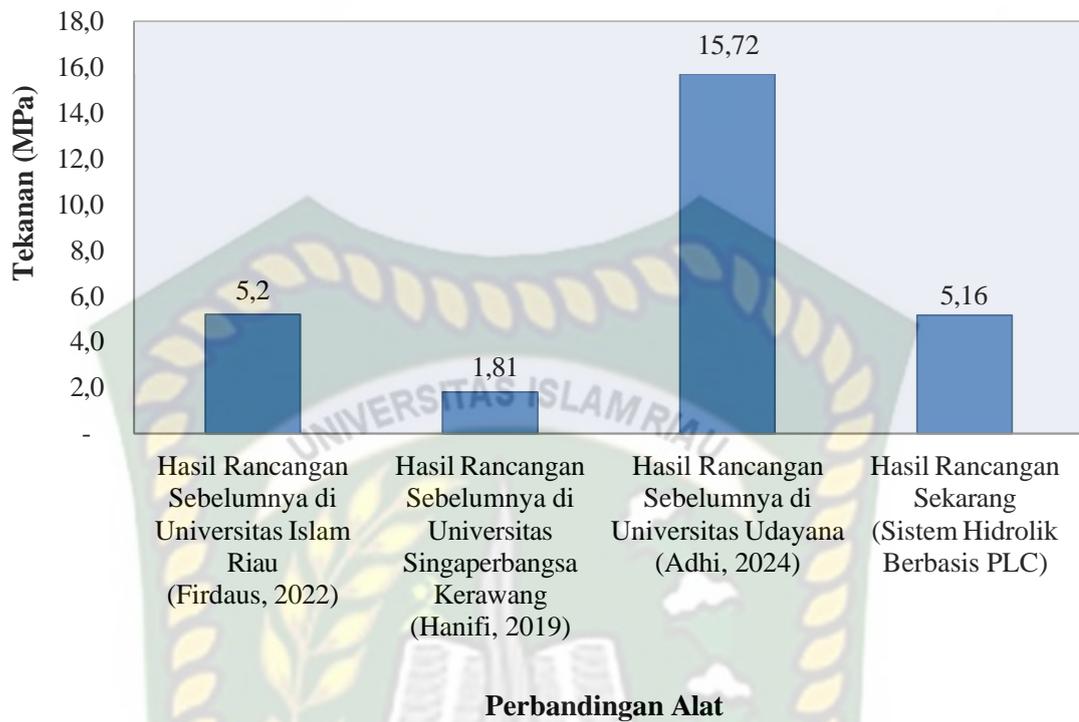
Hasil grafik pengujian mesin hot press sistem hidrolik menunjukkan peningkatan kapasitas produksi saat pengujian terjadi pada waktu operasi 15 menit. Dengan menggunakan mesin hot press sistem hidrolik ini dapat mempermudah kerja dalam mendaur ulang plastik LDPE karena menggunakan sistem kontrol dari PLC sehingga dalam proses kerja mesin otomatis.

#### 4.6 Perbandingan Tekanan Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya

Pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7. Perbandingan tekanan pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

No	Kinerja Alat	Hasil Rancangan Sebelumnya			Hasil Rancangan Sekarang
		Universitas Islam Riau (Firdaus, 2022)	Universitas Singaperbangsa Kerawang (Hanifi, 2019)	Universitas Udayana (Adhi, 2024)	Sistem Hidrolik
1.	Tekanan (MPa)	5,2	1,81	15,72	5,16



Gambar 4.3. Grafik perbandingan tekanan pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

