

**PERANCANGAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK MENJADI
*PAVING BLOCK***



ARDIFAN RISDAMAJI

4317130036

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PANCASILA

JAKARTA

AGUSTUS 2020

Perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik Menjadi *Paving Block*

**Diajukan untuk memenuhi syarat
Tugas Akhir Program Diploma Tiga**



**Ardifan Risdamaji
4317130036**

**Pembimbing :
Hendri Sukma, S.T, M.T**

**Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Pancasila
Jakarta
Agustus 2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tulisan ilmiah dalam tugas akhir ini dengan judul:

PERANCANGAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK MENJADI *PAVING BLOCK*

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian prasyarat menjadi **Ahli Madya** pada **Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila**, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari dalam tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Lingkungan Universitas Pancasila maupun di Perguruan Tinggi lainnya, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 24 Agustus 2020



Ardifan Risdamaji

4317130036

PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ardifan Risdamaji

NPM : 4317130036

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik Menjadi *Paving Block*

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Dewan Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

DEWAN PENGUJI

Penguji : Dr. Agri Suwandi, S.T, M.T – 431121193

(.....)

Penguji : Ir. Estu Prayogi, MKKK – 4314211201

(.....)

Penguji : Eko Prasetyo, S.T, M.T – 4898111002

(.....)

Jakarta, 24 Agustus 2020

Menyetujui,

Pembimbing

Hendri Sukma, S.T, M.T

NPD : 4300110271

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir

Ketua Program Studi

Dr. Agri Suwandi, S.T, M.T

NPD : 431121193

Hendri Sukma, S.T, M.T

NPD : 4300110271

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulisan tugas akhir/skripsi/tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas semua karuniaNya.
2. Bapak Hendri Sukma S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tugas akhir/skripsi/tesis ini;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih belum sempurna, kritik dan saran yang membangun penulis harapkan.

Depok, 24 Agustus 2020

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardifan Risdamaji

NPM. : 4317130036

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir

menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pancasila demi pengembangan ilmu pengetahuan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERANCANGAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK MENJADI PAVING BLOCK

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Pancasila berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 24 Agustus 2020



Ardifan Risdamaji

4317130036

ABSTRAK

Nama : Ardifan Risdamaji
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Judul : Perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik menjadi *Paving Block*
Pembimbing : Hendri Sukma, S.T, M.T

Permasalahan limbah terutama limbah plastik telah menjadi permasalahan yang kompleks. Dalam proses penanganannya, limbah plastik biasanya dapat diolah kembali dengan cara pendaurulangan menjadi produk yang berguna kembali. Salah satu cara pendaurulangan limbah plastik adalah dengan cara peleburan dan kemudian dicetak kembali menjadi produk terpakai. Dalam penelitian laporan ini, dibahas mengenai Mesin Pelebur Limbah Plastik menjadi *Paving Block* yang diharapkan dapat menjadi solusi dalam proses daur ulang limbah plastik yang semakin meningkat. Metode penelitian diawali dengan proses identifikasi kebutuhan konsumen pada umumnya yang ada di pasaran, dilanjutkan dengan perancangan konsep hingga terpilih satu varian terpilih. Kemudian dilanjutkan dengan proses perhitungan tiap komponen mesin, analisis dari desain, pembuatan gambar detail. Perencanaan dari mesin ini yaitu menggunakan motor listrik arus AC 0,5 HP dengan kecepatan putaran 1330 RPM. Putaran dari motor listrik tersebut kemudian di reduksi hingga putaran pulley menjadi 532 RPM pada proses pengadukannya. Mesin ini dirancang untuk dapat melakukan peleburan serta pengadukan dengan volume sebesar 0,019 m³.

Kata kunci : Limbah plastik, , *paving block*, peleburan, pengadukan.

ABSTRACT

Name : Ardifan Risdamaji
Study Program : Diploma III Mechanical Engineering
Title : Design of Plastic Waste Melting Machine into Paving Block
Supervisor : Hendri Sukma, S.T, M.T

The problem of waste, especially plastic waste has become a complex problem. In the process of handling, plastic waste can usually be recycled by recycling into useful products again. One way to recycle plastic waste is by smelting and then reprinting it into used products. In this research report, it is discussed about the Plastic Waste Melting Machine into Paving Block which is expected to be a solution in the increasing plastic waste recycling process. The research method begins with the process of identifying the needs of consumers in general on the market, followed by designing the concept until one variant is selected. Then proceed with the process of calculating each machine component, analysis of the design, making detailed drawings. The planning of this machine is to use an electric motor current of 0.5 HP AC with a rotation speed of 1330 RPM. The rotation of the electric motor is then reduced until the pulley rotation becomes 532 RPM in the stirring process. This machine is designed to be able to conduct fusion and stirring with a volume of 0.019 m³.

Key Word : Plastic waste, paving block, smelting, stirring.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Batasan Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2. TEORI DASAR | |
| 2.1 <i>Paving Block</i> | 4 |
| 2.2 Energi Panas | 5 |
| 2.3 Plastik atau Polimer..... | 8 |
| 2.4 Proses Pencampuran..... | 10 |
| 2.5 Motor Induksi AC | 13 |
| 2.6 Poros / <i>Shaft</i> | 15 |
| 2.7 <i>Pulley</i> | 17 |
| 2.8 <i>Belt</i> | 18 |
| 2.9 <i>Bearing</i> | 21 |
| 2.10 Rangka..... | 23 |
| 2.11 <i>Software Solidworks</i> | 23 |
| 2.12 Metode Perancangan Pahl & Beitz | 26 |

BAB 3. METODE PENELITIAN

| | |
|------------------------------------|----|
| 3.1 Metodologi | 36 |
| 3.2 Perancangan Konsep | 39 |
| 3.3 Struktur Fungsi | 41 |
| 3.3.1 Fungsi Keseluruhan | 41 |
| 3.3.2 Sub Fungsi Keseluruhan | 42 |
| 3.4 Kombinasi Prinsip Solusi | 43 |
| 3.5 Pembuatan Konsep Varian | 44 |
| 3.6 Pembobotan Nilai | 47 |
| 3.7 Varian Terpilih | 56 |

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Perancangan Detail Mesin Pelebur Limbah Plastik..... | 57 |
| 4.2 Perencanaan Komponen Mesin..... | 59 |
| 4.2.1 Daya Pengadukan <i>Mixer</i> | 59 |
| 4.2.2 Perhitungan <i>Pulley</i> dan <i>V – Belt</i> | 62 |
| 4.2.3 Perhitungan Poros..... | 69 |
| 4.3 Analisis Rangka..... | 73 |

BAB 5. PENUTUP

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 84 |
| 5.2 Saran..... | 84 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| DAFTAR REFERENSI..... | 86 |
|------------------------------|-----------|

