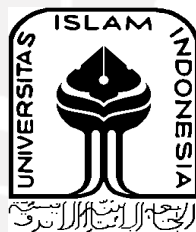


PEMBUATAN RANCANG BANGUN MESIN VULKANISASI KARET

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : M Tsagif Nurrahman

No. Mahasiswa : 16525104

NIRM : 2016080695

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika di kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Desember 2020



16525104



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN RANCANG BANGUN MESIN VULKANISASI
KARET**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

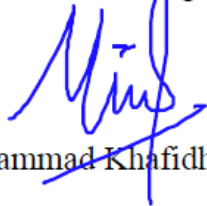
Nama : M Tsagif Nurrahman

No. Mahasiswa : 16525104

NIRM : 2016080695

Yogyakarta, Desember 2020

Pembimbing I,



Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.

Pembimbing II,



Donny Suryawan, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN RANCANG BANGUN MESIN VULKANISASI KARET

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : M Tsagif Nurrahman

No. Mahasiswa : 16525104

NIRM : 2016080695

Tim Penguji

Muhammad Khafidh, S.T., M.T., Ph.D.

Ketua


Tanggal : 30 Desember 2020

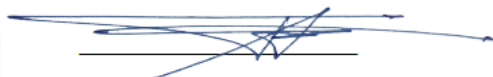
Muhammad Faizun, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota I


Tanggal : 30 Desember 2020

Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.

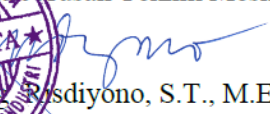
Anggota II


Tanggal : 30 Desember 2020

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Rosdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin. Oleh karena itu tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua yang selalu memberikan kasih sayang yang berlimpah serta selalu mendukung dan mendoakan agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu.

Dosen pembimbing satu dan dua serta seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan arahan, pelajaran dan ilmu agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

Teman-teman dan saudara yang selalu memberikan dukungan, kebahagiaan dan bantuan kecil maupun besar kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Semoga seluruh kebaikan, doa dan dukungan yang telah diberikan akan dibalas oleh Allah SWT yang maha adil dan mendapatkan pahala yang berlimpah serta rahmat dari-Nya. *Jazakallahu Khairan.*

HALAMAN MOTTO

“Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia”
(QS Ar-Ra’d: 11)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan,”
(QS. Al-Insyirah: 5-6)

“Tubuh dibersihkan dengan air. Jiwa dibersihkan dengan air mata. Akal dibersihkan dengan pengetahuan. Dan jiwa dibersihkan dengan cinta.”
(Ali bin Abi Thalib)

”Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akherat, maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu”
(HR. Turmudzi)

“Beri aku 1.000 orang tua, niscaya akan kucabut semeru dari akarnya. Beri aku 10 pemuda niscaya akan kuguncangkan dunia.”
(Ir. Soekarno)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Pembuatan Rancang Bangun Mesin Vulkanisasi Karet”. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang memberikan ajaran baik bagi umat manusia.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin dari Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Terselesaikannya laporan tugas akhir ini tidak lepas dari keterlibatan banyak pihak sehingga pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa bantuan moril maupun materiil hingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik. Terima kasih saya ucapkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan ajaran baiknya kepada manusia sehingga memunculkan semangat dan motivasi untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Dr. Muhammad Khafidh, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing satu yang selalu mendampingi dan memotivasi selama proses pembuatan tugas akhir terutama pada bidang pembuatan rancang bangun.
4. Donny Suryawan, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dua yang telah memberikan arahan dan ilmunya terutama pada bidang elektrik dan otomasi sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan bagi para mahasiswa,

6. Kedua orang tua penulis, Djoko Wijono S.E., M.M. dan Dra. Sri Ekanti Sabardini, M.Si. yang selalu mendoakan, mendukung dan memotivasi penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.
7. Seluruh rekan bimbingan Tugas Akhir yang telah berjuang bersama dan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan segala bentuk dukungan dan bantuan kepada penulis.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penelitian selanjutnya. Penulis juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih terdapat kesalahan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu penulis meminta maaf atas segala kesalahan yang ada. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun ke alamat email: muhammadtsagif@gmail.com sehingga menjadi pembelajaran penulis untuk penyusunan dan penulisan laporan selanjutnya.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Yogyakarta, Desember 2020

Penulis



M Tsagif Nurrahman

ABSTRAK

Kebutuhan produk karet semakin meningkat seiring berjalannya waktu khususnya pada karet vulkanisasi. Karet yang telah mengalami proses vulkanisasi akan memiliki sifat elastis dan mekanis lebih baik. Proses vulkanisasi menggunakan mesin vulkanisasi yang memproses karet *unvulcanized rubber* dengan memberikan tekanan dan panas pada suhu tertentu. Namun mesin vulkanisasi yang ada memiliki teknologi terbatas dan harga yang tinggi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibuat dan dirancang mesin vulkanisasi yang tepat guna dan memiliki harga yang terjangkau. Rancang bangun mesin vulkanisasi menggunakan metode morfologi untuk memilih konsep akhir perancangan berdasarkan kriteria seleksi yang telah ditetapkan. Tiga kriteria seleksi utama adalah keamanan, efisiensi dan kemudahan dalam menggunakan alat. Mesin vulkanisasi menggunakan dua komponen utama yaitu komponen pemberi gaya tekan menggunakan hidrolik dengan spesifikasi tekanan maksimum 330 bar atau 4790 psi dan komponen pemberi panas menggunakan *tubular heater* dengan spesifikasi 2000 watt serta suhu maksimum 1000°C. Material spesimen produk akan divulkanisasi menggunakan *Natural Rubber* DRC 60 dengan variasi komposisi 25 ml, 30 ml, 50 ml, 60 ml, 70 ml dan 75 ml pada proses vulkanisasi suhu 120°C selama 20 menit. Hasil pembuatan sampel spesimen produk yang telah divulkanisasi memiliki sifat elastis yang lebih baik. Pada pengujian tarik dan *elongation* didapatkan nilai rata-rata tegangan pada sampel 25 ml -75 ml adalah 10,464 N – 62,130 N sedangkan untuk nilai rata-rata *elongation* adalah 218,555 % – 630,611 %.

Kata Kunci : vulkanisasi karet, hidrolik, *tubular heater*, *natural rubber*, uji tarik, metode morfologi.

ABSTRACT

The need for rubber products is increasing over time, especially for vulcanized rubber. Rubber that has undergone a vulcanization process will have better elastic and mechanical properties. The vulcanization process uses a vulcanization machine that processes unvulcanized rubber by applying pressure and heat at a certain temperature. However, the existing vulcanization machines have limited technology and a high price. Therefore, in this research, a vulcanization machine that made and designed is more efficient and has an affordable price. The design of the vulcanization machine uses the morphological method to select the final design concept based on selection criteria. The three main selection criteria are safety, efficiency and easy to use. The vulcanization machine uses two main components, component that give compressive force using hydraulic with a maximum pressure specification of 330 bar or 4790 psi and the heating component using a tubular heater with a specification of 2000 watts and a maximum temperature of 1000 °C. The material specimen product will be vulcanized using Natural Rubber DRC 60 with a composition variance of 25 ml, 30 ml, 50 ml, 60 ml, 70 ml and 75 ml in the vulcanization process at temperature of 120 °C for 20 minutes. The results of making samples of product specimens that have been vulcanized have better elastic properties. In the tensile and elongation test, it was found that the average stress value in the 25 ml -75 ml sample was 10.464 N - 62.130 N while the average value of elongation was 218.555% - 630.611%.

Keywords: *rubber vulcanization, hydraulic, tubular heater, natural rubber, tensile test, morphological method.*

DAFTAR ISI

Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Perancangan.....	5
2.2.2 Metode Morfologi	7
2.2.3 Mekanika Rekayasa.....	9
2.2.4 Pembebanan pada Elemen Mesin.....	11
Bab 3 Metode Penelitian	13
3.1 Alur Penelitian	13
3.2 Peralatan dan Bahan.....	14
3.3 Perancangan	15

3.3.1	Penentuan Konsep Perancangan.....	15
3.3.2	Penetapan Konsep Akhir Perancangan.....	19
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	22
4.1	Hasil Perancangan Desain	22
4.1.1	Desain Mesin Vulkanisasi	22
4.1.2	Komponen Pemanas	27
4.1.3	Komponen Penekan.....	29
4.1.4	Analisis Pembebanan.....	31
4.2	Hasil Perancangan Produk	33
4.2.1	Produksi Rangka Mesin Vulkanisasi.....	34
4.2.2	Produksi Pemanas Mesin Vulkanisasi.....	38
4.2.3	<i>Assembly</i> Komponen Mesin Vulkanisasi	41
4.3	Hasil Pengujian Produk	44
4.3.1	Pembuatan Spesimen Produk	44
Bab 5	Penutup.....	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	48
Daftar Pustaka		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Contoh matriks morfologi.....	8
Tabel 2- 2 Contoh matriks penilaian produk.....	9
Tabel 3- 1 Peralatan perancangan dan pembuatan mesin vulkanisasi.....	14
Tabel 3- 2 Bahan-bahan pada proses pembuatan mesin vulkanisasi.....	15
Tabel 3- 3 Matriks morfologi pada konsep perancangan.	17
Tabel 3- 4 Matriks pengambil keputusan.	20
Tabel 4- 1 Spesifikasi spesimen produk <i>natural rubber</i> DRC 60.....	44
Tabel 4- 2 Hasil uji tarik dan <i>elongation</i> spesimen produk.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Mesin vulkanisasi karet	5
Gambar 2- 2 Siklus kehidupan produk	6
Gambar 2- 3 Blok fungsi produk	7
Gambar 2- 4 Prinsip gaya aksi reaksi	10
Gambar 2- 5 Mekanisme momen	10
Gambar 2- 6 Kontruksi dengan beban merata	11
Gambar 2- 7 Contoh pembebanan pada benda vertikal	12
Gambar 2- 8 Garis atau skema tegangan normal dan tegangan geser	12
Gambar 3- 1 Alur penelitian	13
Gambar 3- 2 Blok fungsi konsep perancangan.....	16
Gambar 3- 3 Diagram blok perancangan.....	16
Gambar 3- 4 Sketsa konsep perancangan.....	19
Gambar 4- 1 Desain tampak depan mesin vulkanisasi.....	23
Gambar 4- 2 Desain tampak iso mesin vulkanisasi.....	23
Gambar 4- 3 Tampak depan desain rangka utama mesin vulkanisasi.....	25
Gambar 4- 4 Tampak iso desain rangka utama mesin vulkanisasi.....	25
Gambar 4- 5 Dimensi rangka mesin vulkanisasi.....	26
Gambar 4- 6 Konsep pemanasan mesin vulkanisasi.	27
Gambar 4- 7 Pemanas pada mesin vulkanisasi.....	28
Gambar 4- 8 Rangka <i>heater</i> pada mesin vulkanisasi.	28
Gambar 4- 9 <i>Controll box</i> dan pompa oli.....	29
Gambar 4- 10 Piston hidrolik.	30
Gambar 4- 11 Skema pemasangan komponen penekan.	30
Gambar 4- 12 Analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap <i>displacement</i> pada rangka.	32
Gambar 4- 13 Analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap tegangan pada rangka.	33
Gambar 4- 14 Rangka dan <i>cover</i> hasil pengerjaan bengkel las.....	34
Gambar 4- 15 Peletakan <i>cover</i> pada rangka mesin vulkanisasi.....	35
Gambar 4- 16 Proses pemberian baut pada <i>cover</i> dengan rangka.....	35

Gambar 4- 17 Pengecatan dasar rangka mesin vulkanisasi.	36
Gambar 4- 18 Pengecatan utama rangka mesin vulkanisasi.	37
Gambar 4- 19 Hasil pengecatan utama rangka mesin vulkanisasi.	37
Gambar 4- 20 Hasil pembuatan rangka <i>heater</i>	38
Gambar 4- 21 Proses pengelasan rangka <i>heater</i>	39
Gambar 4- 22 Proses <i>assembly</i> komponen pemanas.	39
Gambar 4- 23 Cat tahan panas yang digunakan untuk pengecatan pemanas mesin vulkanisasi.	40
Gambar 4- 24 Proses pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi.	40
Gambar 4- 25 Hasil pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi.	41
Gambar 4- 26 Peletakan pemanas di bawah piston hidrolik.	41
Gambar 4- 27 Peletakan piston hidrolik di bawah rangka atas mesin.	42
Gambar 4- 28 Peletakan tanki hidrolik di dalam kolom bawah mesin.	42
Gambar 4- 29 Cover <i>control panel</i> mesin vulkanisasi.	42
Gambar 4- 30 Penambahan sistem arduino pada box hidrolik.	43
Gambar 4- 31 Sinkronisasi pada pemanas dan hidrolik menggunakan <i>limit switch</i>	43
Gambar 4- 32 Hasil akhir mesin vulkanisasi karet.	44
Gambar 4- 33 Hasil pembuatan spesimen produk <i>natural rubber</i> DRC 60.	45
Gambar 4- 34 (Kiri) material yang telah divulkanisasi dan (kanan) material yang belum divulkanisasi.	45
Gambar 4- 35 Grafik uji tarik dan <i>elongation</i> spesimen produk.	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk-produk berbahan dasar karet kini semakin berkembang dengan pesat baik dari segi kualitas maupun variasi produknya. Salah satu material karet yang banyak dibutuhkan adalah *vulcanized rubber*. Menurut Mark [1] karet yang telah melalui proses vulkanisasi akan mengalami perubahan struktur molekul sehingga karet berubah sifat dari termoplastik menjadi thermoset yang lebih stabil terhadap panas diiringi dengan perbaikan sifat elastisnya. Mesin vulkanisasi karet memberikan panas dan tekanan yang tepat sehingga *unvulcanized rubber* dapat dirubah menjadi *vulcanized rubber*.

Dua parameter utama yang harus diperhatikan dalam proses vulkanisasi adalah suhu dan waktu yang digunakan. Selain itu terdapat parameter pendukung berupa tekanan yang cukup untuk dapat merubah *unvulcanized rubber* menjadi *vulcanized rubber*. Berdasarkan *website* Alibaba mesin vulkanisasi karet satu unitnya seharga Rp 49.000.000,00 [2]. Mesin vulkanisasi karet masih dominan dibuat oleh pabrikan china dan memiliki harga yang relatif mahal.

Oleh karena itu diperlukan mesin vulkanisasi karet untuk industri khususnya kalangan akademik dengan harga yang terjangkau namun dapat digunakan dengan baik. Bagi kalangan akademik dengan adanya mesin vulkanisasi karet ini dapat menambah pengetahuan terkait proses vulkanisasi pada *unvulcanized rubber* serta untuk kalangan industri dapat menggunakan mesin ini untuk merubah *unvulcanized rubber* menjadi *vulcanized rubber* yang memiliki nilai jual lebih tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya adalah:

1. Bagaimana rancang bangun mesin vulkanisasi karet yang sesuai dengan kriteria penggunaan, tidak memiliki biaya yang besar dan aman digunakan oleh operator?
2. Bagaimana proses perancangan dan pembuatan mesin vulkanisasi karet?