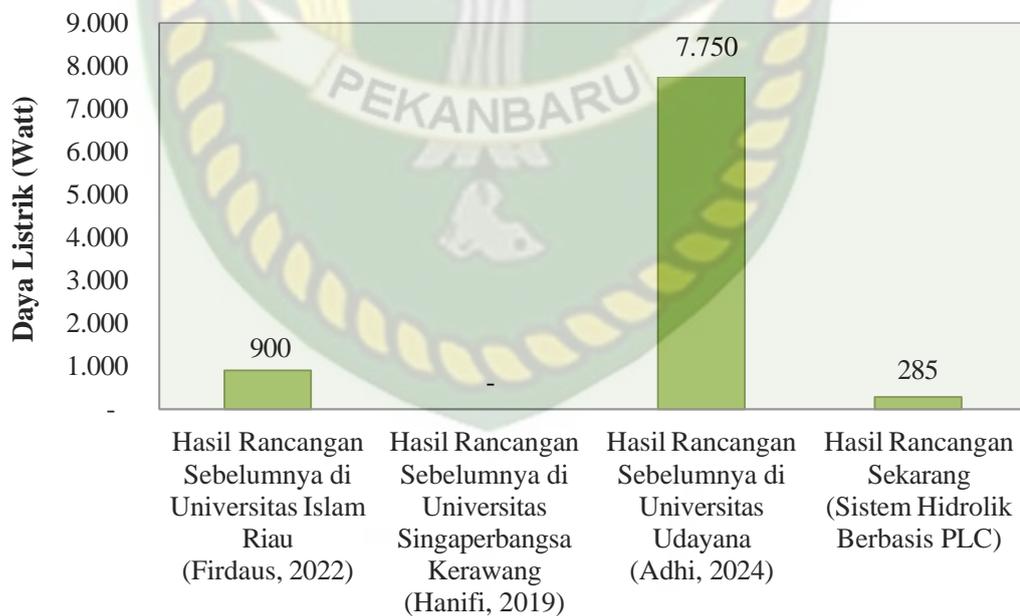
Hasil grafik perbandingan tekanan pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya pada gambar 4.3, terlihat bahwa hasil rancangan sebelumnya tentang perancangan mesin *hot press* untuk daur ulang plastik (HDPE) dengan tekanan sebesar 5,2 MP (Firdaus, 2022). Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* untuk pembuatan papan komposit berbasis limbah sekam padi dan plastik HDPE dengan tekanan sebesar 1,81 MPa (Hanifi, 2019). Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* limbah plastik serta perhitungan konsumsi energi pencetakan dengan tekanan 15,72 MPa (Adhi, 2024). Pada hasil rancangan sekarang tekanan yang dihasilkan sebesar 5,16 MPa. Hal ini dikarenakan tekanan yang dipengaruhi dengan luas area, gravitasi dan gaya. Semakin besar gaya dan semakin kecil area yang diberikan maka semakin besar tekanan yang didapatkan serta sebaliknya semakin kecil gaya dan semakin besar area maka menghasilkan tekanan lebih kecil.

#### 4.7 Perbandingan Daya Listrik Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya

Pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8. Perbandingan daya listrik pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

No	Kinerja Alat	Hasil Rancangan Sebelumnya			Hasil Rancangan Sekarang
		Universitas Islam Riau (Firdaus, 2022)	Universitas Singaperbangsa Kerawang (Hanifi, 2019)	Universitas Udayana (Adhi, 2024)	Sistem Hidrolik
1.	Daya Listrik (Watt)	900	-	7750	285



**Perbandingan Alat**

Gambar 4.4. Grafik perbandingan daya listrik pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