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Sifat Fisika <i>Paving Block</i> | 5 |
| Tabel 2.2. Konduktivitas Termal Beberapa Logam, Non Logam, Cairan dan Gas | 7 |
| Tabel 2.3. Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya..... | 9 |
| Tabel 2.4. Sifat Material Plastik <i>Polyethylene</i> | 10 |
| Tabel 2.5. Nominal Kecepatan Putar pada Motor Induksi | 15 |
| Tabel 2.6. Tipe Fitur pada Solidworks..... | 25 |
| Tabel 2.7. Contoh Kombinasi Prinsip Solusi..... | 31 |
| Tabel 3.1. Daftar Persyaratan | 40 |
| Tabel 3.2. Tabel Prinsip Solusi | 43 |
| Tabel 3.3. Keterangan Prinsip Solusi | 43 |
| Tabel 3.4. Varian 1 | 44 |
| Tabel 3.5. Varian 2 | 45 |
| Tabel 3.6. Varian 3 | 46 |
| Tabel 3.7. Rekapitulasi Data Varian 1 | 47 |
| Tabel 3.8. Rekapitulasi Data Varian 2..... | 48 |
| Tabel 3.9. Rekapitulasi Data Varian 3..... | 49 |
| Tabel 3.10. Daftar Kebutuhan Pengguna..... | 50 |
| Tabel 3.11. Pembobotan Nilai Varian 1 | 52 |
| Tabel 3.12. Pembobotan Nilai Varian 2 | 53 |
| Tabel 3.13. Pembobotan Nilai Varian 3 | 54 |
| Tabel 3.14. Penilaian Konsep Kombinasi | 55 |
| Tabel 4.1. Sifat Material Baja Karbon | 73 |
| Tabel 4.2. Massa Komponen | 74 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. <i>Paving Block</i> | 4 |
| Gambar 2.2. Grafik Pengaruh Temperatur Pada Konduktivitas Termal | 8 |
| Gambar 2.3. Jenis – Jenis Plastik | 9 |
| Gambar 2.4. Parameter Perhitungan Daya Pengaduk | 12 |
| Gambar 2.5. Motor Induksi AC | 13 |
| Gambar 2.6. <i>Frame, Stator dan Rotor</i> | 14 |
| Gambar 2.7. Poros | 16 |
| Gambar 2.8. <i>Pulley</i> | 18 |
| Gambar 2.9. Sabuk atau <i>Belt</i> | 19 |
| Gambar 2.10. Penampang Lintang Sabuk V dan Alur <i>Pulley</i> | 19 |
| Gambar 2.11. <i>Bearing</i> | 22 |
| Gambar 2.12. Contoh Gambar Rangka..... | 23 |
| Gambar 2.13. Contoh Sketsa pada Solidworks..... | 24 |
| Gambar 2.14. Contoh Hasil Desain Pada Polidworks | 25 |
| Gambar 2.15. Diagram Alir Perancangan Menurut Pahl <i>and</i> Beitz | 27 |
| Gambar 2.16. Contoh Struktur Fungsi Keseluruhan | 30 |
| Gambar 2.17. Contoh Struktur Subfungsi | 30 |
| Gambar 2.18. Tahap Perancangan konsep Pahl <i>and</i> Beitz | 34 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Perancangan | 36 |
| Gambar 3.2. Fungsi Keseluruhan | 41 |
| Gambar 3.3. Sub Fungsi Keseluruhan | 42 |
| Gambar 3.4. Pohon Kriteria | 51 |
| Gambar 3.5. Varian Terpilih | 56 |
| Gambar 3.6. Plastik LDPE | 57 |
| Gambar 4.1. Mesin Pelebur Limbah Plastik | 58 |
| Gambar 4.2. Komponen pada Mesin Pelebur Limbah Plastik | 58 |
| Gambar 4.3. Poros <i>Mixer</i> | 59 |
| Gambar 4.4. Tabung Pelebur..... | 60 |
| Gambar 4.5. Diagram Pemilihan V - <i>Belt</i> | 63 |
| Gambar 4.6. Standar Dimensi V – <i>Belt</i> | 63 |
| Gambar 4.7. V - <i>Belt</i> | 64 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.8. <i>Pulley - Belt</i> | 64 |
| Gambar 4.9. <i>Bearing</i> | 71 |
| Gambar 4.10. Dimensi Poros Mixer | 72 |
| Gambar 4.11. Rangka | 73 |
| Gambar 4.12. Titik Beban pada Rangka | 75 |
| Gambar 4.13. Diagram Benda Bebas pada Titik 1..... | 75 |
| Gambar 4.14. Diagram Benda Bebas pada Titik 2..... | 76 |
| Gambar 4.15. Diagram Benda Bebas pada Titik 3 | 77 |
| Gambar 4.16. Diagram Benda Bebas pada Titik 4 | 78 |
| Gambar 4.17. Fixture pada Bagian Kaki Rangka | 79 |
| Gambar 4.18. Hasil Analisis Tegangan Rangka pada Sisi Pembebanan 1 | 79 |
| Gambar 4.19. Displacement Rangka pada Sisi Pembebanan 1 | 80 |
| Gambar 4.20. <i>Factor of Safety</i> pada Sisi Pembebanan 1 | 80 |
| Gambar 4.21. Hasil Analisis Tegangan Rangka pada Sisi Pembebanan 2 | 81 |
| Gambar 4.22. Displacement Rangka pada Sisi Pembebanan 2 | 82 |
| Gambar 4.23. <i>Factor of Safety</i> pada Sisi Pembebanan 2 | 82 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. Kuesioner Perancangan Konsep..... | L-1 |
| Lampiran 2. Gambar Teknik..... | L-2 |
| Lampiran 3. Hasil Uji Coba Pembuatan Paving Block | L-3 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik sekarang menjadi bahan yang banyak digunakan oleh komunitas global dan dianggap berharga karena memiliki banyak kegunaan dan mudah diproduksi. Sifat plastik yang fleksibel dan dapat dengan mudah dibentuk dan didesain sesuai bentuk yang dikehendaki menjadikan plastik lebih unggul dari bahan lainnya seperti karet dan logam yang pada umumnya lebih sulit dalam proses pembentukannya [1]. Peningkatan produksi plastik global antara tahun 1950 dan 2015 saja menunjukkan bahwa setiap tahun ada peningkatan sebesar 9% setiap tahun. Berdasarkan data, satu juta botol minum plastik diperdagangkan setiap menit, sementara 500 triliun kantong plastik sekali pakai digunakan oleh publik setiap tahun. Hampir 50% dari total produksi plastik dirancang hanya digunakan sekali dan ini yang merusak lingkungan [2].

Namun seiring dengan pemakaian plastik yang semakin meningkat baik di kalangan masyarakat maupun bidang industri serta kurangnya kesadaran masyarakat dalam kebersihan, maka masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan limbah plastik tidak dapat dihindarkan. Seiring dengan meningkatnya penggunaan plastik maka limbahnya pun akan semakin meningkat secara global. Indonesia merupakan negara penyumbang limbah plastik terbesar kedua di dunia setelah negara China. Setiap tahunnya terdapat 3,22 juta metrik ton limbah plastik yang tidak tertangani dan terdapat 0,48 – 1,29 juta metrik ton limbah plastik yang mengotori ekosistem lautan per tahunnya [3]. Pada umumnya terdapat 3 cara penanggulangan limbah plastik yaitu dengan mengganti kantong plastik dengan kantong berbahan dasar kain, pengolahan limbah plastik dengan metode fabrikasi dan pemakaian plastik yang mudah terurai [4].

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik provinsi DKI Jakarta, jumlah produksi sampah dari 6 kota administrasi provinsi DKI Jakarta pada tahun 2017 berjumlah 7164,53 ton per hari. Sementara itu jumlah sampah yang terangkut per harinya hanya berjumlah 6872,18 ton. Itu berarti terdapat sisa residual sampah yang tidak terangkut sebesar 292,35 ton. Adapun persentase komposisi sampah plastik di provinsi DKI Jakarta pada tahun 2017 yaitu sebesar 14,02% [5]. Dengan semakin meningkatnya populasi penduduk suatu daerah akan berdampak signifikan terhadap peningkatan jumlah sampah plastik yang dihasilkan.