1.3 Batasan Masalah

Pembuatan rancang bangun mesin vulkanisasi karet memerlukan batasan masalah agar pembahasan tidak menjauh dari inti dan tujuan perancangan adalah:

1. Menggunakan perangkat lunak CAD dan CAE yaitu *Autodesk Inventor 2018 Student Version* untuk melakukan proses desain dan analisis.
2. Material karet yang dapat diproses oleh mesin adalah *unvulcanized rubber* dengan jenis karet yang memerlukan panas untuk vulkanisasi atau *High Temperature Vulcanized / HTV*.
3. Hasil pembuatan mesin vulkanisasi karet merupakan prototipe dengan skala 1:1.
4. Kapasitas maksimal produksi material karet dari mesin yaitu produk dengan dimensi 20x20 cm dan tebal 5 cm
5. Rancang bangun mesin vulkanisasi dibuat dengan mengurangi bentuk rumit dari desain agar dapat memotong biaya dan mempermudah pada proses produksi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan mesin vulkanisasi karet adalah:

1. Merancang dan membuat mesin vulkanisasi karet yang sesuai dengan kebutuhan, keamanan dan tidak memerlukan biaya yang besar.
2. Mengetahui sistem kerja dan hasil produk pada mesin vulkanisasi yang telah dirancang dan dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan penelitian ini bagi masyarakat, industri maupun pembaca antara lain:

1. Dapat dijadikan sebagai solusi dan referensi dalam pembuatan mesin vulkanisasi karet yang sesuai dengan kebutuhan, aman dan tidak memerlukan biaya yang besar.
2. Dapat menjadi sarana ilmu pengetahuan terkait dengan penelitian *vulcanized rubber*.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini berisikan mengenai urutan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir yang dilengkapi dengan ringkasan isi dari masing-masing bab dalam penelitian ini.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian ini menjelaskan terkait latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan teori dan kajian pustaka yang digunakan dalam proses penelitian dan perancangan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bagian ini berisikan alur penelitian, kriteria desain serta alat dan bahan yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan mesin.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisikan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan memaparkan pembahasan, hasil pengujian serta analisis yang dilakukan pada mesin vulkanisasi karet.

BAB V : PENUTUP

Pada bagian ini berisikan kesimpulan dari pembuatan rancang bangun mesin vulkanisasi karet serta saran-saran yang membangun untuk proses penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dengan memberikan proses vulkanisasi pada material karet maka akan meningkatkan sifat elastis dan merubah karet dari thermoplastik menjadi thermoset. Molekul yang terdapat pada material *vulcanized rubber* telah terbentuk jaringan tiga dimensi yang disebut dengan ikatan silang. Ikatan silang ini akan menghubungkan satu unsur dengan unsur yang lainnya menurut Hofmann [3].

Sistem vulkanisasi terdiri dari tiga jenis yaitu konvensional (CV), semi efisien (SEV) dan efisien (EV). Ketiga jenis tersebut dibedakan oleh perbandingan *sulfur* dan akselerator sesuai dengan sifat karet yang ingin dibentuk. Pada sistem konvensional (CV) jumlah *sulfur* lebih tinggi daripada akselerator sehingga membentuk jaringan ringan yang sangat fleksibel dan menghasilkan sifat mekanik yang baik. Namun pada sistem semi efisien (SEV) jumlah *sulfur* lebih rendah daripada jumlah akselerator sehingga material mempunyai sifat tahan panas menurut Siriyong dan Keawwattana. Proses vulkanisasi memiliki dua aspek penting yang perlu diperhatikan yaitu suhu dan tekanan. Dengan menggunakan sistem vulkanisasi konvensional pada suhu 160°C dan tekanan 150 kg/cm^2 menghasilkan karet dengan sifat tegangan putus, perpanjangan lebih tinggi dan sifat *aging* lebih baik daripada dengan menggunakan sistem semi efisien [4].

Untuk dapat melakukan proses vulkanisasi diperlukan mesin yang mampu memberikan tekanan dan suhu sesuai dengan kebutuhan. Salah satu mesin yang dapat memberikan tekanan adalah mesin *hydraulic press*. Namun beberapa dari mesin *hydraulic press* tidak memiliki komponen pemanas di dalamnya sehingga dibutuhkan mesin yang mampu memberikan tekanan dan suhu. Oleh karena itu dibuat mesin vulkanisasi karet yang menggabungkan fungsi *hydraulic press* dengan *heater*. Gambar 2-1 adalah salah satu contoh mesin vulkanisasi karet Beaver XLB-DQ dengan pabrikan Qingdao Sea King Machinery asal dari Shandong, China [5].



Gambar 2- 1 Mesin vulkanisasi karet. [5]

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perancangan

Perancangan atau desain merupakan proses awal dalam kegiatan pembuatan suatu produk dengan memperhatikan parameter-parameter yang ada sehingga terciptanya keputusan yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain [6]. Dalam proses perancangan produk terdapat beberapa fase atau tahapan secara umum yaitu :

1. *Functional Design*

Pada tahap ini desain dibuat tanpa mempertimbangkan produk akan berakhir seperti apa sehingga hanya melihat dari aspek fungsionalitas dari suatu produk.

2. *Industrial Design*

Pada tahap ini desain dibuat berdasarkan aspek keindahan dan pemakaian akhir oleh pengguna produk.

3. *Design for Manufacturability*

Pada tahap ini keseluruhan desain baik dari *functional design* dan *industrial design* dipertimbangkan ulang dari aspek pembuatan atau *manufacturing* dengan penggunaan beberapa metode alternatif dan bahan baku untuk pembuatan produk [7].

Secara umum proses pembuatan desain sering dipahami sebagai kegiatan yang berkaitan dengan perancangan, perencanaan, pembuatan atau perekayasaan. Perancangan dan pembuatan produk tidak dapat dipisahkan sehingga menjadi dua kegiatan yang manunggal. Hal tersebut memiliki arti bahwa suatu perancangan tidak bisa terlepas dari pembuatan produk begitu pula sebaliknya sehingga kedua hal tersebut saling berhubungan satu sama lain. Produk memiliki siklus kehidupan sebagai berikut :



Gambar 2- 2 Siklus kehidupan produk. [6]

Pada gambar 2-2 di atas menjelaskan terkait siklus kehidupan suatu produk. Secara garis besar siklus kehidupan produk terdapat empat tahap yaitu perancangan dan pengembangan, pembuatan dan distribusi, penggunaan produk dan pemusnahan suatu produk. Pada setiap tahap yang ada terdapat langkah yang dilakukan yaitu;

1. Pengembangan Produk
 - Identifikasi Pelanggan
 - Proses Perancangan
 - Spesifikasi Teknis
 - Pengembangan Konsep
 - Pengembangan Produk
2. Pembuatan dan Distribusi Produk
 - Pembuatan / *manufacturing*
 - Perakitan / *assembly*

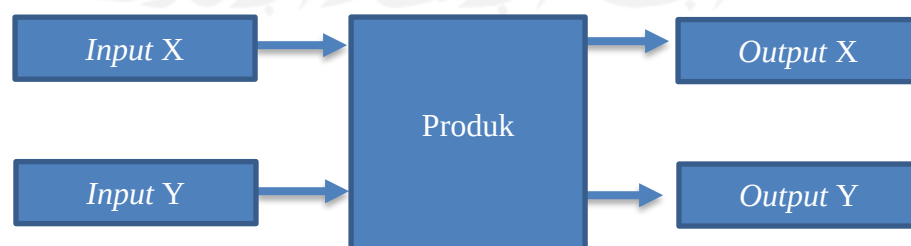
- Distribusi
- Pemasangan
- 3. Penggunaan Produk
 - Operasi
 - Pembersihan dan Pemeliharaan
- 4. Akhir Kehidupan Produk
 - Berhenti beroperasi
 - Pembongkaran produk
 - Daur ulang maupun penggunaan ulang [6]

2.2.2 Metode Morfologi

Metode morfologi digunakan untuk menemukan alternatif-alternatif dalam pembuatan konsep produk. Terdapat dua langkah dalam menggunakan metode morfologi yaitu

1. Mencari solusi dari sub-sub fungsi yang belum terselesaikan.
2. Membuat kombinasi dari solusi-solusi yang telah dicari agar menemukan sebuah alternatif.

Secara teknis pembuatan metode morfologi diawali dengan pemahaman terkait ide, definisi dan batasan suatu produk yang akan dibuat. Pada tahap awal ini produk harus memiliki ide atau tujuan utama produk tersebut dibuat dan sampai mana batas dari fungsi produk tersebut. Tahap selanjutnya adalah pemahaman fungsi produk dengan menggunakan blok fungsi dan dilanjutkan pembuatan diagram blok perancangan alat[6].



Gambar 2- 3 Blok fungsi produk. [6]

Pada gambar 2-3 menunjukkan blok fungsi produk memiliki dua pertimbangan utama dalam fungsi produk yaitu *input* dan *output* produk. Dengan mengetahui kedua hal tersebut maka akan diketahui fungsi dari produk tersebut. Diagram blok perancangan alat adalah pembuatan diagram yang lebih menjelaskan dari internal suatu produk sehingga dapat mengeluarkan *output* yang diinginkan.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan matriks morfologi untuk mengetahui detail teknis dari suatu alat atau produk tersebut bekerja. Di dalam matriks tersebut terdapat fungsi, sub fungsi, solusi dan diakhiri dengan penjabaran konsep. Berikut adalah gambaran dari tabel matriks morfologi :

Tabel 2- 1 Contoh matriks morfologi. [6]

Fungsi 1	Sub Fungsi 1	Solusi 1
		Solusi 2
	Sub Fungsi 2	Solusi 1
		Solusi 2
Fungsi 2	Sub Fungsi 1	Solusi 1
		Solusi 2
	Sub Fungsi 2	Solusi 1
		Solusi 2
Konsep 1		
Konsep 2		
Konsep 3		
Konsep 4		

Pada tabel 2- 1 dapat dilihat bahwa terdapat empat komponen yang ada di dalam matriks morfologi yaitu fungsi, sub fungsi, solusi dan konsep. Keempat hal tersebut memiliki hubungan sebab akibat sehingga saling berkaitan satu dengan yang lain. Hasil akhir dari matriks morfologi adalah di dapatkannya beberapa pilihan konsep alternative yang dapat digunakan untuk membuat suatu produk.

Tahap terakhir dari metode morfologi adalah pemilihan konsep produk yang akan dibuat. Pada tahap ini terdapat dua langkah yaitu pembuatan kriteria

penilaian produk dan matriks penilaian produk. Penilaian produk berdasarkan dari kriteria yang telah dibuat. Berikut adalah contoh matriks penilaian produk.

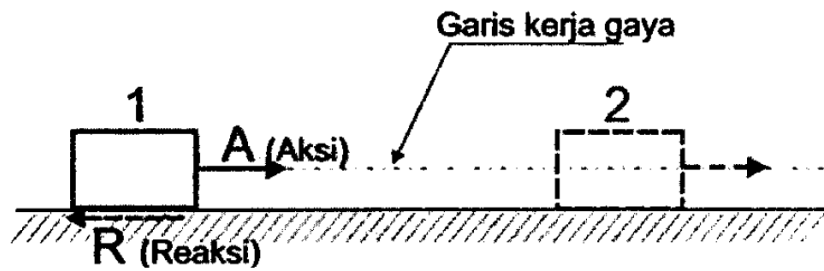
Tabel 2- 2 Contoh matriks penilaian produk. [6]

Kriteria Penilaian	Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3	Konsep 4
Kriteria 1	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
Kriteria 2	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
Kriteria 3	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
Kriteria 4	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
	Nilai Akhir	Nilai Akhir	Nilai Akhir	Nilai Akhir

Pada tabel 2- 2 terdapat empat komponen yang perlu diperhatikan yaitu konsep, kriteria, nilai dan nilai akhir masing-masing konsep. Pada matriks tersebut memiliki hasil akhir berupa nilai akhir dari masing-masing konsep berdasarkan dari penilaian setiap kriteria yang ditentukan. Setelah didapatkan nilai akhir maka akan dapat memilih konsep berapa yang memiliki nilai akhir yang paling baik sehingga dapat menentukan konsep pembuatan suatu produk [6].

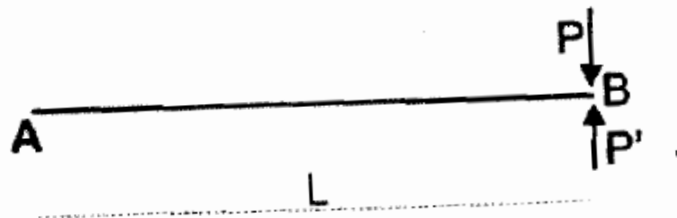
2.2.3 Mekanika Rekayasa

Kekuatan yang mampu membuat benda semula diam menjadi bergerak dapat dikatakan sebagai gaya. Gaya dapat dilambangkan sebagai vektor atau arah karena gaya selalu memiliki arah. Pada gambar 2- 4 menunjukkan bahwa setiap gaya yang diberikan pada suatu benda atau dapat dikatakan sebagai gaya aksi selalu mendapatkan gaya reaksi sebagai gaya yang memiliki arah berlawanan dengan gaya aksi yang diberikan. Jika gaya aksi lebih besar daripada gaya reaksi maka benda akan bergerak atau mengalami deformasi baik plastis maupun elastis [8].



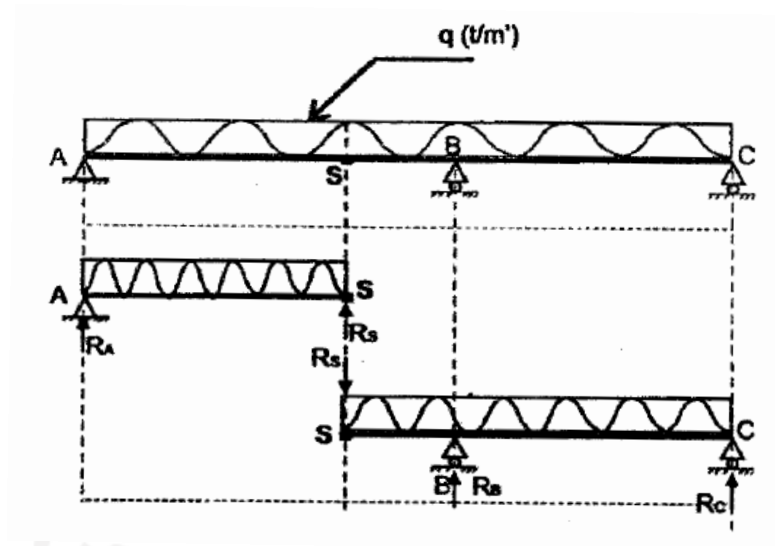
Gambar 2- 4 Prinsip gaya aksi reaksi. [8]

Momen gaya dapat terjadi bila suatu gaya memiliki jarak tertentu dari titik yang menahan momen dan besar dari momen tersebut merupakan hasil kali gaya dengan jaraknya dan satuan dari momen adalah (tm, kgcm, kgm, dsb.) Pada gambar 2- 5 menunjukkan bahwa gaya yang terjadi pada titik B akan menyebabkan momen pada titik A dan besar dari momen sendiri sangat bergantung pada panjang lengan beban hingga ke titik B [8].