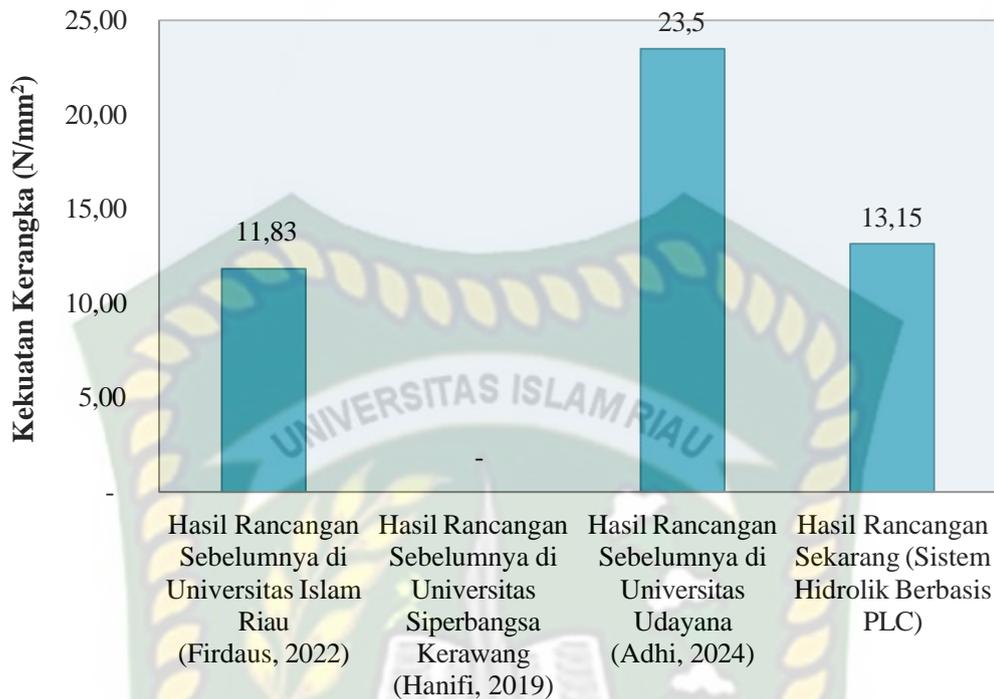
Hasil grafik perbandingan daya listrik pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya pada gambar 4.4, terlihat bahwa hasil rancangan sebelumnya tentang perancangan mesin *hot press* untuk daur ulang plastik (HDPE) dengan daya listrik sebesar 900 Watt. Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* untuk pembuatan papan komposit berbasis limbah sekam padi dan plastik HDPE tidak menganalisa daya listrik (Hanifi, 2019). Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* limbah plastik serta perhitungan konsumsi energi pencetakan dengan daya listrik sebesar 7750 Watt (Adhi, 2024). Pada hasil rancangan sekarang daya listrik yang digunakan sebesar 285 Watt. Hal ini dikarenakan daya listrik dipengaruhi oleh tegangan dan arus listrik, semakin besar tegangan dan arus listrik yang digunakan pada alat maka semakin besar daya listrik yang di butuhkan. Sistem kontrol PLC dapat mengontrol penggunaan daya pada pengembangan alat sehingga daya listrik yang digunakan lebih kecil dan dapat menghemat cost dalam proses kerja mesin *hot press*.

#### 4.8 Perbandingan Kekuatan Kerangka Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya

Pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9. Perbandingan kekuatan kerangka pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

No	Kinerja Alat	Hasil Rancangan Sebelumnya			Hasil Rancangan Sekarang
		Universitas Islam Riau (Firdaus, 2022)	Universitas Singaperbangsa Kerawang (Hanifi, 2019)	Universitas Udayana (Adhi, 2024)	Sistem Hidrolik
1.	Kekuatan Kerangka (N/mm <sup>2</sup> )	11,83	-	23,5	13,15



#### Perbandingan Alat

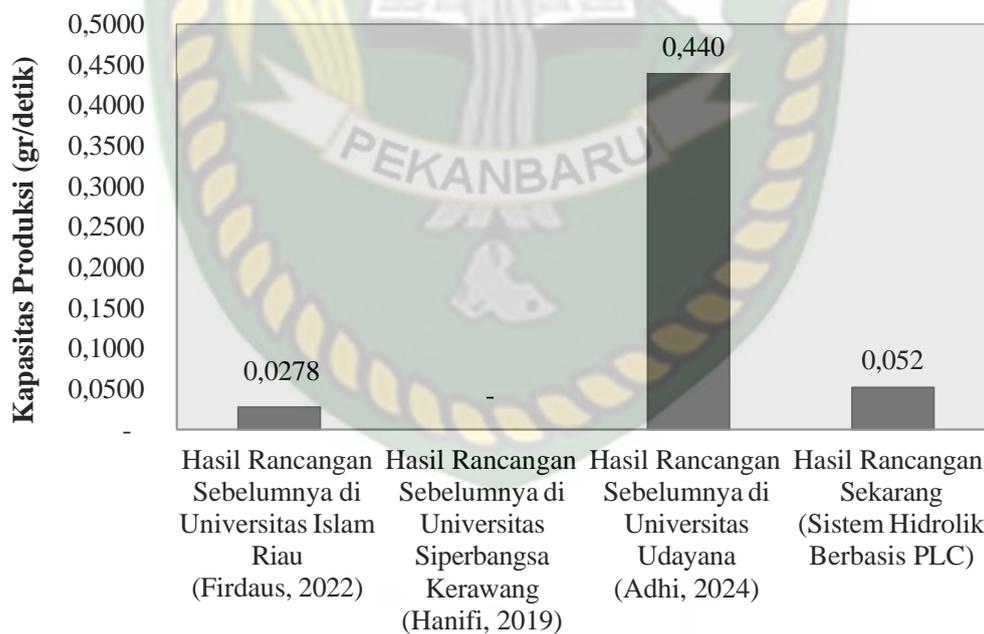
Gambar 4.5. Grafik perbandingan kekuatan kerangka pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