Pencemaran yang terjadi di lingkungan pada umumnya di dominasi oleh peningkatan sampah yang sulit terurai seperti sampah plastik.

Oleh karena banyaknya pencemaran yang diakibatkan oleh limbah plastik, maka diperlukan upaya untuk mendaur ulang limbah plastik tersebut menjadi produk yang berguna. Salah satu upaya dalam mengurangi limbah plastik diantaranya yaitu dengan mengolah kembali limbah plastik untuk dijadikan *paving block*. Adapun cara penanggulangan limbah plastik dapat dilakukan dengan melebur limbah plastik dan mencampurnya dengan bahan perekat untuk kemudian dicetak menjadi *paving block*.

Berdasarkan latar belakang di atas, pada perancangan ini dipilih suatu mesin yang digunakan untuk melebur limbah plastik yang didesain dengan aplikasi *mixer* sebagai mekanisme penggerak untuk pengaduk di dalam tabung pelebur. Mesin pelebur limbah plastik ini menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak utamanya dimana motor listrik memiliki keunggulan tidak mencemari udara.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat ditarik rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana perancangan konsep dari mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*?
2. Bagaimana merancang mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*?
3. Bagaimana analisis perancangan pada mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari perancangan mesin pelebur limbah plastik, yaitu :

1. Menghasilkan perancangan konsep mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*.
2. Mendapatkan hasil analisis perancangan detail berupa spesifikasi komponen utama pada mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*.
3. Mendapatkan hasil analisis terhadap pembebanan rangka mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*.

1.4. Batasan Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, adapun batasan masalahnya yaitu :

1. Perancangan mesin pelebur limbah plastik menggunakan *software* Solidworks.
2. Limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*).
3. Pembahasan pada penelitian laporan ini hanya membahas seputar mekanisme gerak dari mesin pelebur limbah plastik
4. Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode perancangan Pahl & Beitz.

1.5. Manfaat Penelitian

Harapan jika penelitian ini selesai dilakukan, diantaranya :

1. Pembaca diharapkan dapat mudah memahami prinsip kerja dari mesin pelebur limbah plastik.
2. Perancangan mesin pelebur limbah plastik ini dapat bermanfaat bagi pembaca agar perancangan mesin ini dapat dikembangkan dengan lebih baik lagi.
3. Analisis perancangan detail dapat dijadikan acuan dalam pengembangan desain selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan.

Penyusunan laporan tugas akhir ini menggunakan susunan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN merupakan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA merupakan landasan teori yang berisi studi pustaka secara umum tentang *paving block*, energi panas, unsur penyusun *paving block* berbahan dasar plastik, motor induksi AC, poros / *shaft*, *pulley*, *belt*, *bearing*, rangka, *software* solidworks, serta metode perancangan Pahl dan Beitz.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN merupakan metodologi penelitian yang meliputi tahapan – tahapan proses perancangan konsep dalam bentuk diagram alir.

BAB IV PEMBAHASAN merupakan pembahasan hasil dari perancangan detail mesin pelebur limbah plastik.

BAB V PENUTUP merupakan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. *Paving Block*

Paving block adalah suatu bangunan yang dibuat dari campuran semen atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya tanpa mengurangi mutu *paving block* itu. *Paving block* biasanya banyak digunakan sebagai batu pijakan di halaman, pelabuhan, tempat parkir ataupun fasilitas pejalan kaki di area publik [6].



Gambar 2.1. *Paving Block* [7].

Paving block memiliki berbagai macam fungsi yang beragam sesuai dengan karakteristiknya. *Paving block* diklasifikasikan dengan berdasarkan mutu dan penggunaan *paving block* tersebut tergantung dengan lingkungan penggunaan *paving block* tersebut. Adapun klasifikasi dari *paving block* tersebut yaitu :

1. Bata beton mutu A : merupakan *paving block* yang diproduksi dengan menggunakan mesin press hidrolik yang memiliki kuat tekan di atas 300 kg/cm^2 . *Paving block* ini biasanya digunakan untuk jalan, perkerasan lahan terminal peti kemas di pelabuhan, kebutuhan non structural dan struktural dengan beban yang berat.
2. Bata beton mutu B : merupakan *paving block* yang memiliki kekuatan di antara *paving block* tipe A dan tipe C (K250-K300) serta memiliki daya penyerapan air sekitar 6 %. Proses pembuatan *paving block* ini menggunakan mesin hidrolik. *Paving block* ini biasanya digunakan untuk peralatan parkir.

3. Bata beton mutu C : merupakan *paving block* yang di produksi menggunakan press mesin vibrasi (K150-250). *Paving block* jenis ini biasanya digunakan untuk pembangunan trotoar pejalan kaki.
4. Bata beton mutu D : merupakan *paving block* yang dibuat dengan cara press manual dengan tangan (K50-100). *Paving block* jenis ini biasanya digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Paving block diharuskan memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat banyak retak dan cacat permukaan, dan bagian ujungnya tidak mudah hancur dengan mudah. Ketebalan minimal yang harus dimiliki *paving block* yaitu dengan nominal 60 mm dan dengan toleransi + 8%. Sifat material yang dimiliki *paving block* berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu :

Tabel 2.1. Sifat Fisika *Paving Block* [6]

| Mutu | Kuat Tekan (MPa) | | Ketahanan Aus (mm/menit) | | Penyerapan air rata- rata maksimal |
|------|---------------------|------|-----------------------------|-------|---------------------------------------|
| | Rata-rata | Min. | Rata-rata | Min. | (%) |
| A | 40 | 35 | 0,090 | 0,103 | 3 |
| B | 20 | 17 | 0,130 | 0,149 | 6 |
| C | 15 | 12,5 | 0,160 | 0,184 | 8 |
| D | 10 | 8,5 | 0,219 | 0,251 | 10 |

2.2. Energi Panas

Energi panas merupakan energi yang pada dasarnya memiliki sifat akan berpindah akibat adanya perbedaan suhu. Energi panas ini dapat berpindah dari tempat dengan temperatur yang tinggi ke tempat atau benda dengan temperatur yang lebih rendah. Setiap kondisi dimana terdapat perbedaan temperatur pada suatu sistem atau kapanpun ketika dua sistem pada temperatur berbeda dalam kontak, maka energi akan berpindah. Proses dimana energi berpindah tempat antara medium disebut dengan perpindahan panas. Perpindahan panas merupakan aspek penting dalam termodinamika dan energi. Perpindahan panas merupakan dasar bagi banyak aplikasi bidang teknik. Para insinyur biasanya perlu

menghitung rata-rata perpindahan panas untuk pengaplikasian dari proses teknologi. Rata-rata perpindahan panas yang tinggi dibutuhkan dalam berbagai proses dalam bidang industri. Sebagai contoh, kelangsungan energi listrik pada sebuah pembangkit listrik membutuhkan perpindahan panas yang tinggi dari pembakaran gas menjadi air pada tabung *boiler*.