Gambar 2- 5 Mekanisme momen. [8]

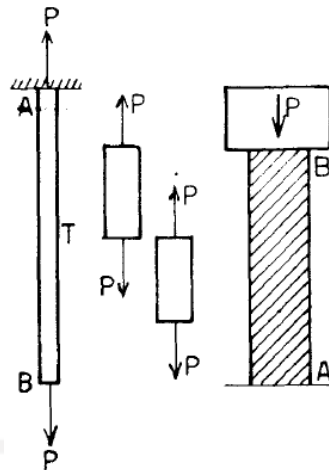
Pada konstruksi mesin maupun bangunan selalu terdapat tumpuan dan lengan beban yang berhubungan dengan gaya dan momen yang ada. Beban yang ditahan oleh tumpuan terdapat dua jenis yaitu beban terpusat yang letaknya hanya ada pada satu titik saja maupun beban merata yang letaknya terdapat di sepanjang titik yang ada pada lengan beban tersebut. Pada konstruksi dengan beban merata maka perhitungan tidak bisa hanya dihitung pada satu titik saja namun keseluruhan titik yang ada pada lengan beban harus dihitung. Gambar 2- 6 menunjukkan pada analisis konstruksi beban merata perhitungan tidak hanya pada satu titik saja dan letak titik tumpuan sangat berpengaruh pada besar dari gaya yang diterima oleh setiap tumpuan [8].



Gambar 2- 6 Kontruksi dengan beban merata. [8]

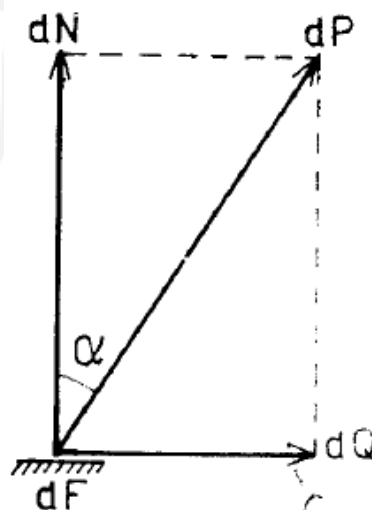
2.2.4 Pembebanan pada Elemen Mesin

Salah satu hal yang penting untuk dipahami dan dijadikan pertimbangan dalam pembuatan rancang bangun mesin adalah memperhatikan kemungkinan deformasi yang terjadi. Deformasi sendiri terdapat dua jenis yaitu deformasi plastis dan elastis. Pada deformasi plastis terjadi jika benda diberikan pembebanan sehingga mengalami perubahan bentuk dan pada saat beban ditiadakan maka bentuk benda tidak kembali seperti semula. Namun pada deformasi elastis terjadi kebalikannya yaitu pada saat beban ditiadakan maka akan kembali seperti bentuk semula. Pada gambar 2- 7 menunjukkan pembebanan yang terjadi pada benda vertikal dengan titik A sebagai ujung penumpu, B sebagai ujung pembebanan dan P adalah gaya reaksi yang terjadi akibat pembebanan [9].



Gambar 2- 7 Contoh pembebanan pada benda vertikal. [9]

Sebagai perlawanan atau akibat dari deformasi yang terjadi maka munculah tegangan yang terdapat di dalam bahan. Benda yang tidak cukup memiliki tegangan untuk melawan deformasi akan mengalami patah. Hal ini berarti tegangan yang ditimbulkan oleh pembebanan melampaui batas tegangan yang ada di dalam material tersebut. Terdapat dua tegangan yang perlu dipahami yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Pada gambar 2- 8 dapat dilihat bahwa terdapat ilustrasi dari tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal (α) dapat diketahui dengan $\frac{dN}{dF}$ (tegak lurus bidang) dan tegangan geser (r) dapat diketahui dengan $\frac{dQ}{dF}$ (di dalam bidang). Satuan untuk kedua tegangan tersebut adalah Kg/cm^2 [9].



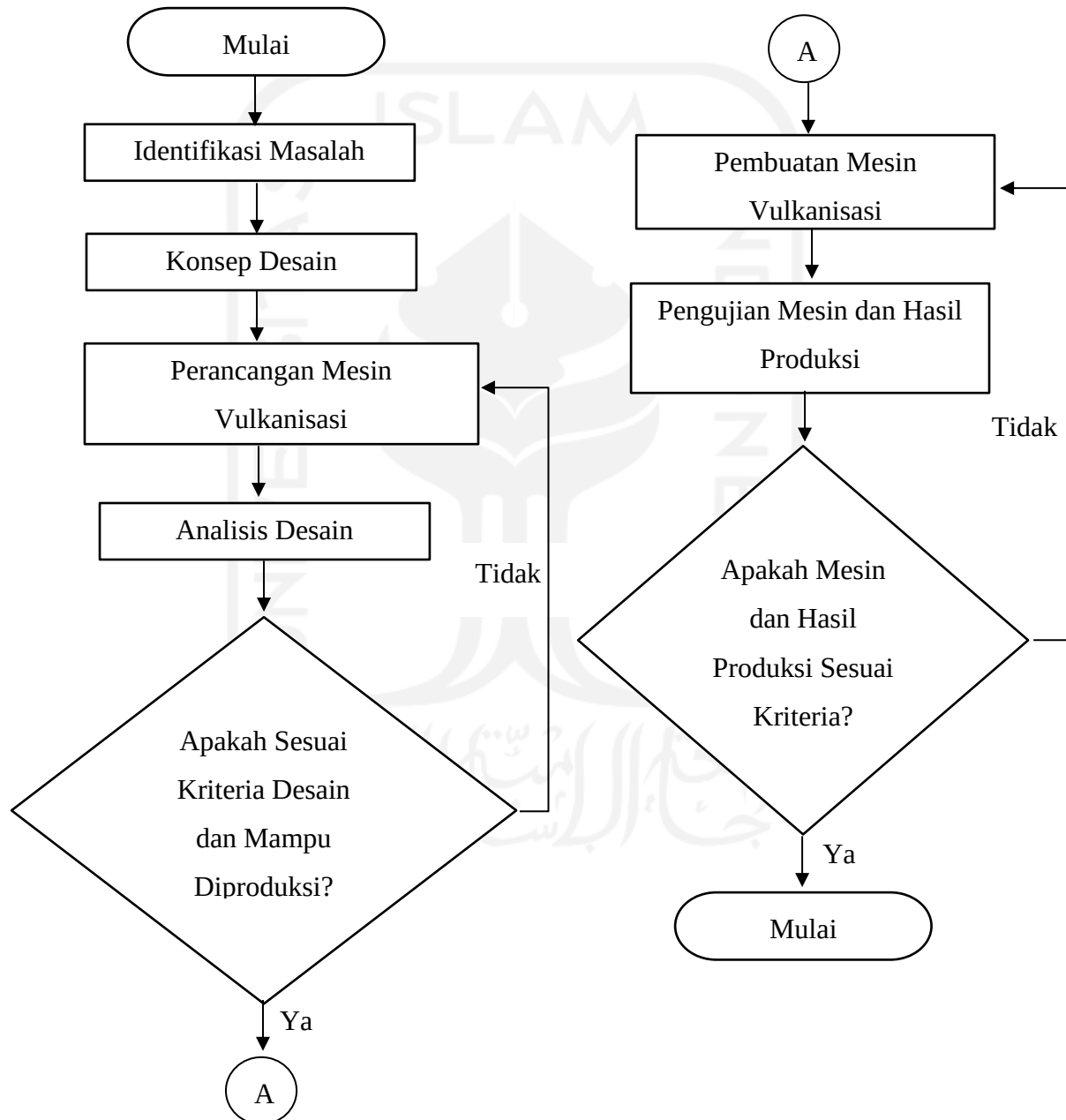
Gambar 2- 8 Garis atau skema tegangan normal dan tegangan geser. [9]

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian rancang bangun mesin vulkanisasi yang dapat ditunjukkan pada diagram alur.



Gambar 3- 1 Alur penelitian.

3.2 Peralatan dan Bahan

Untuk mendukung proses pembuatan mesin vulkanisasi diperlukan peralatan dan bahan yang sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah alat yang digunakan untuk pembuatan mesin vulkanisasi seperti yang dijelaskan pada Tabel 3- 1.

Tabel 3- 1 Peralatan perancangan dan pembuatan mesin vulkanisasi.

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Laptop	Untuk pembuatan desain mesin vulkanisasi dengan menggunakan <i>software Autodesk Inventor 2017</i> dan mencari referensi-referensi dalam proses pembuatan desain.
2	<i>Handphone</i>	Untuk mendokumentasikan proses-proses dalam pembuatan mesin vulkanisasi dan membantu dalam proses pencarian referensi yang diperlukan.
3	Alat Ukur (Meteran, <i>micrometer</i> sekrup dan jangka sorong)	Untuk mengukur bahan dan material pada proses pembuatan mesin vulkanisasi agar sesuai dengan desain yang telah dibuat.
4	Mesin las, grinda dan bor tangan.	Untuk mengerjakan proses <i>major</i> pada pembuatan mesin vulkanisasi.
5	Alat perkakas (Palu, kikir, tang dan obeng)	Untuk mengerjakan proses <i>minor</i> pada pembuatan mesin vulkanisasi.
6	Alat-alat pengecatan (Kompresor, <i>sprayer nozzle</i> dan kuas)	Untuk mengerjakan proses pengecatan pada keseluruhan pembuatan mesin vulkanisasi baik pada bahan utama maupun komponen minor seperti <i>casing heater</i> .

Selain menggunakan alat untuk proses pembuatan mesin vulkanisasi diperlukan bahan-bahan yang sesuai. Berikut adalah bahan-bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan mesin vulkanisasi seperti yang dijelaskan pada Tabel 3- 2.

Tabel 3- 2 Bahan-bahan pada proses pembuatan mesin vulkanisasi.

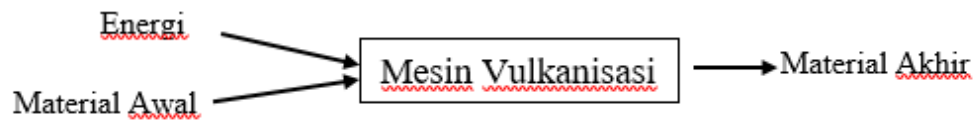
No	Nama Bahan	Fungsi Bahan
1	Besi <i>Square Hollow</i> ukuran 40x40x2 mm	Untuk digunakan sebagai material utama rangka pada mesin vulkanisasi
2	Besi Siku ukuran 40x40x3 mm	Untuk digunakan sebagai material penguat rangka pada mesin vulkanisasi
3	Plat Ezer tebal 1,4 mm	Untuk digunakan sebagai material <i>cover</i> mesin vulkanisasi
4	Set sekrup dan baut	Untuk digunakan sebagai perekat antara <i>cover</i> dengan rangka mesin vulkanisasi
5	Cat besi <i>Nippon paint</i> dasar, utama dan <i>RJ spray paint</i> HI-Temp	Untuk digunakan sebagai material dalam pengecatan <i>cover</i> mesin vulkanisasi dan <i>casing heater</i> .

3.3 Perancangan

Pada proses perancangan diperlukan konsep akhir yang matang sehingga menjadi pedoman utama pada proses perancangan hingga pembuatan mesin vulkanisasi. Konsep perancangan mesin vulkanisasi menggunakan metode matriks morfologi. Berikut adalah penentuan konsep perancangan hingga penetapan konsep akhir perancangan.

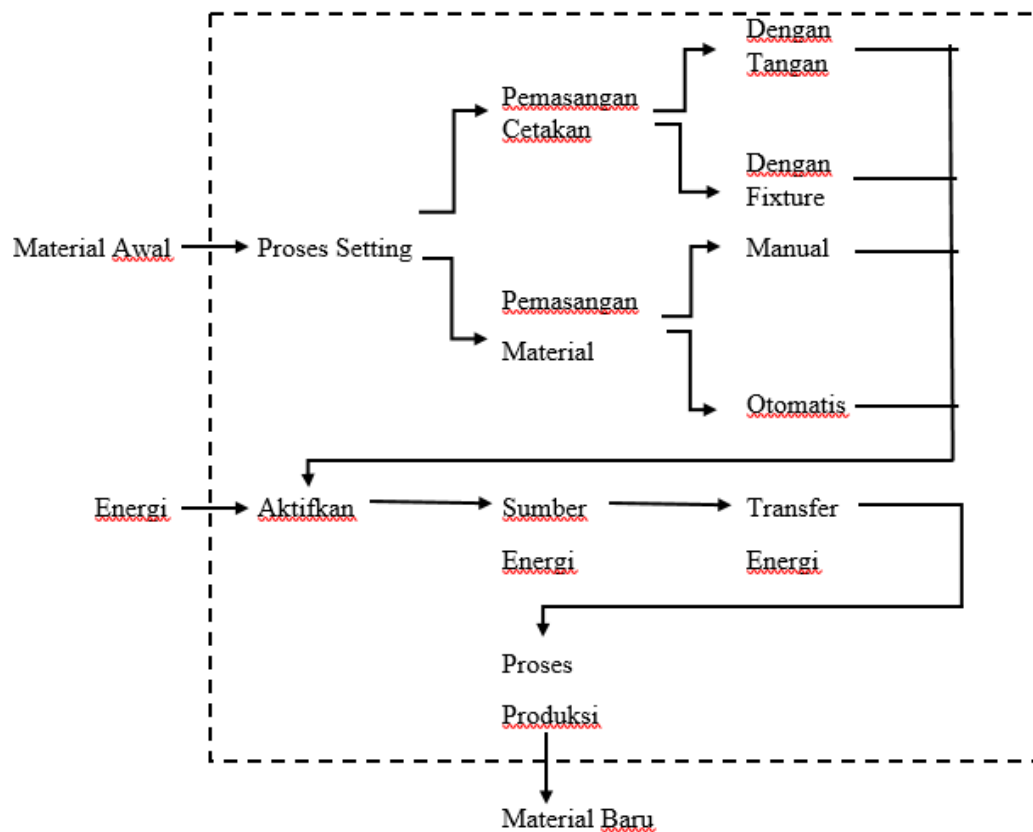
3.3.1 Penentuan Konsep Perancangan

Proses penentuan konsep perancangan diperlukan blok fungsi sebagai gambaran utama konsep perancangan. Gambar 3- 2 menunjukkan blok fungsi pada konsep perancangan.



Gambar 3- 2 Blok fungsi konsep perancangan.

Berdasarkan blok fungsi yang telah dijelaskan di atas maka dapat dijabarkan menjadi diagram blok perancangan. Gambar 3- 3 menunjukkan diagram blok perancangan pada mesin vulkanisasi.



Gambar 3- 3 Diagram blok perancangan.

Diagram blok perancangan dapat menjadi acuan dalam proses pembuatan matriks morfologi. Matriks ini dapat digunakan untuk menentukan konsep-konsep perancangan hingga akhirnya dapat dipilih salah satunya menjadi konsep akhir perancangan. Tabel 3- 3 menunjukkan matriks morfologi pada konsep perancangan.

Tabel 3- 3 Matriks morfologi pada konsep perancangan.