Hasil grafik perbandingan kekuatan kerangka pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya pada gambar 4.5, terlihat bahwa hasil rancangan sebelumnya tentang perancangan mesin *hot press* untuk daur ulang system (HDPE) dengan kekuatan kerangka sebesar 11,83 N/mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* untuk pembuatan papan komposit berbasis limbah sekam padi dan plastik HDPE, tidak menganalisa kekuatan kerangka (Hanifi, 2019). Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* limbah plastik serta perhitungan konsumsi energi pencetakan dengan kekuatan kerangka sebesar 23,5 N/mm<sup>2</sup> (Adhi, 2024). Pada hasil rancangan sekarang kekuatan kerangka yang digunakan sebesar 13,15 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan kekuatan kerangka yang dipengaruhi dengan banyak titik pengelasan dan tebal lasan pada kerangka sehingga kekuatan rangka pengembangan mesin *hot press* sekarang yaitu 13,15 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.9 Perbandingan Kapasitas Produksi Pada Hasil Pengembangan Mesin Dengan Hasil Sebelumnya

Pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini. Tabel 4.10. Perbandingan kapasitas produksi pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

No	Kinerja Alat	Hasil Rancangan Sebelumnya			Hasil Rancangan Sekarang
		Universitas Islam Riau (Firdaus, 2022)	Universitas Singaperbangsa Kerawang (Hanifi, 2019)	Universitas Udayana (Adhi, 2024)	Sistem Hidrolik
1.	Kapasitas Produksi (gr/detik)	0,0278	-	0,44	0,052



**Perbandingan Alat**

Gambar 4.6. Grafik perbandingan kapasitas produksi pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya

Hasil grafik perbandingan kapasitas produksi pada hasil pengembangan mesin dengan hasil sebelumnya pada gambar 4.6, terlihat bahwa hasil rancangan sebelumnya tentang perancangan mesin *hot press* untuk daur ulang plastik (HDPE) dengan kapasitas produksi 0,0278 gr/detik. Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* untuk pembuatan papan komposit berbasis limbah sekam padi dan plastik HDPE, tidak menganalisa kapasitas produksi (Hanifi, 2019). Hasil penelitian tentang rancang bangun mesin *hot press* limbah plastik serta perhitungan konsumsi energi pencetakan dengan kapasitas produksi sebesar 0,440 gr/detik (Adhi, 2024). pada hasil rancangan sekarang kapasitas produksi yang dihasilkan sebesar 0,052 gr/detik. Hal ini dikarenakan kapasitas produksi yang dipengaruhi berat produksi dan waktu operasi, semakin besar berat produksi dan semakin kecil waktu operasi maka semakin besar kapasitas produksi yang dihasilkan. Sistem kontrol PLC mampu meningkatkan hasil kapasitas produksi dalam waktu operasi 15 menit yaitu sebesar 0,052 gr/detik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC untuk daur ulang sampah plastik didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil tekanan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC untuk daur ulang sampah plastik yaitu 5,16 MPa.
2. Total daya listrik yang dipakai dalam pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC untuk daur ulang sampah plastik yaitu 285 Watt.
3. Tegangan geser yang terjadi pada alat yaitu 13,15 N/mm<sup>2</sup>. Dari tegangan geser yang diijinkan untuk bahan jenis SS400 yang memiliki tegangan geser maksimal 23,5 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan geser penampang las 11,83 N/mm<sup>2</sup> < 23,5 N/mm<sup>2</sup> (kekuatan sambungan las antara rangka aman untuk menahan beban).
4. Hasil kapasitas produksi dari pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC untuk daur ulang sampah plastik yaitu 0,052 gr/detik.
5. Tekanan yang dipengaruhi dengan luas area, gravitasi dan gaya. Semakin besar gaya dan semakin kecil area yang diberikan maka semakin besar tekanan yang didapatkan serta sebaliknya semakin kecil gaya dan semakin besar area maka menghasilkan tekanan lebih kecil.
6. Kekuatan kerangka yang dipengaruhi dengan banyak titik pengelasan dan tebal lasan pada kerangka.
7. Kapasitas produksi yang dipengaruhi berat produksi dan waktu operasi, semakin besar berat produksi dan semakin kecil waktu operasi maka semakin besar kapasitas produksi yang dihasilkan.