Terdapat 3 metode berbeda pada perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Literatur mengenai perpindahan panas pada umumnya mengenal 3 metode berbeda dalam perpindahan panas : konduksi, radiasi, dan konveksi. Sebenarnya, hanya konduksi dan radiasi yang dapat di klasifikasikan sebagai proses perpindahan panas, karena hanya dua mekanisme ini yang bergantung kepada operasinya terhadap adanya perbedaan temperatur. Dan yang terakhir, yakni konveksi tidak sepenuhnya memenuhi definisi dari perpindahan panas karena pada operasinya juga memerlukan perpindahan massa mekanis.

Konduksi panas merupakan keadaan dimana perbedaan temperatur terdapat pada medium yang padat, panas akan berpindah dari temperatur yang lebih tinggi ke daerah atau medium dengan temperatur yang lebih rendah. Rata-rata aliran panas yang sebenarnya tergantung pada konduktivitas termal, yang merupakan sifat fisik dari medium perantaranya. Konduktivitas termal merupakan sifat material yang mengindikasikan jumlah panas yang akan merambat per satuan waktu melalui sebuah satuan luas ketika perbedaan temperatur menjadi satu. Dalam sistem Satuan Internasional (SI), luas permukaan dalam meter persegi (m^2), temperature dalam Kelvin (K), x dalam meter (m), dan rata-rata dari aliran rambat panas dalam Watt (W). Konduktivitas termal sendiri mempunyai satuan Watt per meter per Kelvin (W/mK). ($1 \text{ W/m K} = 0.578 \text{ Btu/h ft } ^\circ\text{F}$) [8].

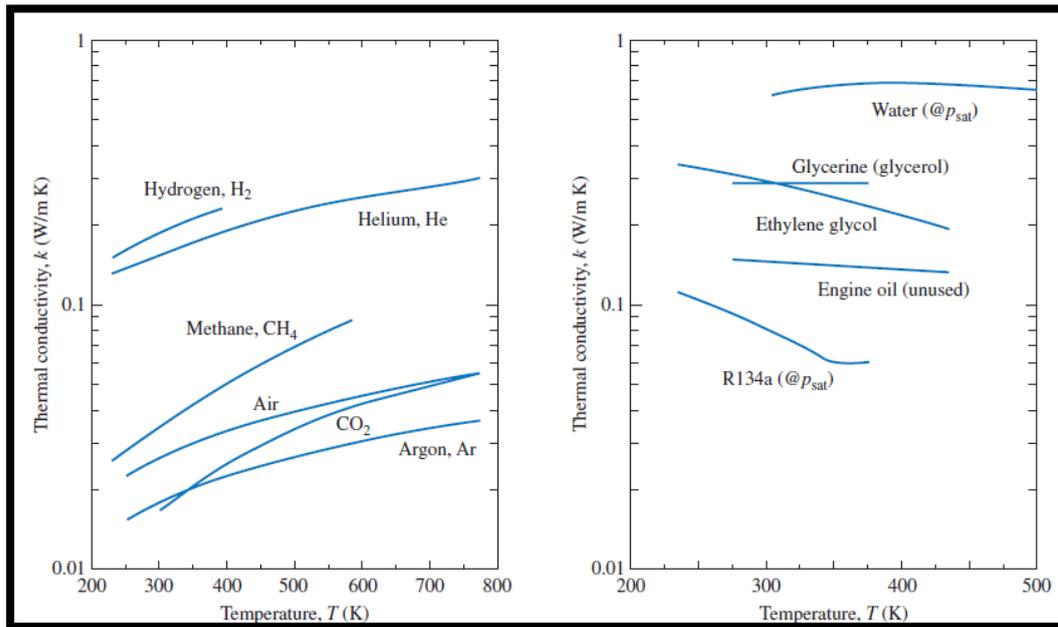
Konduktivitas termal pada suatu material bergantung kepada konduktivitas termal material, luas permukaan, perbedaan suhu serta selisih waktu pemanasan suatu benda atau material. Beberapa konduktivitas termal yang terdapat pada suatu material, diantaranya :

Tabel 2.2. Konduktivitas termal beberapa logam, non logam, cairan dan gas [8].

| Material | Konduktivitas Termal pada 300° K | |
|-------------------|----------------------------------|-------------|
| | W/m K | Btu/h ft °F |
| Tembaga | 399 | 231 |
| Alumunium | 237 | 137 |
| Baja Karbon, 1% C | 43 | 25 |
| Kaca | 0,81 | 0,47 |
| Plastik | 0,2 - 0,3 | 0,12 – 0,17 |
| Air | 0,6 | 0,35 |
| Glikol Etilene | 0,26 | 0,15 |
| Minyak Mesin | 0,15 | 0,09 |
| Freon (Cair) | 0,07 | 0,04 |
| Hidrogen | 0,18 | 0,10 |
| Udara | 0,026 | 0,02 |

Mekanisme konduktivitas termal pada gas dapat dijelaskan pada tingkat molekul dari konsep dasar teori kinetik gas. Energi kinetik pada molekul berhubungan dengan temperatur. Molekul dalam daerah dengan temperatur yang tinggi mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada molekul yang berada pada daerah dengan temperatur yang lebih rendah. Tetapi molekul bergerak dengan arah yang acak, sehingga apabila bertabrakan dengan dengan yang lainnya maka akan terjadi pertukaran energi seperti halnya pada momentum. Pada prinsipnya, ketika molekul dari daerah dengan suhu lebih tinggi berpindah ke tempat dengan suhu lebih rendah, maka energi akan berpindah pula dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah. Mekanisme dasar konduksi energi pada benda cair secara kualitatif sama dengan gas. Namun, kondisi molekular pada benda cair lebih sulit di jelaskan dan detail dari mekanisme konduksi pada benda cair tidak dapat dipahami dengan baik. Pada kebanyakan benda cair, konduktivitas termal berkurang seiring meningkatnya suhu, tetapi

air (H₂O) merupakan pengecualian. Pengaruh dari temperature dan konduktivitas pada benda cair dan gas ditunjukkan dalam grafik berikut :



Gambar 2.2. Grafik Pengaruh Temperatur Pada Konduktivitas Termal [8]

2.3. Plastik atau Polimer

Plastik atau termoplastik merupakan material yang dapat dibentuk dibawah pemanasan. Dalam sekali pemanasan dengan suhu diatas temperature tertentu, material ini dapat mengalir sebagai cairan kental dan dapat mengikuti bentuk dari cetaknya, dan apabila didinginkan kembali, maka akan tetap pada bentuk cetakan yang baru. Pada umumnya, proses pemanasan dan pendinginan ini dapat diulang beberapa kali. Namun, setelah beberapa kali pemrosesan ulang, rantai polimer dapat rusak atau mengalami reaksi yang menyebabkan penurunan sifat fisik, adalah fakta bahwa dalam prakteknya terdapat batas dalam proses daur ulang dari termoplastik. Beberapa jenis termoplastik berdasarkan volumenya diantaranya *low density polyethylene (LDPE)*, *high density polyethylene (HDPE)*, *polypropylene (PP)*, *polyvynil chloride (PVC)* dan *polystyrene (PS atau PSt)* [9].