1. Proses Setting	1.1 Pemasangan Cetakan	1.1.1 Dengan Tangan A1		
		1.1.2 Dengan Fixture A2		
	1.2 Pemasangan Material	1.2.1 Manual B1		
		1.2.2 Otomanits B2		
2. Aktifkan	2.1 Sumber Energi	2.1.1 Listrik	2.1.1.1 PLN C1	
			2.1.1.2 Baterai C2	
		2.1.2 Mekanik	2.1.2.1 Dongkrak Ulir D1	
			2.1.2.2 Hidrolik D2	
			2.1.2.3 Pneumatik D3	
		2.1.3 Panas	2.1.3.1 Heater E1	
	2.2 Transfer Energi	2.2.1 Listrik	2.2.1.1 Kabel F1	
		2.2.2 Mekanik	2.2.2.1 Pipa G1	
			2.2.2.2 Selang G2	
			2.2.2.3 Sabuk G3	
			2.2.2.4 Roda Gigi G4	
			2.3.1.1 Sensor	2.3.1.1.1 Elektrik H1

	2.3 Proses Produksi	2.3.1 Pengatur Suhu		2.3.1.1.2 Mekanik H2
			2.3.1.2 Display	2.3.1.2.1 LCD I1
				2.3.1.2.2 Jarum I2
		2.3.2 Pengatur Waktu	2.3.2.1 Timer J1	
		2.3.3 Keamanan	2.3.3.1 Box	2.3.3.1.1 Linier K1
				2.3.3.1.2 Horizontal K2

Matriks morfologi menunjukkan beberapa konsep perancangan yang dapat digunakan pada mesin vulkanisasi. Jumlah keseluruhan konsep yang dapat dihasilkan dihitung menggunakan rumus kombinasi. Nilai n (jumlah semua anggota) berjumlah 19 dan nilai r (jumlah yang dikombinasi) berjumlah 8. Nilai r yang diambil adalah 1.1; 1.2; 2.1.1; 2.1.2; 2.2.2; 2.3.1.1; 2.3.1.2 dan 2.3.3.1. Untuk 2.1.3; 2.2.1 dan 2.3.2 tidak dimasukkan dalam kombinasi karena hanya memiliki satu anggota. Berikut adalah rumus dan perhitungan kombinasi.

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (3.1)$$

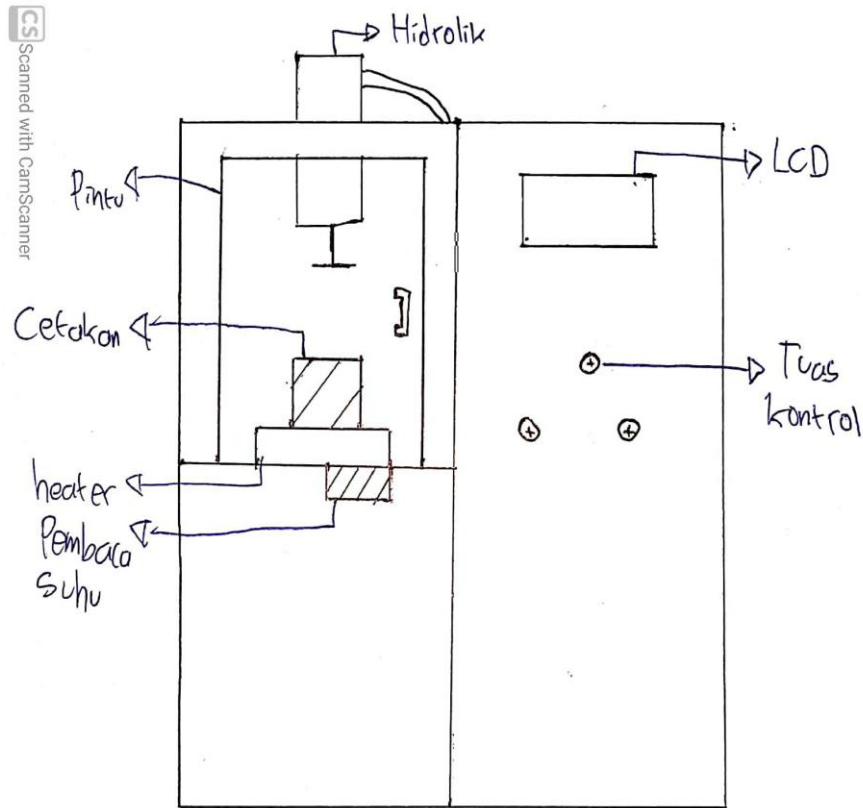
$$C_8^{19} = \frac{19!}{8!(19-8)!}$$

$$C_8^{19} = 75582$$

Berdasarkan hasil perhitungan kombinasi dari matriks morfologi jumlah keseluruhan konsep perancangan yang didapatkan adalah 75.582 konsep. Dari jumlah keseluruhan konsep perancangan dipilih 4 konsep utama untuk dianalisis pada pemilihan konsep perancangan. Berikut adalah konsep-konsep perancangan utama yang dipilih berdasarkan matriks morfologi di atas.

1. Konsep 1 = A1 + B1 + C1 + D2 + E1 + F1 + G2 + H1 + I1 + J1 + K2
2. Konsep 2 = A2 + B2 + C1 + D2 + E1 + F1 + G2 + H1 + I1 + J1 + K2
3. Konsep 3 = A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G4 + H2 + I2 + J1 + K2
4. Konsep 4 = A1 + B1 + C2 + D3 + E1 + F1 + G2 + H1 + I1 + J1 + K2

Konsep-konsep di atas dapat lebih dijelaskan pada gambar sketsa sehingga mempermudah untuk memahaminya. Berikut adalah gambar sketsa yang dapat mempermudah dalam memahami konsep-konsep perancangan pada Gambar 3- 4.



Gambar 3- 4 Sketsa konsep perancangan.

Gambar di atas merupakan ilustrasi pada konsep 1. Konsep 2 memiliki perbedaan utama yaitu memiliki *fixture* otomatis untuk cetakan. Konsep 3 memiliki perbedaan utama yaitu menggantikan hidrolik dengan dongkrak ulir. Konsep 4 memiliki perbedaan utama yaitu memiliki baterai sebagai sumber energi listriknya.

3.3.2 Penetapan Konsep Akhir Perancangan

Untuk dapat menetapkan konsep akhir perancangan dapat melalui dua tahap yaitu kriteria seleksi dan matriks pengambil keputusan. Berdasarkan kedua tahap tersebut dapat ditetapkan konsep akhir perancangan yang paling sesuai

dengan kriteria seleksi yang diberikan. Berikut adalah kriteria seleksi untuk tahap pertama menetapkan konsep akhir perancangan.

Kriteria Seleksi

1. Mekanisme : Otomatis dalam proses produksi
2. Pengoperasian : Mudah digunakan
3. Ukuran : Kapasitas produksi yang kecil (<50 cm)
4. Biaya Pembuatan : Biaya material dan pembuatan tergolong murah
5. *Maintenance* : Mudah untuk perawatan skala panjang maupun pendek
6. Keamanan : Standar keamanan baik untuk operator dan lingkungan
7. Jumlah Komponen : Komponen sedikit
8. Efisiensi Alat : Efisiensi produksi yang baik

Berdasarkan kriteria seleksi dapat dilakukan penetapan konsep akhir perancangan melalui matriks pengambil keputusan. Tabel 3- 4 menunjukkan matriks pengambil keputusan yang dapat digunakan untuk menetapkan konsep akhir perancangan.

Tabel 3- 4 Matriks pengambil keputusan.

No	Kriteria Seleksi	Konsep				
		Bobot	1	2	3	4
1	Otomatis	8	-	Referensi	-	S
2	Pengoperasian Mudah	6	S		-	S
3	Ukuran Kecil	5	S		S	S
4	Biaya Pembuatan	8	+		+	+
5	<i>Maintenance</i>	7	+		+	-
6	Keamanan	8	S		S	S
7	Komponen tidak banyak	7	+		S	S
8	Efisiensi Alat	10	-		-	-
Total +			3	0	2	1

Total S	3	0	3	5
Total -	2	0	3	2
Total Keseluruhan dengan Bobot	4	0	-9	-9

Pada matriks pengambil keputusan terdapat referensi yang dijadikan sebagai pembanding dengan konsep perancangan yang lainnya. Variabel S menunjukkan konsep tersebut memiliki nilai yang sama dengan referensi, Variabel + menunjukkan konsep tersebut memiliki nilai yang lebih dengan referensi dan variable – menunjukkan konsep tersebut memiliki nilai yang kurang dengan referensi tersebut. Pengambilan nilai dengan cara menghitung kumulatif keseluruhan dari nilai masing-masing konsep berdasarkan kriteria seleksi.

Berdasarkan Tabel 3- 4 menunjukkan pada matriks pengambil keputusan memiliki konsep dengan nilai terbaik yaitu konsep 1 dengan nilai 4. Konsep 1 memiliki beberapa keunggulan pada beberapa kriteria seleksi. Oleh karena itu ditetapkan konsep akhir perancangan yaitu konsep 1.

BAB 4

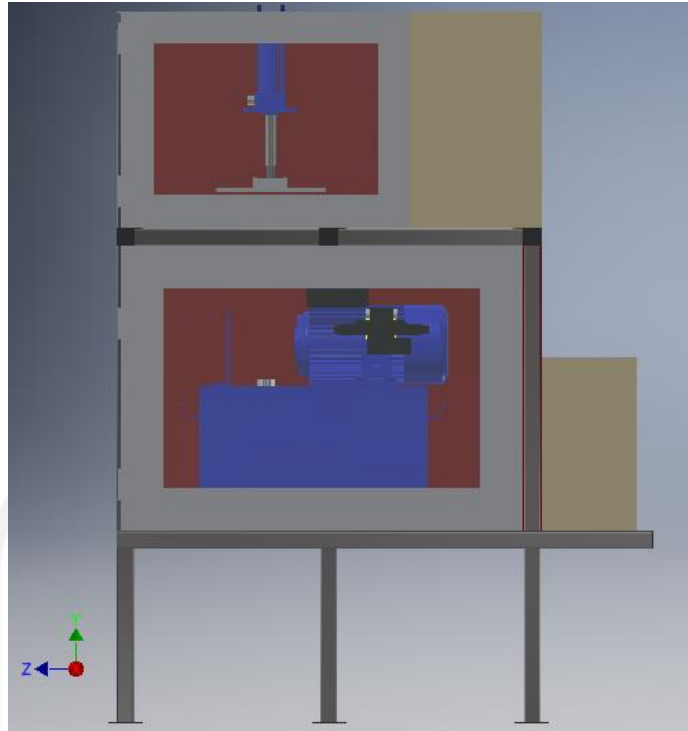
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Desain

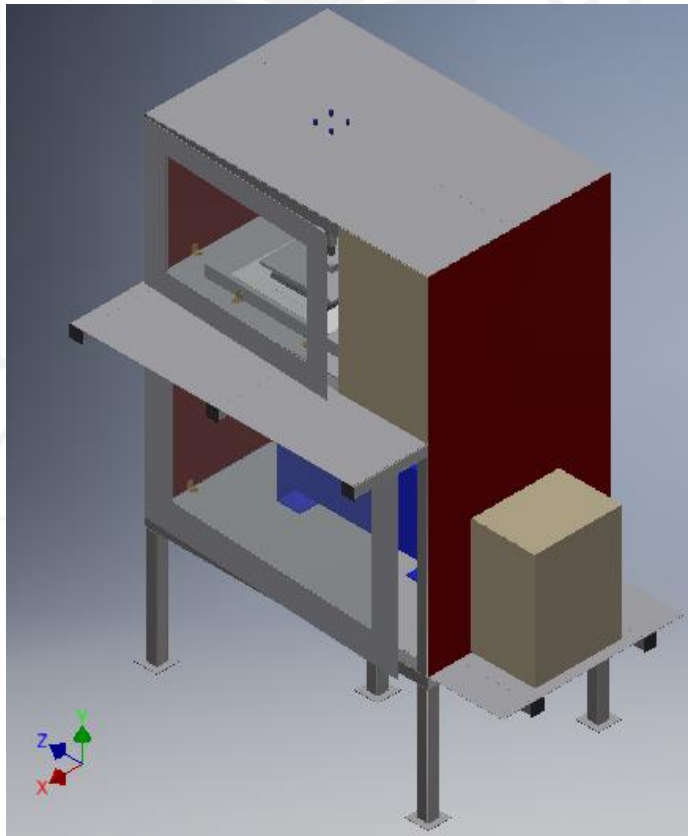
Proses pembuatan rancangan desain mesin vulkanisasi dilakukan dengan menggunakan *software* CAD yaitu *Autodesk Inventor 2018 Student Version*. Pembuatan mesin vulkanisasi melalui beberapa proses yaitu pembuatan desain, produksi komponen dan *assembly* komponen. Pembuatan desain berdasarkan pada konsep akhir perancangan yang telah ditentukan berdasarkan kriteria seleksi menggunakan metode morfologi.

4.1.1 Desain Mesin Vulkanisasi

Desain mesin vulkanisasi yang diinginkan pada dasarnya harus mempertimbangkan keamanan, efisiensi dan kemudahan dalam penggunaan. Berdasarkan ketiga hal tersebut dijabarkan lebih detail menjadi 8 kriteria seleksi yaitu otomatis, pengoperasian mudah, ukuran kecil, biaya pembuatan, *maintenance*, keamanan, komponen tidak banyak dan efisiensi alat. Gambar 4- 1 merupakan hasil desain tampak depan mesin vulkanisasi. Gambar 4- 2 merupakan hasil desain tampak iso mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 1 Desain tampak depan mesin vulkanisasi.

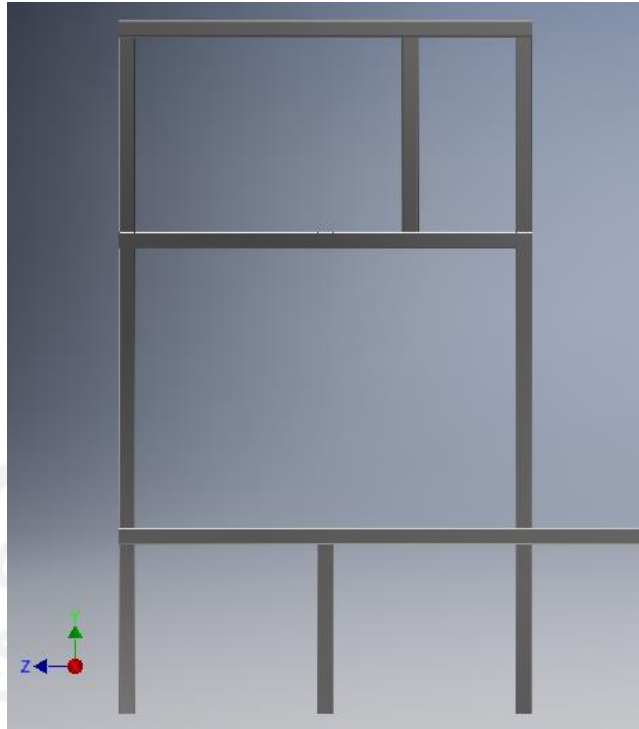


Gambar 4- 2 Desain tampak iso mesin vulkanisasi.