## 5.2 Saran

Pengembangan mesin *hot press* sistem hidrolik berbasis PLC untuk daur ulang sampah plastik ini meski sudah cukup memenuhi harapan, namun masih mempunyai kekurangan. Oleh karena itu, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1. Pengembangan mesin hot press sistem hidrolik berbasis PLC perlu dikembangkan dengan menambah luas area cetakan supaya lebih konsumtif.
2. Perlu diajukan sebagai pencetak spesimen dilaboratorium agar mesin selalu bekerja dan berguna untuk penelian komposit seterusnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aganguly, S. 2019. Plastic Pollution and its Adverse Impact on Environment and Ecosystem. *International Conference on Recent Trends in Arts, Science, Engineering and Technology*, (p. 15). Bajor, India.
- Al Ummah, Nathiqoh. 2013. Uji ketahanan Bidegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya. *Skripsi*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Alfiando, R.B., 2016. Design and Development Control of Pneumatic Hot Press Machine Based 2 Control Relay With Fluidsim, EWB and Matlab Software. *Skripsi*. Program Sarjana Laboratorium Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Anis Arendra, 2014. Pengembangan Mesin Fermentasi Roti Menggunakan Pendekatan *Value Engineering (VE)*. *Spektrum Industri* 12(1): 1-14.
- Ariffudin, S. D., & Wulandari, D., 2014. Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair. *Skripsi*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Billmeyer, Fred W. 1971. *Textbook of Polymer Science*. Troy. New York.
- Dhimas Adi Permana, 2010 Rancang bangun mesin pres semi otomatis. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- E Erham et al, 2018. Design of a New PID Controller Based on Arduino Uno R3 with Application to Household Refrigerator. *Department of Refrigeration and Air Conditioning, State Polytechnic of Bandung (POLBAN)*. Indonesia.
- Fauziah, N. 2017. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Turbin Cross Flow Menggunakan Generator Dc Magnet Permanen. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Firdaus, M. 2022. Perancangan Mesin *Hot Press* Untuk Daur Ulang Plastik (HDPE). Skripsi. Fakultas Teknik Prodi Mesin Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Habib, I, 2019. Analisis Pemberdayaan Sampah Melalui Sistem Reduce, Reuce, Recycle Dalam Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Serta Pendapatan Asli Desa Untuk Mewujudkan Desa Mandiri Dalam Perspektif Ekonomi Islam. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Lampung.

- Harten, P.Van, 1985. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Bandung: Binacipta
- Irvan Okatama, 2016. Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik, *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. Vol. 05, No. 3(2016), ISSN 2089 – 7235, Hal. 109 – 113. Jakarta.
- Pressman, R.S & Bruce R. Maxim., 2020. *Software Engineering a Practitioner's Approach. Edisi ke-9 McGraw-Hill*. New York.
- Rachmat Suhendro, 2020. Analisis Karakteristik Model Sistem Hidraulik Alat Angkat. *Skripsi*. Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Rifai. A, 2013. Sistem Informasi Pemantauan Posisi Kendaraan Dinas UNSRI Menggunakan Teknologi GPS. *Jurnal Sistem Informasi*. Vol 5, No 2.
- Rizal Hanafi dkk, 2019. Rancang Bangun Mesin Hotpress Untuk Pembuatan Papan Komposit Berbasis Limbah Sekam Padi dan Plastik Hdpe. *Journal of Infrastructure & science Engineering*. Volume 2 No 1 PISSN: 2615-6962, E-ISSN: 2614-4638.
- Strachan, 2013. Amorphous Drugs And Dosage Forms. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.* vol 23, 403–408.
- Suryana, Cahya. 2012. Trainer Dispenser Hot and Cool Unit Proyek Akhir. *Thesis*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.
- Syahid dkk, 2021. Pengendalian Beban Daya Inverter Pada Solar Cell Berbasis PLC di Ruang Laboratorium Timur Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Semarang. *ORBITH VOL. 17 NO. 3* 236 – 243.