Tabel 2.3. Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya [10]

| Kode | Jenis Plastik | Penggunaan |
|------|---|----------------------------|
| 1 | PET (<i>polyethylene terephthalate</i>) | Botol kemasan air mineral |
| 2 | HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>) | Botol obat,botol susu cair |
| 3 | PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>) | Pipa selang air |
| 4 | LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>) | Plastik pembungkus makanan |
| 5 | PP (<i>Polypropylene</i>) | Cup plastik, margarin |
| 6 | PS (<i>Polystyrene</i>) | Kotak CD, sendok |
| 7 | ABS (Akrilonitril Butadiena Stiren) | Helm, Bodi kendaraan |
| 8 | PLA (<i>Polylatic Acid</i>) | Filamen 3D printer |



Gambar 2.3. Jenis – Jenis Plastik [11]

Beberapa parameter penting pada sifat termal plastik yakni titik lebur, temperatur transisi, dan temperature dekomposisi. Temperatur transisi merupakan kondisi temperature dimana plastik akan mengalami perenggangan secara struktur sehingga akan merubah kondisi material yang kaku menjadi fleksibel, Titik lebur merupakan suatu kondisi dimana plastik yang dipanaskan akan mengalami pelunakan dan kemudian mencair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari

proses pencairan. Jika suhu dinaikkan diatas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi termal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu diatas 1,5 kali dari temperatur transisinya [12].

Polyethylene merupakan suatu jenis material yang dibuat dari pemanasan dan pecahan katalisis dari hidrokarbon yang berasal dari minyak bumi. *Polyethylene* terbagi menjadi 3 jenis yaitu LDPE, HDPE dan MDPE. Pada proses produksinya, plastik MDPE dan LDPE dihasilkan dari proses produksi bertekanan tinggi, sementara itu plastik HDPE dihasilkan dengan proses produksi dengan tekanan rendah [13]. *Polyethylene* 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/cm³, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C [14].

Limbah plastik yang digunakan sebagai bahan baku *paving block* yaitu *Low Density Polyethylene (LDPE)*. Adapun viskositas dari plastik LDPE dengan kondisi cair dan pada suhu 250°C adalah 3,6 N.s/m² [15]. Plastik jenis ini banyak terdapat pada lingkungan sekitar dan banyak digunakan sebagai wadah pembungkus makanan pada umumnya. Adapun sifat material dari LDPE adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Sifat Material Plastik *Polyethylene* [16]

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | Titik Lebur | 150° C |
| 2 | Koefisien termal | 100 – 200 x 10 ⁻⁶ |
| 3 | Massa jenis | 910 – 940 kg/m ³ |
| 4 | Tensile Strength | 0,20 – 0,40 (N/mm ²) |
| 5 | Viskositas (suhu 250°C) | 3,6 N.s/m ² |

2.4. Proses Pencampuran

Proses pencampuran atau *mixing* merupakan suatu proses dimana beberapa bahan dicampurkan dalam satu wadah atau tempat dengan tujuan bahan – bahan tersebut akan tercampur rata baik bahan itu campuran dari cair-padat, padat-padat, ataupun cair-gas.

Komposisi dalam suatu campuran terbagi dua yaitu fase disperse dimana jumlah komposisinya lebih sedikit dan fase kontinyu dimana komposisinya lebih banyak.

Prinsip dalam pencampuran bahan diturunkan dari prinsip mekanika fluida dan perpindahan bahan dimana proses terjadinya pencampuran bahan dipengaruhi oleh gerakan atau perpindahan bahan yang dicampur baik dalam posisi horizontal maupun posisi vertikal. Proses pencampuran bahan cair biasanya dilakukan dalam suatu wadah atau bejana yang berbentuk silinder serta memiliki sumbu vertikal.

Alat dari proses pencampuran ini terdiri dari wadah sebagai tempat penampung bahan campuran, kemudian poros yang dibuat sedemikian rupa dengan penambahan *blade* sebagai komponen yang berguna untuk memutar campuran bahan. Sistem transmisi juga dibutuhkan untuk mentransmisikan daya putaran yang dihasilkan motor penggerak.

Daya pengadukan dari *mixer* dapat dicari dengan mengetahui 3 parameter utama yaitu viskositas bahan yang diaduk, bilangan Reynold, dan koefisien daya pengadukan [17]. Adapun persamaan perhitungan bilangan Reynold yaitu [18]:

$$N_R = \frac{D^2 \cdot n \cdot \rho}{\eta} \quad (2.1)$$

Dimana :

N_R = Bilangan Reynold

D = Diameter pengaduk (m)

n = Putaran *mixer* (rad/s)

ρ = Massa jenis bahan yang diaduk (kg/m^3)

η = Viskositas bahan yang diaduk (N.s/m^2)

Persamaan daya secara umum dihitung dengan menggunakan rumus [18]:

$$P = P_0 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (2.2)$$

Dimana :

- P = Daya pengadukan (kW)
- P_0 = Koefisien daya adukan
- ρ = Massa jenis bahan yang diaduk (kg/m^3)
- n = Putaran *mixer* (rad/s)

- D = Diameter pengaduk (m)

Sementara persamaan daya apabila kondisi bilangan Reynold < 10 (aliran laminar) adalah sebagai berikut [18]:

$$P = P_0 \cdot \eta \cdot n^2 \cdot D^3 \quad (2.3)$$

Dimana :

P = Daya pengadukan (kW)

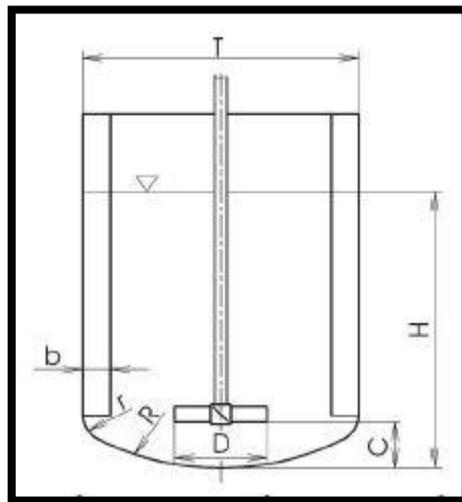
P_0 = Koefisien daya adukan

η = Viskositas bahan yang dicampur (N.s/m²)

n = Putaran *mixer* (rad/s)

D = Diameter pengaduk (m)

Adapun koefisien daya pengadukan dapat dicari dengan persamaan [18]:



Gambar 2.4. Parameter Perhitungan Daya Pengaduk [13]

$$P_0 = 1,507 \left[\frac{T}{D} \right]^{-0,365} \left[\frac{h}{D} \right]^{-0,165} \left[\frac{H}{T} \right]^{0,140} n_B^{0,171} \quad (2.4)$$

Dimana :

P_0 = Koefisien daya adukan

T = Diameter tangki (m)

D = Diameter pengaduk (m)

H = Ketinggian cairan (m)

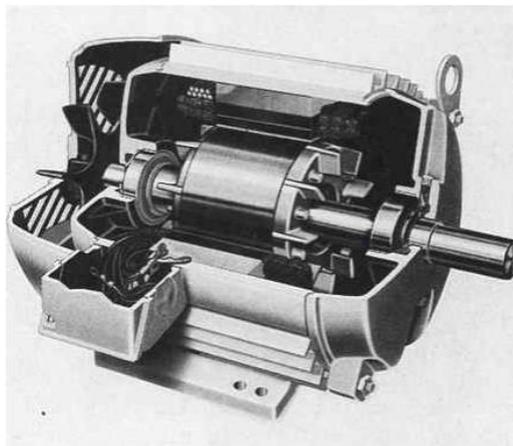
C = Tinggi pengaduk dari dasar tabung (m)

n_B = Jumlah blade pengaduk

2.5. Motor Induksi AC

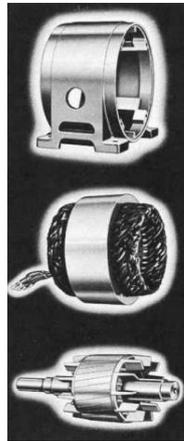
Motor induksi merupakan motor listrik yang bergerak berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik. Kelebihan motor listrik arus AC dibandingkan dengan motor DC karena memiliki konstruksi yang sederhana, relative murah, ringan, perawatannya yang mudah serta efisiensinya yang tinggi. Motor induksi merupakan motor listrik yang bergerak berdasarkan metode pemindahan dayanya dari lilitan utama pada bagian stasioner (stator) ke bagian yang berputar (rotor). Penggunaan motor induksi banyak terdapat pada bidang industri sebagai penggerak utama seperti peralatan workshop layaknya gerinda, mesin bor, *crane*, *blower*, *kompresor*, dan pompa [19].