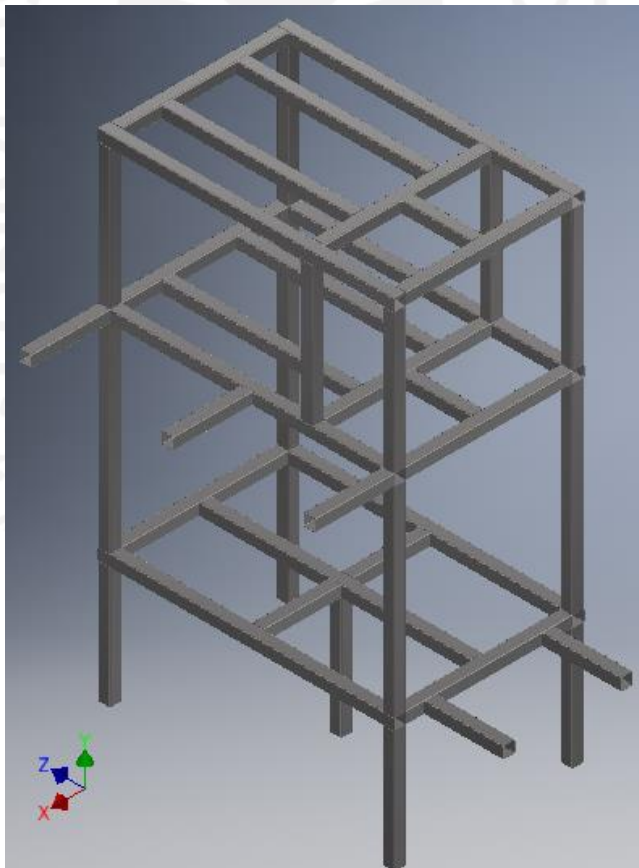
Desain mesin vulkansisasi memiliki dua komponen utama yaitu komponen pemanas dan hidrolik. Kedua komponen tersebut diletakkan di dalam rangka mesin dengan peletakan yang sesuai dan sinergis sehingga meminimalisir kesalahan pengoperasian dan meningkatkan kemudahan pengoperasian dari operator. Selain itu desain rangka dibuat efisien namun aman dan kuat untuk penggunaan berulang dalam jangka waktu yang cukup lama. Pada desain rangka memiliki 2 bagian inti yaitu *cover* rangka dan rangka utama. Gambar 4- 3 dan gambar 4- 4 merupakan desain rangka utama pada mesin vulkanisasi. Berdasarkan kedua gambar tersebut terlihat rangka memiliki 2 tingkat dan 5 kaki penyangga. Selain itu pada bagian paling atas memiliki pola batang yang mampu menahan gaya aksi reaksi dari piston hidrolik yang ditahan oleh rangka atas.

Rangka yang digunakan menggunakan bahan besi hitam ukuran 40x40x2 mm. Pemasangan dan perakitan rangka menggunakan metode pengelasan dan dilakukan oleh pihak luar kampus. Pihak luar yang melakukan perakitan dan pengelasan adalah Bengkel Las Pak Barji Jl. Kaliurang Km 9,5. Pengelasan dilakukan oleh pihak luar kampus dimaksudkan agar pengelasan dapat dilakukan oleh ahli las sehingga hasil pengelasan tergolong baik dan kuat. Rangka diperlukan pengelasan penuh dengan hasil las yang kuat karena beban yang akan diberikan pada rangka cukup besar. Beban yang harus ditanggung oleh rangka adalah berat dari komponen hidrolik dan gaya aksi reaksi dari piston hidrolik.

Cover rangka menggunakan bahan plat ezer dengan tebal 1,4 mm. Perakitan *cover* rangka tidak menggunakan metode yang sama dengan perakitan rangka utama. *Cover* rangka dirakit dengan menggunakan metode baut sehingga *cover* rangka dapat dilepas dan dipasang. Hal ini dilakukan agar memudahkan proses *maintenance* jika *cover* rangka sudah tidak layak untuk digunakan sehingga mesin vulkanisasi akan lebih terawat. Perakitan dengan metode baut tidak hanya untuk *cover* rangka saja namun pada pintu rangka dilakukan pemasangan dengan metode baut. Pintu rangka diharapkan dapat tembus pandang sehingga menggabungkan antara besi plat dengan akrilik bening. Penggunaan akrilik bening diharapkan mampu tembus pandang dan memiliki beban yang ringan sehingga engsel pintu tidak mengalami *overload*.

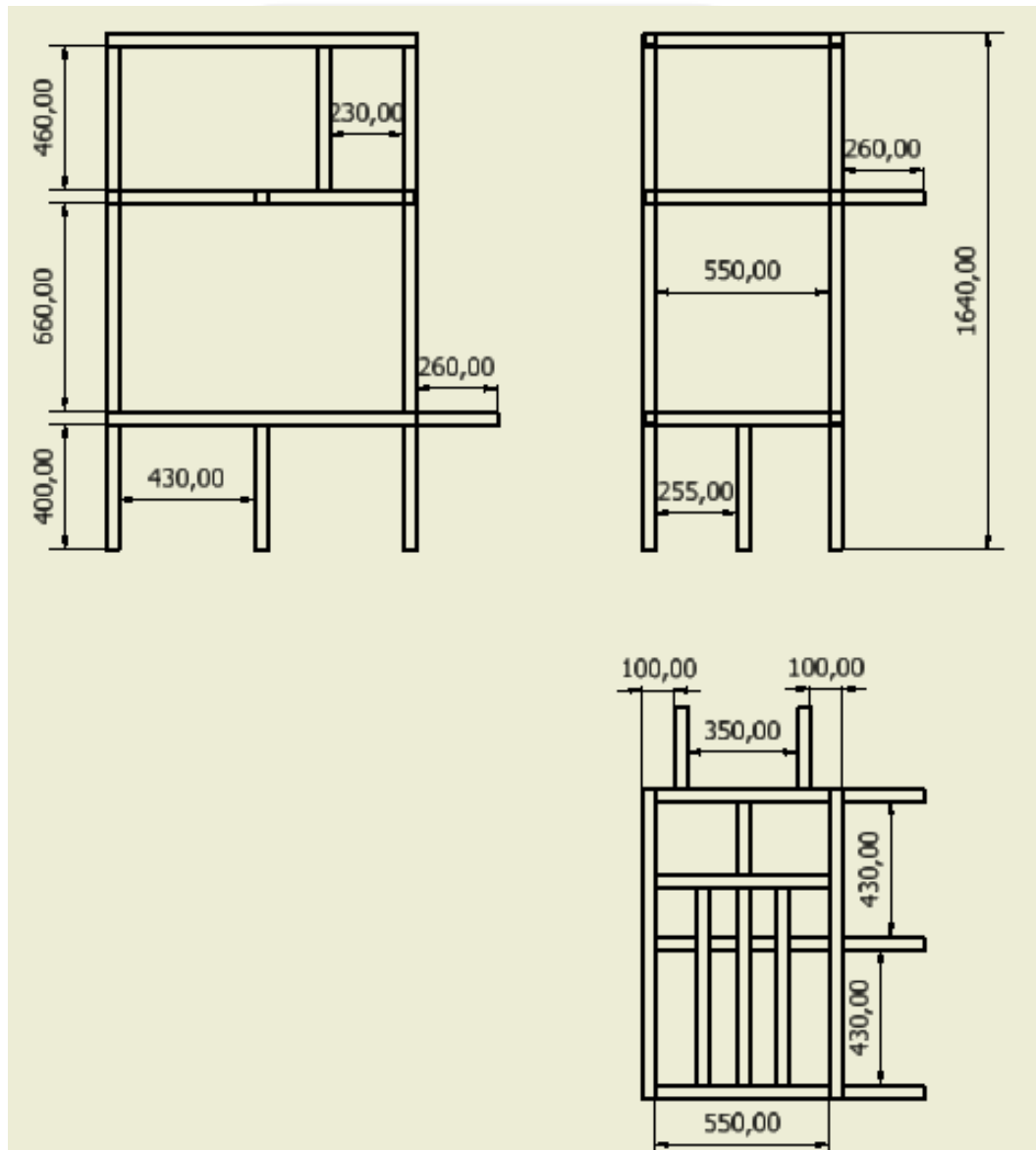


Gambar 4- 3 Tampak depan desain rangka utama mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 4 Tampak iso desain rangka utama mesin vulkanisasi.

Pada gambar 4- 5 menunjukkan terkait dimensi dari rangka mesin vulkanisasi. Tinggi total dari mesin vulkanisasi adalah 1640 mm atau 1,64 m, tebal total 630 mm atau 0,63 m dan memiliki lebar total 1240 mm atau 1,24 m. Lebar pintu atas dibuat sesuai dengan lebar tangan manusia saat mengangkat beban dengan posisi ideal. Hal ini dimaksudkan agar pada saat memasukkan dan mengeluarkan cetakan dapat dengan mudah melakukannya. Lebar dari pintu atas yaitu 630 mm atau 0,63 m.

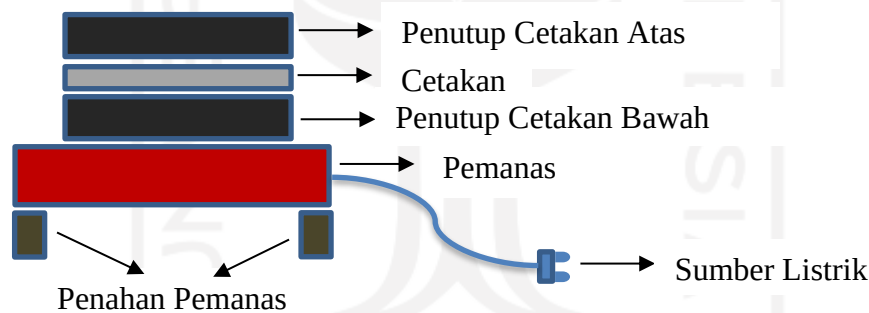


Gambar 4- 5 Dimensi rangka mesin vulkanisasi.

4.1.2 Komponen Pemanas

Pemanas pada mesin vulkanisasi tidak menggunakan *heater* atau pemanas sudah jadi melainkan merakit ulang agar mendapatkan pemanas yang sesuai kebutuhan namun memiliki biaya lebih murah. Selain untuk menekan biaya diharapkan agar pemanas dapat lebih mudah untuk proses *maintenance* karena bisa lepas pasang. Dengan komponen pemanas yang dapat dilepas pasang memudahkan untuk mengganti komponen dan *cover* jika terdapat kerusakan pada salah satu komponen.

Sistem pemanasan pada mesin vulkanisasi menggunakan konsep perpindahan panas konduksi. Dengan menggunakan konsep konduksi akan menghantarkan panas lebih optimal sehingga mengurangi nilai *heat loss* yang terjadi. Elemen panas yang digunakan yaitu *tubular heater* dengan spesifikasi 2000 watt dan suhu maksimum 1000°C. Gambar 4- 5 menunjukkan konsep pemanasan pada mesin vulkanisasi.

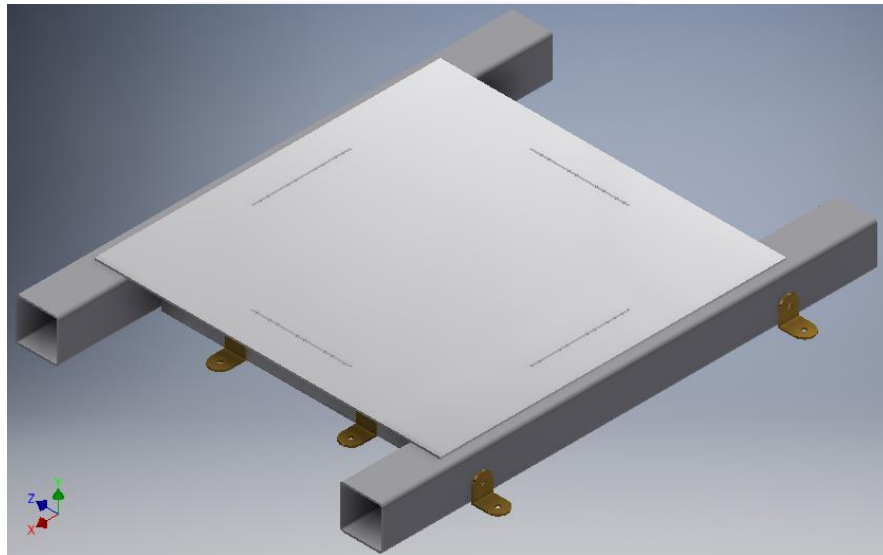


Gambar 4- 6 Konsep pemanasan mesin vulkanisasi.

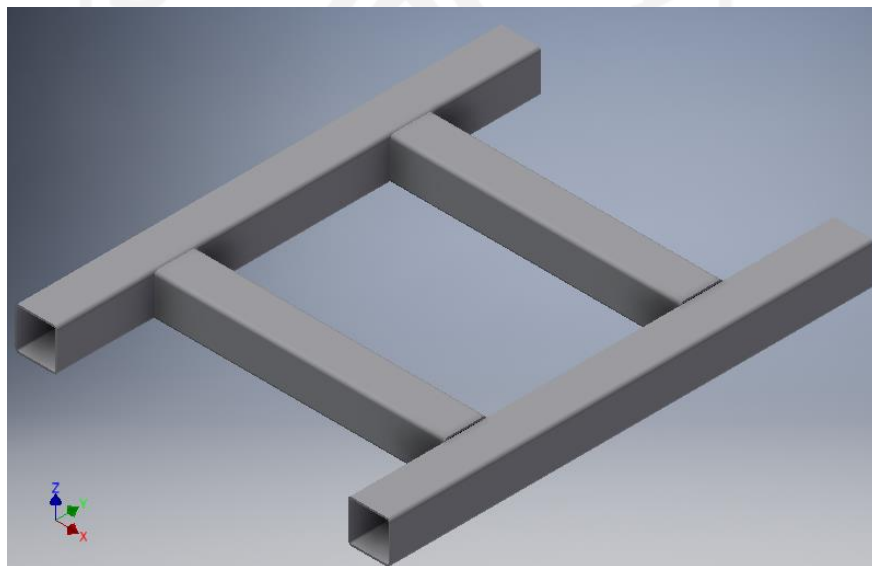
Terdapat 3 bagian utama pada pemanasan mesin vulkanisasi yaitu penutup, cetakan dan pemanas. Pada besi penutup cetakan berbahan besi dengan ketebalan 5 mm. Permukaan atas dan bawah cetakan dilapisi alumunium foil terlebih dahulu sebelum ditutup dengan penutup besi. Hal ini dilakukan agar permukaan dari produk pada cetakan lebih halus dan meminimalisir *heat loss* pada produk di dalam cetakan.

Pada gambar 4- 7 menunjukkan *heater* menggunakan *cover* dengan 2 bagian utama yaitu *cover heater* dan rangka *heater*. *Cover heater* pada bagian atas menggunakan besi dengan ketebalan 2 mm dan pada bagian bawah dengan ketebalan 3 mm. Perbedaan tebal pada bagian atas dan bawah dengan tujuan untuk

memaksimalkan perpindahan panas pada bagian atas *heater* dan meminimalisir perpindahan panas pada bagian bawah *heater*. Pada rangka *heater* menggunakan bahan besi *hollow* dengan ukuran 40x40x2 mm. Penggunaan besi *hollow* pada *heater* agar terjadi *heat loss* pada rangka *heater* sehingga lebih cepat dingin. Hal ini dimaksudkan untuk memfokuskan perpindahan panas pada bagian atas *heater* dan meningkatkan *heat loss* pada bagian *heater* yang tidak bersentuhan dengan cetakan. Rangka *heater* dapat dilihat dengan jelas pada gambar 4- 8.



Gambar 4- 7 Pemanas pada mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 8 Rangka *heater* pada mesin vulkanisasi.

4.1.3 Komponen Penekan

Penekan pada mesin vulkanisasi dibutuhkan agar memberi gaya untuk karet yang berada di cetakan saat proses vulkanisasi. Gaya tekan ini digunakan agar karet yang diberi panas tidak keluar dari cetakan dan menyesuaikan dengan bentuk cetakan. Berdasarkan konsep akhir perancangan untuk komponen penekan yang memberikan gaya tekanan pada cetakan akan menggunakan hidrolik. Hidrolik yang digunakan milik Laboratorium Mekatronika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Mesin hidrolik tersebut memiliki 3 komponen utama yaitu piston, *controll box* dan pompa oli. Mesin hidrolik yang kami gunakan memiliki spesifikasi untuk menghasilkan gaya tekan maksimum 330 bar atau 4790 psi.

Pada gambar 4- 9 merupakan penampakan *controll box* dan pompa oli yang digunakan untuk mesin vulkanisasi. Gambar tersebut menunjukkan pada pompa oli terdapat 3 bagian utama yaitu pompa, bak penampung oli dan selang. *Controll box* berfungsi untuk pengatur dari panjang pendek piston yang akan digunakan. Kedua komponen ini saling dihubungkan dengan kabel listrik yang dapat mengatur pompa pada komponen pompa oli.



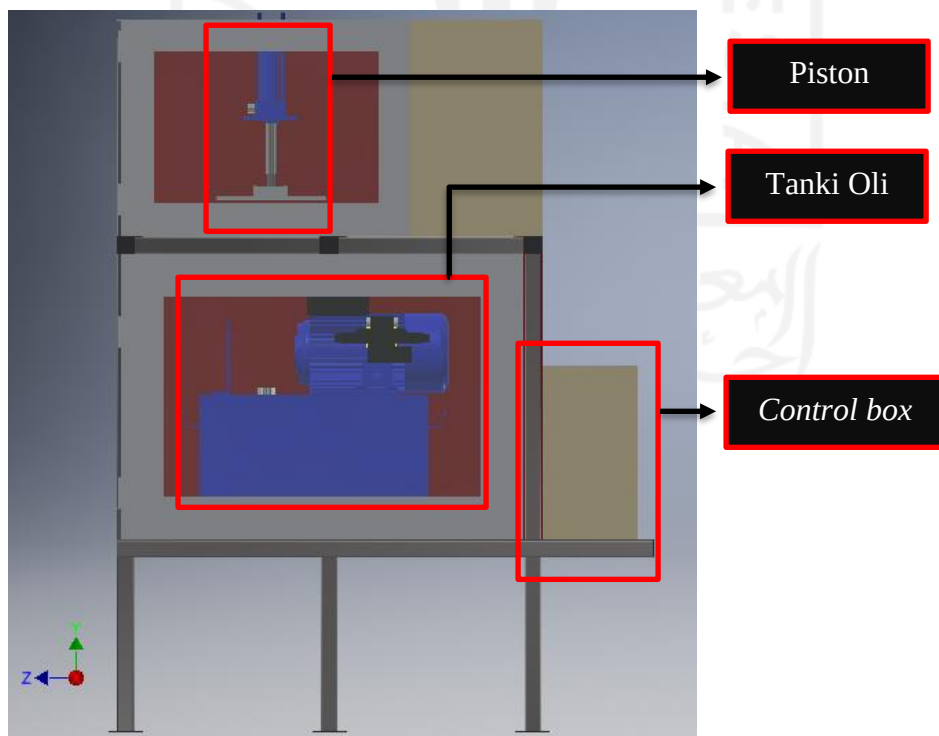
Gambar 4- 9 *Controll box* dan pompa oli.

Pada gambar 4- 10 merupakan penampakan dari piston hidrolik pada mesin vulkanisasi. Gambar tersebut menunjukkan terdapat dua selang dan beberapa pengait yang perlu diperhatikan pada saat desain dan *assembly* keseluruhan mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 10 Piston hidrolik.

Skema pada desain untuk pemasangan komponen penekan telah dibuat sedemikian rupa agar sesuai dengan penggunaan. Pada gambar 4- 11 merupakan skema pemasangan komponen penekan pada mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 11 Skema pemasangan komponen penekan.

4.1.4 Analisis Pembebanan

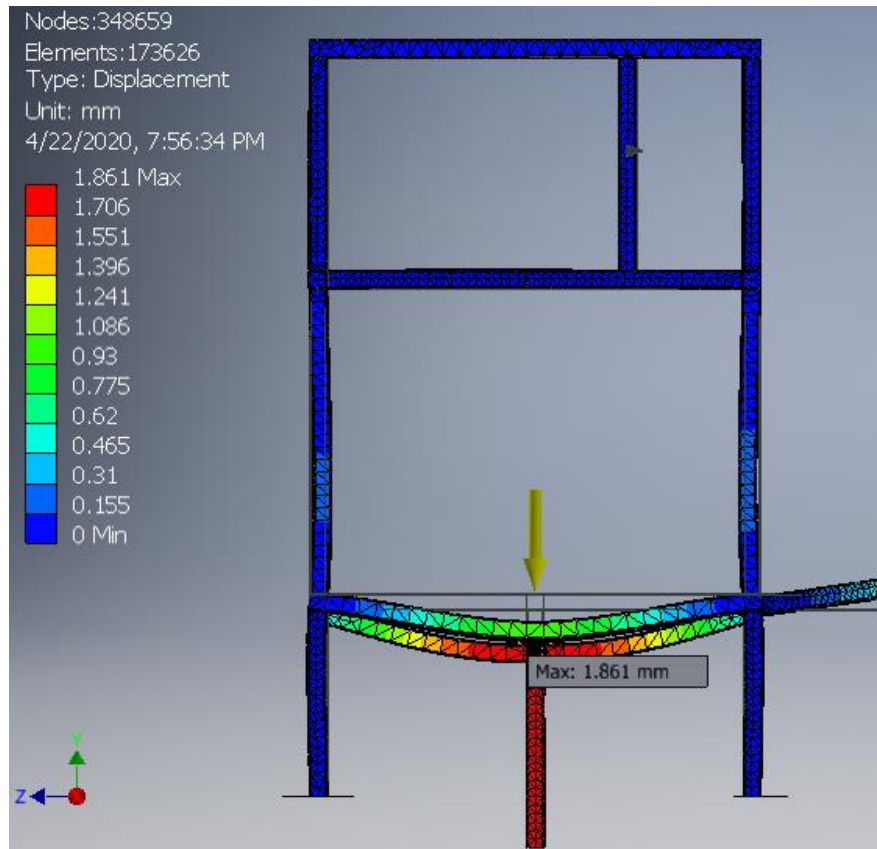
Mesin vulkanisasi menggunakan pompa oli hidrolik yang mempunyai massa kisaran 50-75 kg tergantung dengan isi dari oli yang ada dalam tanki. Massa pompa oli hidrolik bila dirubah menjadi berat adalah 490,5-735,75 N. Analisis pembebanan yang dialami oleh rangka diberikan pada massa maksimum yaitu 735,75 N. Dalam menentukan *safety factor* diperlukan *yield strength* untuk material ulet. Berikut adalah rumus dari *safety factor* (sf).

$$sf = \frac{\text{Yield Point Stress (sy)}}{\text{tegangan izin (sw)}} \quad (4.1)$$

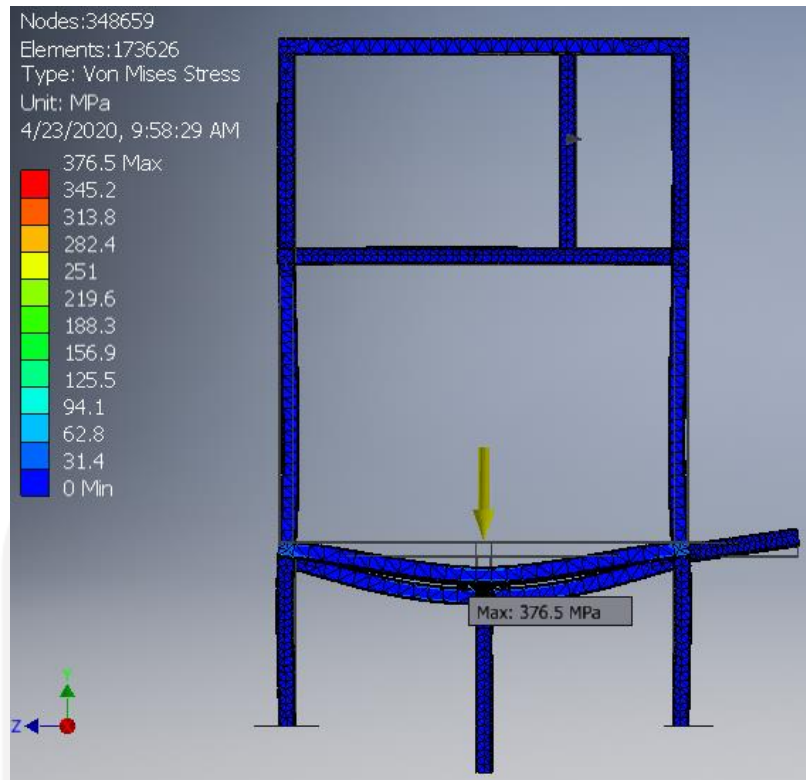
Sf menunjukkan *safety factor*, sy menunjukkan *yield strength* dalam N/mm^2 atau MPa dan sw adalah tegangan desain yang bekerja pada desain dalam N/mm^2 atau MPa.

Penggunaan *safety factor* sebesar 4 sehingga total massa 2.943 N. *Safety factor* yang diberikan tergolong besar agar didapatkan desain yang kuat dan kokoh sehingga aman digunakan jangka panjang. Material yang digunakan adalah besi hollow dengan ukuran 4x4 cm dan tebal 2 mm. Besi hollow yang digunakan tergolong besi yang kuat di pasaran yaitu material *steel carbon* dengan *yield strength* sebesar $380 N/mm^2$ atau MPa. Gambar 4- 12 merupakan hasil analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap *displacement* pada rangka. Nilai *displacement* terbesar pada rangka adalah 1,861 mm dan terletak di tengah rangka bawah. Gambar 4- 13 merupakan hasil analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap tegangan pada rangka. Nilai tegangan terbesar pada rangka adalah 376,5 MPa dan terletak di tengah rangka bawah.

Nilai tegangan terbesar masih dibawah dari *yield strength* $376,5 MPa < 380 MPa$. Nilai tegangan terbesar yaitu 376,5 MPa merupakan hasil dari *safety factor* bernilai 4 sehingga jika dibagi dengan *safety factor* bernilai 94,125 MPa jika beban tidak dikalikan dengan *safety factor* atau dengan beban asli yaitu 735,75 N. Berdasarkan dari analisis tersebut dapat dikatakan desain sangat mampu menerima beban tanki hidrolik sebesar 75 kg atau 735,75 N dengan menggunakan *safety factor* berjumlah 4.



Gambar 4- 12 Analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap *displacement* pada rangka.



Gambar 4- 13 Analisis pembebanan pompa oli hidrolik terhadap tegangan pada rangka.

4.2 Hasil Perancangan Produk

Pengerjaan pembuatan mesin vulkanisasi berdasarkan desain yang telah dirancang akan dikerjakan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia dan Bengkel Las Pak Barji. Proses pengelasan dilakukan di Bengkel Las Pak Barji sedangkan untuk proses *assembly* dan pembuatan *heater* dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia. Proses pembuatan mesin vulkanisasi terdapat 3 proses yaitu

- A. Produksi rangka mesin vulkanisasi
- B. Produksi pemanas mesin vulkanisasi
- C. *Assembly* komponen mesin vulkanisasi

Ketiga proses tersebut dilakukan secara berurutan dan diawasi serta dibantu oleh Laboran Proses Produksi. Hal ini bertujuan agar proses pembuatan mesin vulkanisasi lebih efektif dan efisien.

4.2.1 Produksi Rangka Mesin Vulkanisasi

Proses produksi pertama diawali dengan pembuatan rangka mesin vulkanisasi. Pembuatan rangka dibagi menjadi 3 bagian yaitu pengelasan rangka, *assembly cover* rangka dan pengecatan keseluruhan rangka. Pada gambar 4- 14 menunjukkan hasil pengelasan rangka yang telah dilakukan oleh ahli las pada Bengkel Las Pak Barji. Rangka dilakukan pengelasan secara penuh agar kekuatan dari rangka lebih baik. Pemotongan *cover* rangka dilakukan oleh ahli las agar lebih rapi dan sesuai dengan dimensi dari rangka yang telah dibuat.



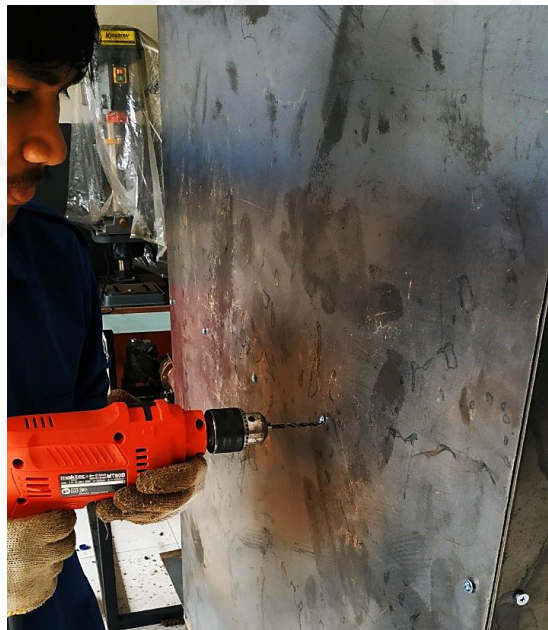
Gambar 4- 14 Rangka dan *cover* hasil pengerjaan bengkel las.

Proses pengerjaan selanjutnya adalah proses *assembly cover* dan rangka. Proses perakitan dilakukan dengan metode baut. Baut akan menggabungkan *cover* dengan rangka mesin vulkanisasi. Penggunaan baut untuk proses penggabungan bertujuan agar *maintenance* mesin vulkanisasi lebih mudah untuk dilakukan karena dapat mengganti *cover* jika sudah rusak atau tidak layak pakai. Gambar 4- 15 dan

gambar 4- 16 merupakan penampakan proses pemasangan *cover* dengan rangka menggunakan metode baut. Proses *assembly cover* dengan rangka dilakukan seluruhnya di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4- 15 Peletakan *cover* pada rangka mesin vulkanisasi.



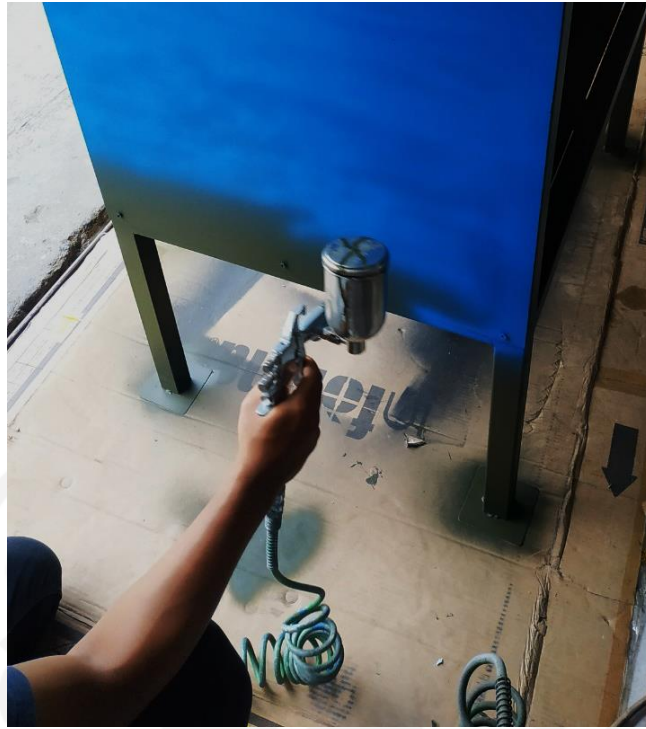
Gambar 4- 16 Proses pemberian baut pada *cover* dengan rangka.