Bagian utama motor terdiri dari *frame*, *stator*, dan *rotor*. *Stator*, atau bagian yang tidak bergerak memiliki lilitan stator. Sementara *rotor* merupakan bagian yang bergerak, dibuat dari baja laminasi yang dipasangkan secara permanen dengan poros motor. Lilitan yang terdapat pada rotor terdiri dari tembaga atau alumunium, palangnya dipasang ke slot rotor. Setiap palangnya terhubung pada bagian ujungnya oleh ring kontinu tertutup. *Rotor* biasanya terbuat dari alumunium coran. Resistansi dan reaktansi dapat ditambahkan dengan cara mengubah ukuran dan bentuk slot *rotor*. Resistansi *rotor* juga dapat dirubah dengan mengubah persilangan dari *ring rotor* [20].



Gambar 2.5. Motor Induksi AC [20]

Untuk motor tiga fase, *frame* stator mempunyai tiga lilitan. Lilitan pada stator terhubung pada sumber daya. Ketika sebuah arus sebesar 60 Hz merambat pada lilitan stator, sebuah medan magnet tercipta. Medan magnet *stator* yang berputar menginduksi arus bar *rotor* dalam hubungan singkat. Arus yang terinduksi pada frame stator kemudian akan mempunyai medan magnet sendiri. Dua medan magnet berinteraksi, dengan medan magnet *rotor* mengikuti medan magnet berputar dari stator, dengan demikian membangun torsi poros motor. Arus yang terinduksi mempunyai nilai terbesar ketika rotor dalam keadaan berhenti. Arus akan berkurang apabila motor meningkatkan kecepatannya.



Gambar 2.6. *Frame, Stator dan Rotor* [20].

Daya standar pada umumnya di Amerika Serikat yaitu bertegangan tinggi dengan 60 Hz, dengan 3 fase. Motor dengan ukuran kecil dan menengah untuk industry membutuhkan suplai tegangan yang diturunkan, biasanya pada nilai dengan nominal 600, 480, 240 atau 208 V.

Motor ukuran kecil dan menengah yang paling umum tersedia memiliki 2,4 atau 6 pole. Motor dengan efisiensi tinggi akan mempunyai kecepatan putar yang lebih cepat pula. Ini sangatlah penting ketika akan memasang sebuah motor dengan unit yang akan digerakkan, karena putaran motor per menit (rpm) akan berbeda pada motor yang bergerak tanpa beban dan pada motor yang terdapat beban. Tentunya parameter lain seperti *pole* pada motor serta frekuensi akan sangat berpengaruh pada kecepatan putaran motor, seperti yang terlihat pada table berikut :

Tabel 2.5. Nominal Kecepatan Putar pada Motor Induksi [20]

| Pole | 60 Hz | | | | 50 Hz | | | |
|------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Tanpa Beban | | Beban Penuh | | Tanpa Beban | | Beban Penuh | |
| | (rad/s) | (rad/min) | (rad/s) | (rad/min) | (rad/s) | (rad/min) | (rad/s) | (rad/min) |
| 2 | 60,0 | 3600 | 57,5 | 3450 | 50,0 | 3000 | 47,5 | 2850 |
| 4 | 30,0 | 1800 | 28,8 | 1725 | 25,0 | 1500 | 23,8 | 1425 |
| 6 | 20,0 | 1200 | 19,0 | 1140 | 16,7 | 1000 | 15,7 | 940 |
| 8 | 15,0 | 900 | 14,2 | 850 | 12,5 | 750 | 11,7 | 700 |

Dalam perencanaannya, perhitungan terhadap motor listrik induksi dirumuskan dengan [19]:

$$P_d = f_c \cdot P \quad (2.5)$$

Dimana : P_d = Daya yang direncanakan (kW)
 f_c = Faktor koreksi
 P = Nominal daya *output* motor penggerak (kW)

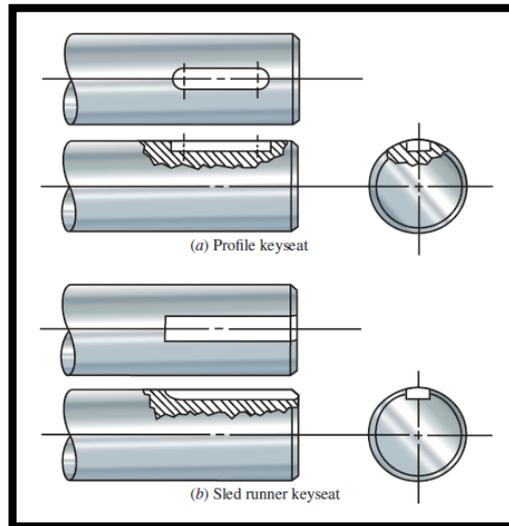
2.6. Poros / Shaft

Poros merupakan suatu komponen mesin berputar yang biasa digunakan untuk mentransmisikan daya dari suatu objek ke objek lainnya. Daya dialirkan ke poros melalui gaya tangensial dan resultan torsi (atau momen puntir) yang terdapat pada poros untuk kemudian diizinkan untuk ditransmisikan ke berbagai macam mesin yang terhubung dengan poros. Untuk mentransmisikan daya dari suatu poros ke objek lain, bermacam komponen penyambung seperti *pulley*, roda gigi dan lainnya dipasang pada poros. Komponen – komponen penyambung tersebut dengan gaya yang ada akan menyebabkan terjadinya momen bending [21]. Beberapa jenis poros yakni sebagai berikut ini:

1. Poros Transmisi, poros jenis ini mentransmisikan daya antara sumber penggerak dan objek yang digerakkan. Apabila poros dioperasikan komponen mesin seperti

pulley, roda gigi dan lainnya, maka akan menjadi momen bending yang akan ikut berputar.

2. Poros Mesin, poros jenis ini membentuk sebuah bagian yang terintegrasi dengan mesin itu sendiri. *Crank shaft* merupakan contoh dari poros jenis ini.



Gambar 2.7. Poros [22]

Poros pada umumnya diproduksi dengan cara hot rolling dan di finishing dengan cold drawing seperti pembubutan dan penggerindaan. Poros dengan proses cold rolling lebih kuat daripada poros dengan *hot rolling* tetapi dengan tegangan residual yang lebih tinggi. Tegangan residual dapat menyebabkan distorsi pada poros ketika proses pemesinan, terutama ketika *slot* atau lubang *key* dibuat.