Proses setelah *assembly cover* dengan rangka adalah proses pengecatan rangka secara keseluruhan. Pengecatan dilakukan dengan tujuan menjaga rangka dari proses oksidasi sehingga tidak mudah berkarat. Selain itu pengecatan dilakukan agar rangka mesin vulkanisasi lebih indah dan mudah untuk dilihat. Pengecatan dilakukan dengan metode *spray* dengan menggunakan alat kompresor dan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia. Gambar 4- 17 merupakan penampakan proses pengecatan dengan cat dasar rangka mesin vulkanisasi dengan metode *spray*. Pengecatan dengan menggunakan cat dasar bertujuan untuk membuat cat utama lebih tahan lama dan tidak mudah mengelupas.



Gambar 4- 17 Pengecatan dasar rangka mesin vulkanisasi.

Setelah dilakukan pengecatan dasar maka rangka diberi cat utama sebagai warna utama dari rangka mesin vulkanisasi. Gambar 4 -18 dan 4- 19 merupakan proses pengecatan utama. Pengecatan utama dengan menggunakan cat berwarna biru hal ini bertujuan agar hasil akhir pengecatan rangka mesin vulkanisasi lebih mudah dilihat.



Gambar 4- 18 pengecatan utama rangka mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 19 Hasil pengecatan utama rangka mesin vulkanisasi.

4.2.2 Produksi Pemanas Mesin Vulkanisasi

Pemanas yang digunakan pada saat proses vulkanisasi dibuat secara mandiri agar lebih sesuai dengan penggunaan. Komponen pemanas yang digunakan yaitu *tubular heater* dengan spesifikasi 2000 watt dan suhu maksimum 1000°C. Proses produksi pemanas sesuai dengan desain pemanas yang telah dibuat. Pembuatan pemanas melalui 3 tahapan pembuatan yaitu pembuatan rangka *heater*, *assembly heater* dan pengecatan *heater*. Pada gambar 4- 20 menunjukkan hasil dari proses pembuatan dari rangka *heater*. Proses pembuatan rangka *heater* dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4- 20 Hasil pembuatan rangka *heater*.

Proses selanjutnya adalah *assembly* rangka *heater* dengan komponen pemanas. Proses ini dilakukan dengan dua tahap yaitu proses pengelasan rangka dan *assembly* keseluruhan. Proses *assembly* keseluruhan menggunakan metode baut agar proses *maintenance* lebih mudah dilakukan jika salah satu komponen mengalami kerusakan. Gambar 4- 21 merupakan penampakan proses pengelasan rangka *heater*. Pengelasan dilakukan agar rangka *heater* lebih terpasang kuat. Gambar 4- 22 merupakan penampakan proses *assembly* keseluruhan rangka *heater*.



Gambar 4- 21 Proses pengelasan rangka *heater*.



Gambar 4- 22 Proses *assembly* komponen pemanas.

Proses selanjutnya adalah pengecatan keseluruhan pemanas mesin vulkanisasi. Proses pengecatan dilakukan dengan metode *spray* dan menggunakan cat tahan panas tinggi yaitu RJ London HI-Temp. Penggunaan cat tahan panas bertujuan agar cat tidak meleleh pada saat pemanas dinyalakan dan tidak mengelupas pada saat penggunaan rutin. Gambar 4- 23 merupakan penampakan cat tahan panas yang digunakan untuk melapisi pemanas mesin vulkanisasi. Gambar 4- 24 merupakan penampakan proses pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi. Gambar 4- 25 merupakan penampakan hasil pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 23 Cat tahan panas yang digunakan untuk pengecatan pemanas mesin vulkanisasi.



Gambar 4- 24 Proses pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi.



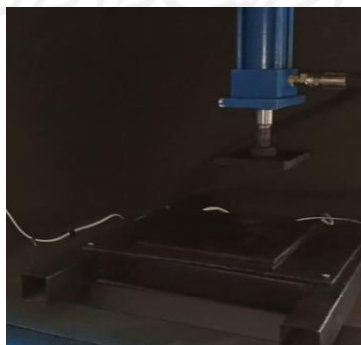
Gambar 4- 25 Hasil pengecatan cat tahan panas pada pemanas mesin vulkanisasi.

4.2.3 *Assembly* Komponen Mesin Vulkanisasi

Proses *assembly* keseluruhan komponen mesin vulkanisasi dilakukan menjadi dua tahap yaitu proses *assembly* mekanik dan elektrik. Proses *assembly* mekanik dilakukan dengan cara menggabungkan pemanas dan hidrolik pada rangka mesin sesuai dengan desain yang telah dibuat. Sedangkan untuk proses *assembly* elektrik dilakukan dengan cara pemasangan program serta komponen elektrik pada pemanas dan hidrolik lalu dilanjutkan dengan sinkronisasi pemanas dan hidrolik.

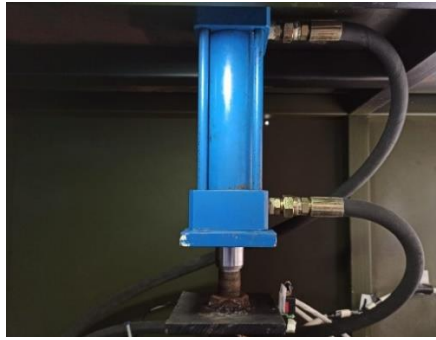
Proses *assembly* mekanik disesuaikan dengan desain yang telah dibuat serta penyesuaian dengan kondisi lapangan. Berikut adalah detail proses *assembly* mekanik yang dilakukan.

1. Pemanas diletakkan di bawah piston hidrolik



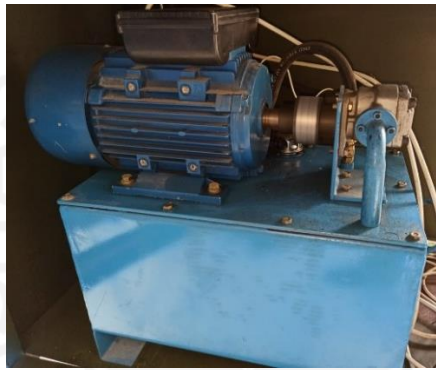
Gambar 4- 26 Peletakan pemanas di bawah piston hidrolik.

2. Piston hidrolik digantungkan pada rangka atas mesin



Gambar 4- 27 Peletakan piston hidrolik di bawah rangka atas mesin.

3. Tanki hidrolik diletakkan di kolom bawah mesin



Gambar 4- 28 Peletakan tanki hidrolik di dalam kolom bawah mesin.

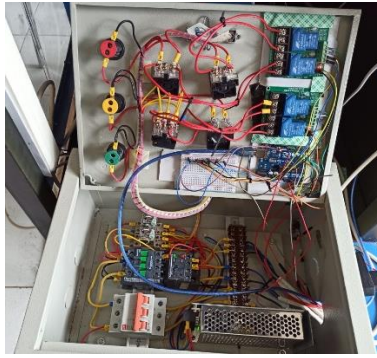
Proses *assembly* elektrik dilakukan menjadi tiga tahapan yang dilakukan secara berurutan hal ini lakukan agar proses *assembly* lebih terstruktur sehingga meminimalisir kesalahan *assembly*. Berikut adalah ketiga tahapan *assembly* elektrik pada mesin vulkanisasi.

1. Pemasangan komponen elektrik dan program pada pemanas



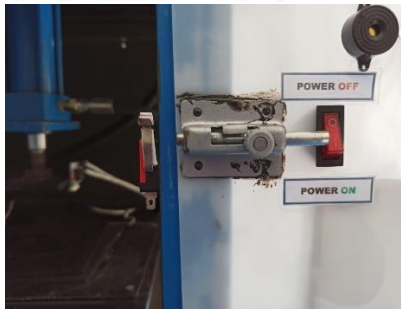
Gambar 4- 29 Cover *control panel* mesin vulkanisasi.

2. Pemasangan komponen elektrik dan program pada hidrolik



Gambar 4- 30 Penambahan sistem arduino pada box hidrolik.

3. Sinkronisasi kedua komponen elektrik dan program pada pemanas dan hidrolik.



Gambar 4- 31 Sinkronisasi pada pemanas dan hidrolik menggunakan *limit switch*.

Sinkronisasi dilakukan dengan menggunakan *limit switch* yang mampu menyatukan program hidrolik dan pemanas. Selain itu penggunaan *limit switch* dapat dimanfaatkan sebagai fungsi keamanan dimana saat pintu mesin belum ditutup maka mesin tidak akan menyala baik dari pemanas maupun hidrolik.



Gambar 4- 32 Hasil akhir mesin vulkanisasi karet.

4.3 Hasil Pengujian Produk

4.3.1 Pembuatan Spesimen Produk

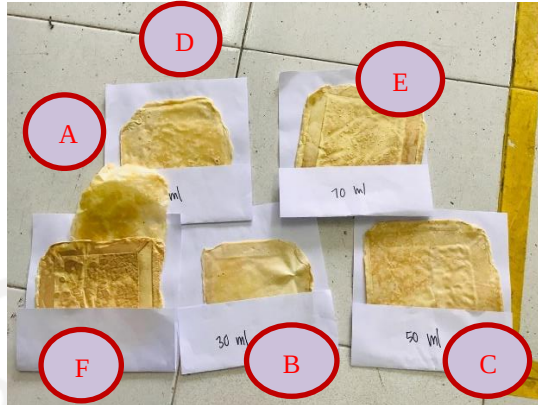
Spesimen produk yang kami gunakan merupakan hasil kerja sama kami dengan mahasiswa Teknik Kimia FTI UII dalam proses pengerjaan penelitiannya. Spesimen yang digunakan adalah *Natural Rubber* DRC 60 dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 4- 1 Spesifikasi spesimen produk *natural rubber* DRC 60.

Dry Rubber Content	Min 60%
Total Solid Content	Min 61,5%
Non Rubber Content	Max 2%
M.S.T @55%TS	Min 650
Volatile Fatty Acid	Max 0.10
KOH Number	Max 0.85

Spesimen produk yang dibuat menggunakan mesin kami berjumlah 6 sampel dengan variasi pada komposisinya. Variasi yang digunakan adalah 25 ml, 30 ml, 50 ml, 60 ml, 70 ml dan 75 ml. Seluruh sampel pada spesimen produk

dilakukan vulkanisasi dengan suhu 120°C dan waktu 20 menit. Setelah dilakukan proses vulkanisasi dengan menggunakan mesin vulkanisasi yang telah kami buat di dapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 4- 33 Hasil pembuatan spesimen produk *natural rubber* DRC 60.

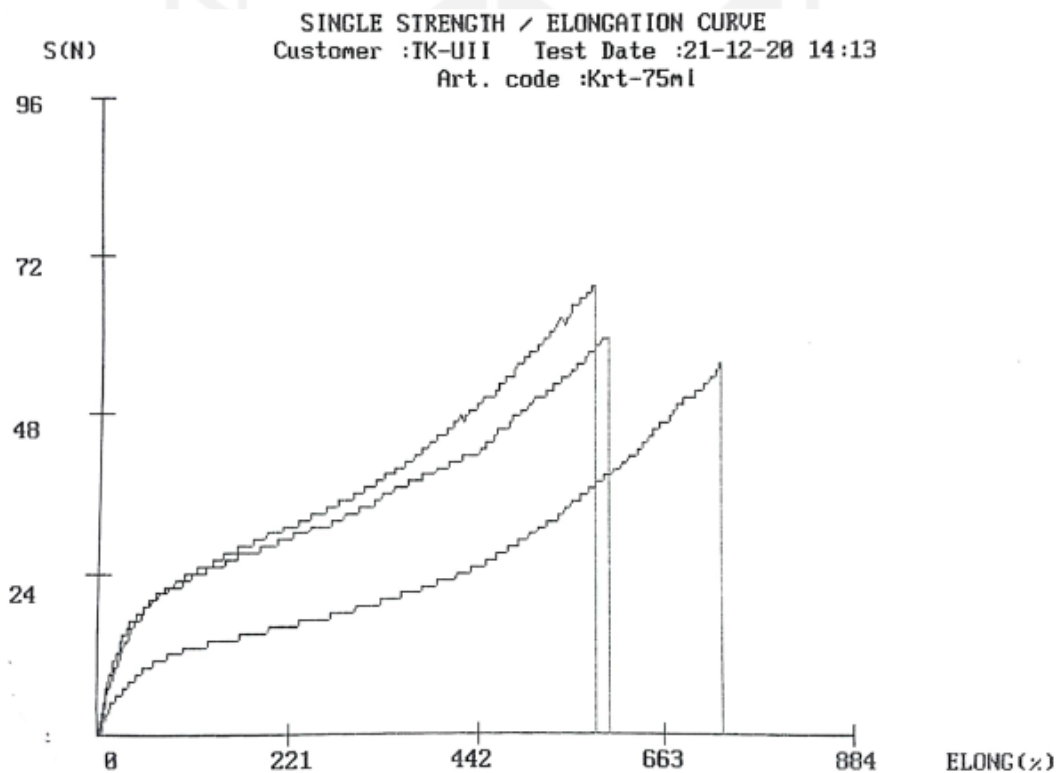
Spesimen di atas merupakan hasil seluruh sampel yang telah dibuat menggunakan mesin vulkanisasi yang telah kami buat. Sampel A= 25 ml, sampel B=30 ml, sampel C= 50ml, sampel D=60 ml, sampel E=70ml dan sampel F=75 ml. Sampel spesimen tersebut pada awalnya berbentuk seperti lembaran keju yang sedikit elastis atau kental namun setelah divulkanisasi berubah menjadi elastis seperti kulit manusia. Berikut merupakan gambar perbandingan bentuk fisik spesimen sebelum divulkanisasi dengan sesudah divulkanisasi.



Gambar 4- 34 (Kiri) material yang telah divulkanisasi dan (kanan) material yang belum divulkanisasi.

Tabel 4- 2 Hasil uji tarik dan *elongation* spesimen produk

Kode Sampel	Uji ke	Nilai Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Karet		Kode Sampel	Uji ke	Nilai Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Karet	
		Nilai Kekuatan (N)	Nilai Mulur (%)			Nilai Kekuatan (N)	Nilai Mulur (%)
25 ml	1	10.791	177.20	60 ml	1	40.221	698.333
	2	11.772	230.80		2	38.259	516.50
	3	8.829	247.666		3	27.468	625.00
Nilai Rata-rata		10.464	218.555	Nilai Rata-rata		35.316	613.278
30 ml	1	22.563	581.00	70 ml	1	33.354	659.333
	2	21.582	783.833		2	34.335	582.50
	3	21.582	814.166		3	28.449	636.166
Nilai Rata-rata		21.909	816.333	Nilai Rata-rata		32.046	626.000
50 ml	1	17.658	786.00	75 ml	1	60.822	587.166
	2	21.582	761.50		2	56.898	728.166
	3	20.601	718.166		3	68.67	576.50
Nilai Rata-rata		19.947	755.222	Nilai Rata-rata		62.130	630.611



Gambar 4- 35 Grafik uji tarik dan *elongation* spesimen produk

Pada tabel 4-2 dan gambar 4-35 merupakan hasil dari pengujian tarik dan *elongation* didapatkan nilai rata-rata tegangan pada sampel 25 ml -75 ml adalah 10,464 N – 62,130 N sedangkan untuk nilai rata-rata *elongation* adalah 218,555 % – 630,611 %.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, hasil dan pembahasan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Dalam pembuatan rancangan dan mesin vulkanisasi didapatkan kelebihan, kekurangan dan kriteria desain sebagai berikut.

A. Kelebihan

- Memiliki biaya produksi yang tidak besar dan tergolong murah untuk mesin vulkanisasi.
- Kebutuhan energi yang tergolong menengah sehingga cocok digunakan untuk institusi yang menggunakan energi listrik diatas 4000 watt.
- Terdapat fitur keamanan untuk operator yang membuat mesin tidak bisa digunakan jika pintu mesin masih terbuka.
- Mudah untuk melakukan proses *maintenance* jika terjadi kerusakan dan cacat dalam mesin vulkanisasi.

B. Kekurangan

- Masih terdapat beberapa kesalahan minor pada mesin vulkanisasi seperti *finishing cover* mesin yang masih kurang rapi.
- Mesin vulkanisasi tidak cocok untuk digunakan pada industri kecil yang hanya memiliki sumber energi listrik di bawah 4000 watt.
- Mesin vulkanisasi tidak cocok untuk mobilitas tinggi karena tidak mudah untuk dipindahkan.

- C. Mesin vulkanisasi telah memenuhi kriteria desain yang ditetapkan yaitu dengan memperhatikan faktor keamanan, kebutuhan dan tidak memerlukan biaya yang besar untuk proses produksi mesin vulkanisasi.

Biaya yang diperlukan untuk pembuatan mesin vulkanisasi tanpa hidrolik adalah Rp 4.471.100,00. Total biaya pembuatan mesin vulkanisasi dengan penambahan biaya hidrolik adalah Rp 17.471.100,00.

2. Mesin vulkanisasi memiliki sistem kerja berbasis kontrol Arduino sehingga dapat memudahkan operator dalam mengatur suhu, *alarm* waktu dan hidrolik dengan mudah. Hasil produk yang dibuat menggunakan mesin vulkanisasi menunjukkan. Karet yang semula berbentuk *unvulcanized* telah mengalami perubahan dan perbaikan sifat mekanis. Pada pengujian tarik dan *elongation* didapatkan nilai rata-rata tegangan pada sampel 25 ml -75 ml adalah 10,464 N – 62,130 N sedangkan untuk nilai rata-rata *elongation* adalah 218,555 % – 630,611 %.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

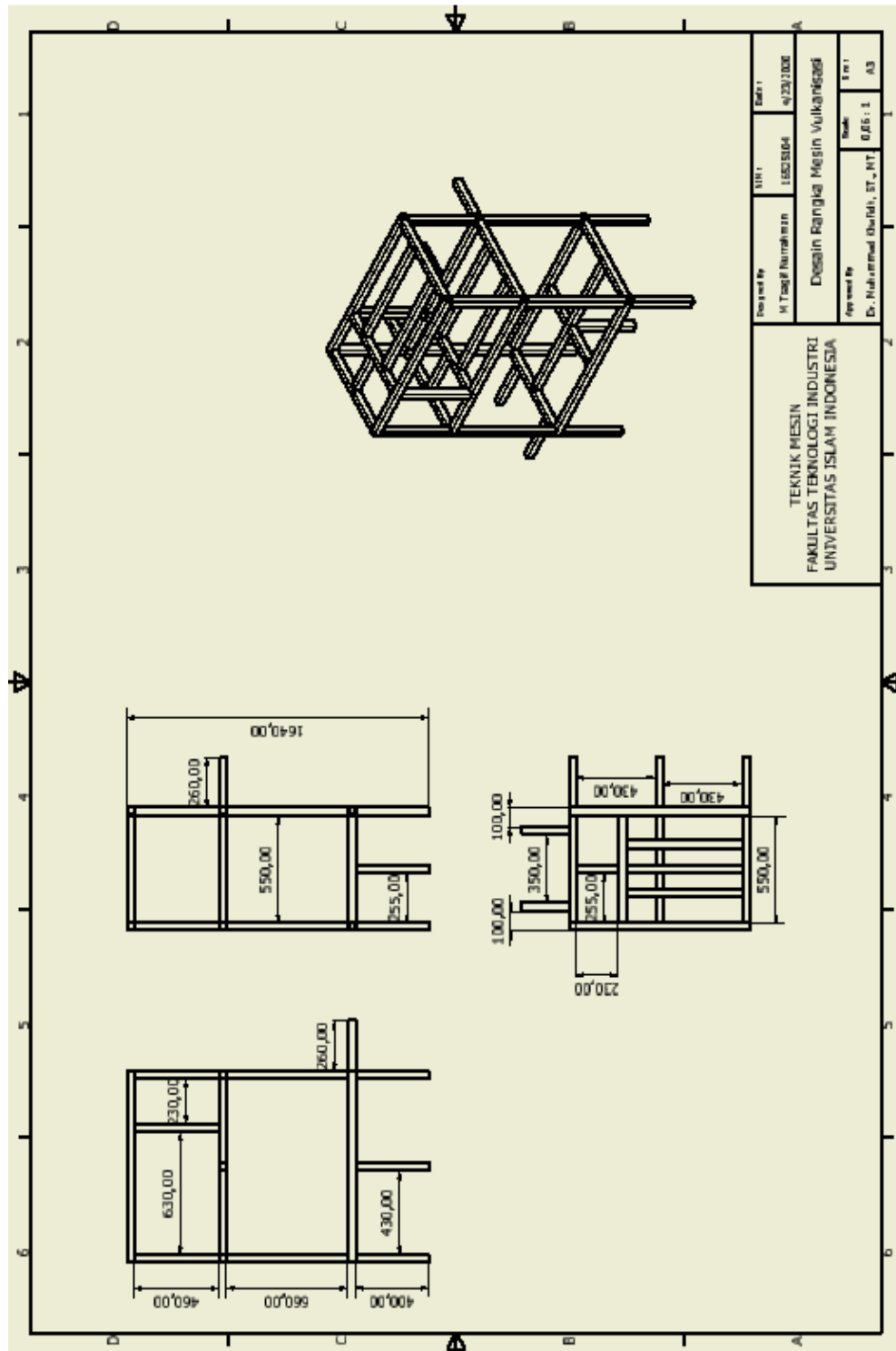
Pada perancangan dan pembuatan mesin vulkanisasi ini terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki dan dikembangkan, untuk itu penulis memberikan saran kepada perancangan selanjutnya yaitu:

1. Perlunya pergantian hidrolik yang lebih kecil karena kekuatan tekan hidrolik yang sebenarnya diperlukan tidak sebesar hidrolik yang digunakan saat ini. Dengan pergantian hidrolik akan lebih meringankan beban dari mesin sehingga rangka akan lebih kokoh dan awet serta mesin menjadi lebih mudah untuk dipindahkan ke tempat lain jika diperlukan.
2. Perlunya mempertimbangan material dan proses produksi pada rangka mesin vulkanisasi agar mesin menjadi lebih ringan namun tetap kokoh.

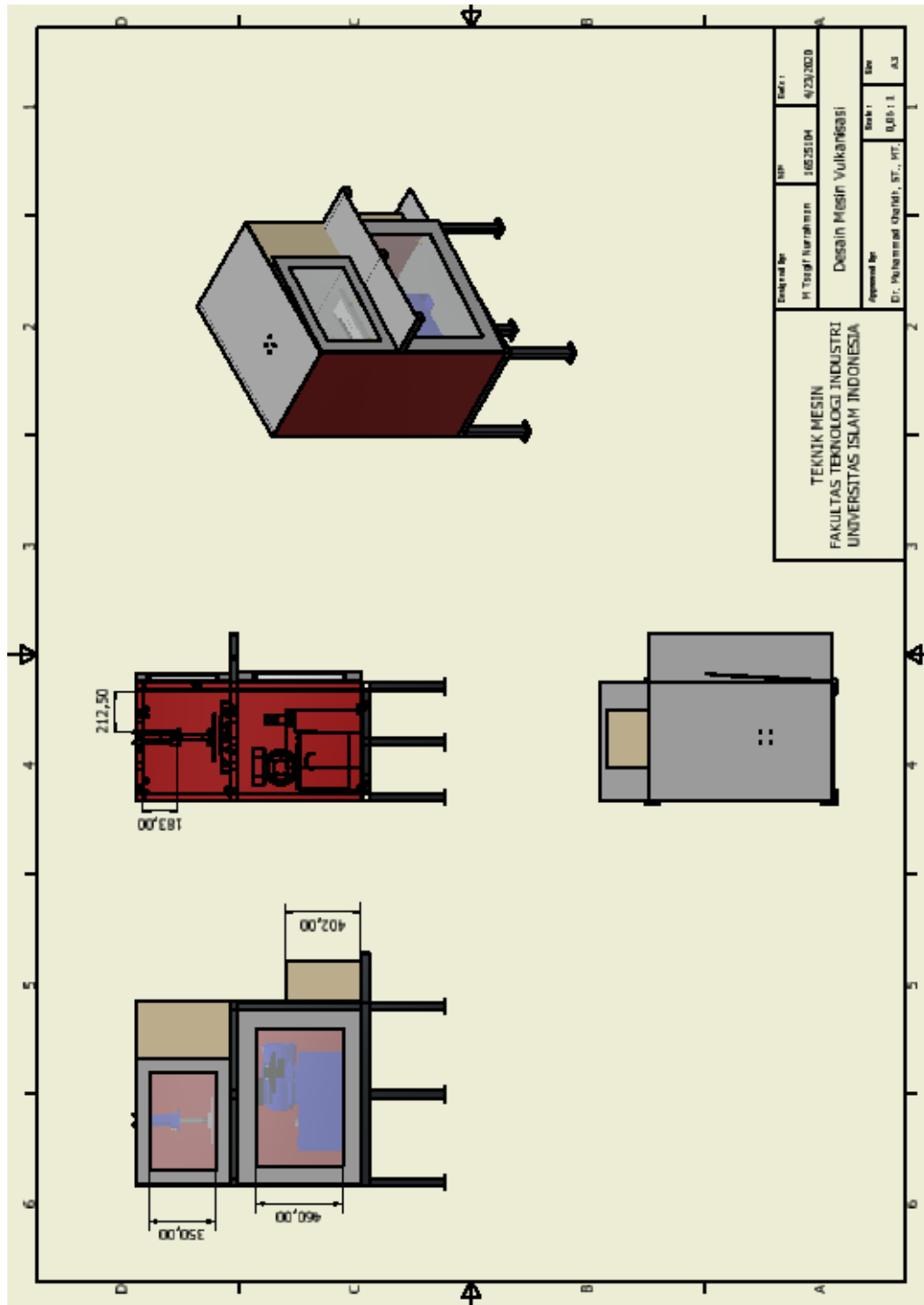
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mark, J. E. (2005). Science and technology of rubber 3rd edition. *Elsevier Academic Press*, 321-366.
- [2] Qingdao Sea King Machinery Co., L. (2020). Retrieved from Indonesian Alibaba: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ce-iso-certificate-rubber-product-vulcanizing-press-machine-for-slipper-sole-making-60819411824.html>
- [3] Hofmann, W. (1965). *Vulcanization and vulcanizing agent*. Jerman: The McLaren Group.
- [4] Yuniari, A., Sholeh, M., & Indrajati, I. N. (2015). Pengaruh Sistem Vulkanisasi Konvensional (CV) dan semi efisien (SEV) terhadap sifat Aging dan Termal Vulkanisat Campuran Karet Alam dan Karet Butil. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 99-106.
- [5] *Indonesian Silicone Rubber Injection Molding Machine*. (2020). Retrieved from https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ce-iso-certificate-50ton-rubber-vulcanizing-press-machine-for-rubber-ring-and-rubber-washer-62135117023.html?spm=a2700.md_in_ID.deiletai6.6.182dfff16DjNyZ
- [6] Harsokoesoemo, H. D. (2004). Pengantar Perancangan Teknik. Bandung: ITB.
- [7] Rahmayanti, D. d. (2018). Perancangan Produk dan Aplikasinya. Padang: LPTIK Universitas Andalas.
- [8] Wesli. (2010). *Mekanika Rekayasa*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [9] Soemono. (1989). *Tegangan 1*. Bandung: ITB.

LAMPIRAN 1



LAMPIRAN 2



LAMPIRAN 3

Anggaran Biaya Keseluruhan Pembuatan Mesin Vulkanisasi

Mesin Vulkanisasi					
No	Pengeluaran	Jenis	Koef	Satuan	Harga
1	Plat Ezer 1,4 mm	Mekanik	3	Lembar	Rp 990,000
2	Besi Siku 40x40x3 mm	Mekanik	1	Buah	Rp 45,000
3	Besi Hollow 40x40x2 mm	Mekanik	5	Buah	Rp 700,000
3	Jasa Pengerjaan Las	Mekanik	1	Buah	Rp 500,000
4	Jasa Potong Las	Mekanik	1	Buah	Rp 100,000
5	Baut Sekrup 10 x 3/4	Mekanik	110	Buah	Rp 11,000
6	Baut Sekrup 10 x 1	Mekanik	130	Buah	Rp 13,000
7	Skun Heater	Mekanik	2	Buah	Rp 6,000
8	Besi Pemanas	Mekanik	4	Buah	Rp 143,000
9	Acrylic Bening dan Susu	Mekanik	2	Buah	Rp 302,300
10	Alumunium Foil	Mekanik	1	Buah	Rp 38,000
11	Pylox dan Dextone	Mekanik	2	Buah	Rp 45,000
12	Engsel dan Slot Pintu	Mekanik	4	Buah	Rp 45,500
13	Mur Sekrup	Mekanik	48	Buah	Rp 14,800
Jumlah					Rp 2,953,600
Kontrol Mesin Vulkanisasi					
No	Pengeluaran	Jenis	Koef	Satuan	Harga
1	Arduino Uno + Kabel Data	Elektrik	1	Buah	Rp 110,000
2	Kabel Daya 5V Arduino	Elektrik	1	Buah	Rp 15,000
3	Selector Switch	Elektrik	1	Buah	Rp 30,000
4	Limit Switch	Elektrik	2	Buah	Rp 6,000
5	Saklar ON/OFF	Elektrik	1	Buah	Rp 5,000
6	Kabel Listrik	Elektrik	5	Meter	Rp 37,500
7	Kabel Jumper	Elektrik	80	Buah	Rp 80,000
8	Relay 1 Channel	Elektrik	1	Buah	Rp 50,000
9	Relay 2 Channel	Elektrik	2	Buah	Rp 100,000
10	Arduino Mega	Elektrik	1	Buah	Rp 175,000

11	Kabel Listrik	Elektrik	15	Meter	Rp	30,000
12	Skun	Elektrik	20	Buah	Rp	10,000
13	Breadboard	Elektrik	2	Buah	Rp	40,000
14	Modul LCD 12C 16x2	Elektrik	1	Buah	Rp	65,000
15	RTS DS 3231	Elektrik	1	Buah	Rp	28,000
16	Sensor Thermocouple max 66	Elektrik	1	Buah	Rp	75,000
17	Keypad 4x4	Elektrik	1	Buah	Rp	15,000
18	Tubular Heater	Elektrik	1	Buah	Rp	450,000
19	Lampu LED	Elektrik	4	Buah	Rp	6,000
20	Buzzer	Elektrik	1	Buah	Rp	10,000
21	Adaptor	Elektrik	2	Buah	Rp	60,000
22	Rol Kabel	Elektrik	1	Buah	Rp	30,000
23	Lampu	Elektrik	1	Buah	Rp	20,000
24	Steker Colokan Broco	Elektrik	2	Buah	Rp	30,000
25	Stop Kontak	Elektrik	1	Buah	Rp	40,000
Jumlah					Rp	1,517,500
Jumlah Keseluruhan(non hidrolik)					Rp	4,471,100
Jumlah Keseluruhan(sudah dengan hidrolik)					Rp	17,471,100