Material yang digunakan pada poros memiliki sifat material sebagai berikut :

1. Memiliki kekuatan yang tinggi
2. Memiliki kemampuan pemesinan yang baik
3. Harus memiliki faktor sensitivitas takik yang rendah
4. Harus memiliki properti *heat treatment* yang baik
5. Harus memiliki properti resistan pemakaian yang tinggi

Material yang digunakan untuk poros pada umumnya adalah baja karbon dengan tipe 40 C 8, 45 C 8, 50 C 4 dan C 12. Terdapat beberapa tahapan dalam perancangan poros hingga terpilihnya diameter poros yang tepat sesuai dengan pembebanan yang direncanakan. Adapun tahap – tahap dalam penentuan poros yaitu :

1. Penentuan daya perencanaan [20].

2. Setelah daya perencanaan, dilanjutkan mencari torsi rencana dengan rumusan [20]:

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{Pd}{n1} \quad (2.6)$$

Dimana : T = Torsi perencanaan (kg.mm)
 Pd = Daya perencanaan (kW)
 n1 = Kecepatan putaran poros (rpm)

3. Setelah torsi poros diketahui, selanjutnya mencari tegangan geser yang diizinkan dengan rumusan [20]:

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{sf1 \cdot sf2} \quad (2.7)$$

Dimana : τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/m)
 Sf1 = *Safety factor 1*
 Sf2 = *Safety factor 2*

4. Perencanaan diameter poros dirumuskan dengan [20]:

$$Ds = \left[\frac{5,1}{\tau_A} \cdot Kt \cdot Cb \cdot T \right]^{1/3} \quad (2.8)$$

Dimana : Ds = Ukuran diameter dari poros (mm)
 τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/m)
 Kt = Faktor koreksi momen puntir
 Cb = Faktor koreksi beban lentur
 T = Torsi perencanaan (kg.mm)

5. Tegangan geser berdasarkan diameter poros yang telah didapat pada perhitungan sebelumnya, dirumuskan dengan [20]:

$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{Ds^3} \quad (2.9)$$

Dimana : τ = Tegangan geser / *shear stress* (kg/mm²)
 T = Torsi perencanaan (kg.mm)
 Ds = Diameter poros (mm)

2.7. Pulley

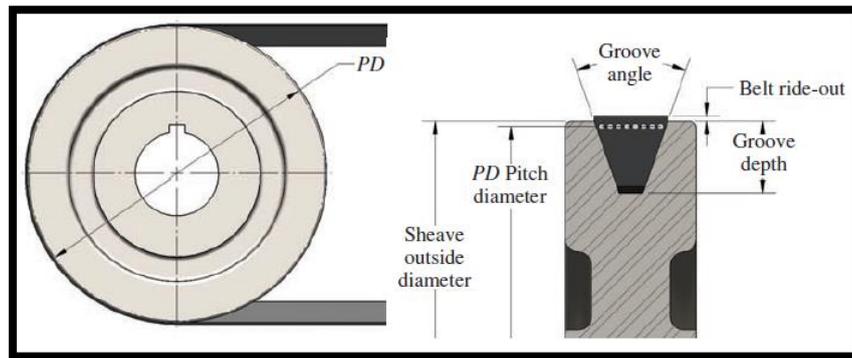
Pulley merupakan suatu komponen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari suatu poros ke poros lainnya dengan media berupa sabuk datar, sabuk v atau tali. Dengan rasio kecepatan berkebalikan dari diameter *pulley* penggerak maupun yang digerakkan, maka diameter *pulley* harus dipilih dengan teliti agar didapatkan rasio kecepatan

yang diinginkan. *Pulley* dibuat dari besi coran, baja coran atau baja bertekanan, kayu dan kertas. *Pulley* yang dibuat dari baja bertekanan lebih ringan daripada *pulley* coran, tapi dalam banyak kasus *pulley* coran memiliki keretakan lebih kecil dan dapat diproduksi banyak [21].

Dalam perencanaannya, kecepatan putaran pada *pulley* yang digerakkan biasanya tergantung dari kecepatan putaran serta diameter dari *pulley* penggerak. Adapun perhitungan rasio pulley dirumuskan sebagai berikut [20]:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad (2.10)$$

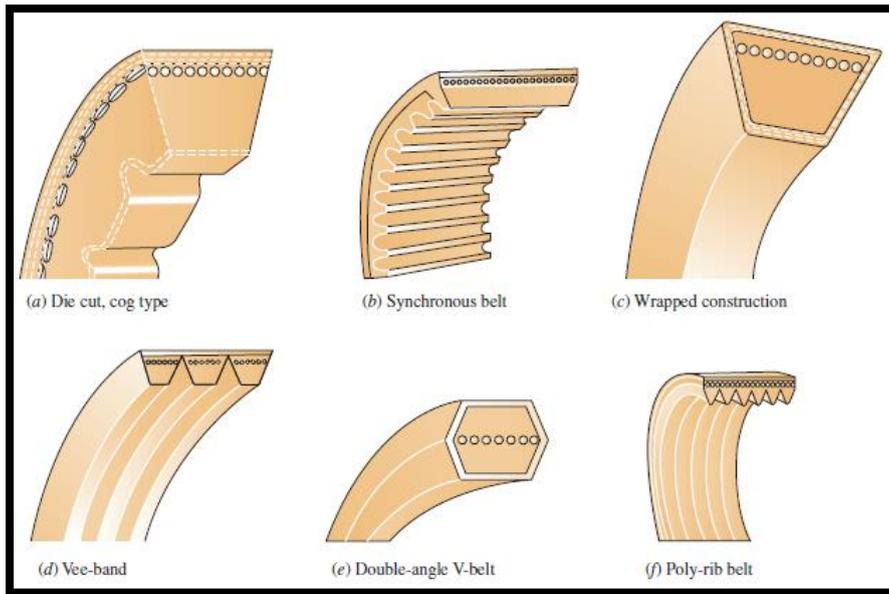
- Dimana
- N_1 = Kecepatan putaran *pulley* penggerak (rpm)
 - d_1 = Diameter *pulley* penggerak (mm)
 - N_2 = Kecepatan putaran *pulley* digerakkan (rpm)
 - d_2 = Diameter *pulley* digerakkan (mm)



Gambar 2.8. *Pulley* [22]

2.8. Belt

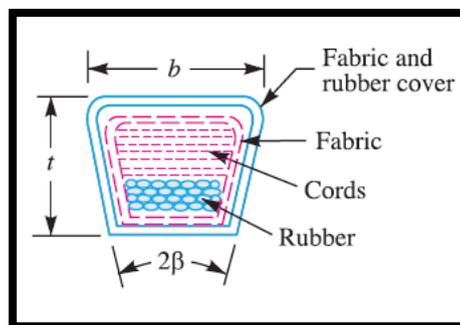
Sabuk atau belt dibuat dari kawat yang dicetak dengan karet dan dilapisi dengan karet. *Belt* banyak digunakan pada pabrik dan bengkel dimana sejumlah besar daya akan ditransmisikan dari satu *pulley* ke *pulley* kedua yang saling berdekatan. Pemasangan sabuk pada *pulley* adalah dengan mengitari dua *pulley* yang terpisah jarak antara kedua pusat poros. Ketika pemindahan daya terjadi, daya gesekan akan mencengkram *pulley* penggerak dan akan menyebabkan tegangan tarik tinggi pada satu sisi yang kemudian akan disebut sisi kencang. Sedangkan pada sisi lainnya akan mengalami tegangan tarik yang relatif lebih kecil sehingga disebut sisi kendur [21].



Gambar 2.9. Sabuk atau *Belt* [22]

Pemasangan sabuk pada *pulley* adalah dengan mengitari dua *pulley* yang terpisah jarak antara kedua pusat poros. Ketika pemindahan daya terjadi, daya gesekan akan mencengkram *pulley* penggerak dan akan menyebabkan tegangan tarik tinggi pada satu sisi yang kemudian akan disebut sisi kencang. Sedangkan pada sisi lainnya akan mengalami tegangan tarik yang relatif lebih kecil sehingga disebut sisi kendur.

V – *belt* merupakan suatu jenis sabuk yang umum digunakan pada kendaraan dan industri. Bentuk V akan menyebabkan v – *belt* akan terjepit dan memperbesar gesekan dengan *pulley* dan dapat mentransmisikan torsi yang tinggi. Beberapa jenis dari v – *belt* didasarkan pada daya serta kecepatan putaran yang diterima v – *belt*, jenis – jenis v – *belt* diantaranya A, B, C, D, E. Perbedaan tiap tipe pada umumnya pada dimensi masing – masing tipe dan juga kekuatan tarik dari *belt* yang digunakan.



Gambar 2.10. Penampang Lintang Sabuk V dan Alur *Pulley* [21]

Dalam perencanaan sabuk atau *v - belt*, terdapat beberapa hal yang harus diperhitungkan, salah satunya yaitu panjang sabuk. Rumus perhitungan dari panjang sabuk yaitu [20]:

$$L = \pi (R1 + R2) + 2x + \frac{(R2-R1)^2}{x} \quad (2.11)$$

Dimana : L = Panjang *v - belt* (mm)

$R1$ = Jari – jari *driver pulley / pulley* penggerak (mm)

$R2$ = Jari –jari *driven pulley / pulley* yang digerakkan (mm)

x = Jarak antara dua *pulley* (mm)

Adapun perhitungan kecepatan sabuk dirumuskan dengan [20]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} \quad (2.12)$$

Dimana : V = Kecepatan *belt* (m/s)

D = Diameter *pulley* penggerak (m)

N = Putaran mesin (rpm)

Sudut Kemiringan [20]

$$\sin \alpha = \frac{R2-R1}{x} \quad (2.13)$$

Dimana :

- α = Sudut kemiringan
- R_2 = Jari – jari *pulley* yang digerakkan (mm)
- R_1 = Jari – jari *pulley* penggerak (mm)
- x = Jarak antara dua poros (mm)

Sudut kontak [20]

$$\theta = \frac{(180-2.\alpha) \pi}{180} \quad (2.14)$$

Dimana :

- θ = Sudut kontak (Rad)
- α = Sudut kemiringan

Daya yang ditransmisikan [20]

$$P = (T1 - T2) V \quad (2.15)$$

Dimana :

- P = Daya yang ditransmisikan (Watt)
- T₁ = Tegangan pada Sisi Kencang (kg)
- T₂ = Tegangan pada Sisi Kendor (kg)

Rasio tegangan [20]

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \cdot \theta \quad (2.16)$$

Dimana :

- $\frac{T_1}{T_2}$ = Rasio tegangan (kg.mm)
- μ = Koefisien gesek *pulley* dan *belt*
- θ = Sudut kontak (Rad) =

Luas penampang sabuk [20]

$$A = t \times \frac{a+b}{2} \quad (2.17)$$

Dimana :

- A = Luas penampang *belt* (mm²)
- t = Ketinggian *belt* (mm)
- α = Sudut kemiringa
- b = Lebar *belt* (mm)

Tegangan tarik sabuk [20]

$$F = \frac{T_1}{A} \quad (2.18)$$

Dimana :

- F = Tegangan tarik sabuk (MPa)
- T₁ = Tegangan pada Sisi Kencang (kg.mm)
- A = Luas penampang *belt* (mm²)

2.9. Bearing

Bearing merupakan suatu komponen mesin yang digunakan untuk tempat tumpuan poros pada kedua ujungnya. *Rolling contact bearing* memiliki koefisien gesek yang lebih rendah dibandingkan *sliding contact bearing*. *Rolling contact bearing* merupakan salah satu komponen mesin yang paling banyak digunakan dan kegagalannya merupakan salah satu alasan kerusakan mesin paling sering dialami oleh mesin [23]. Oleh sebab itu *rolling contact*

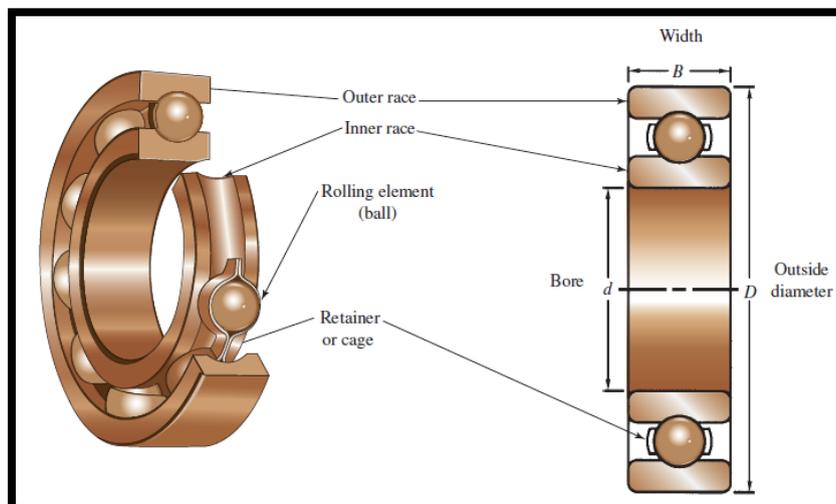
bearing sering disebut bearing antifriksi atau anti gesekan. Beberapa kelebihan dari penggunaan *rolling contact bearing* yaitu :

1. Gesekan yang rendah saat permulaan dan saat proses pemesinan kecuali dalam kecepatan yang sangat tinggi
2. Perawatan tidak memerlukan biaya besar
3. Dimensi keseluruhan tidak terlalu besar
4. Mudah dalam pemasangan dan pelepasan.
5. Mudah dibersihkan.

Adapun kekurangan dari *rolling contact bearing* adalah :

1. Bising saat kecepatan yang sangat tinggi
2. Ketahanan yang rendah terhadap beban kejut
3. Harga tinggi
4. Desain *bearing housing* yang rumit.

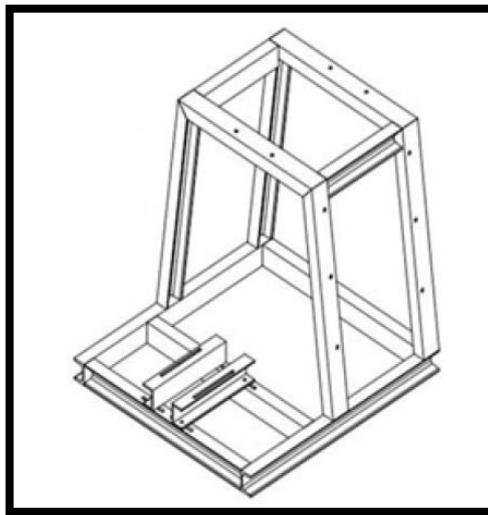
Bola dan *roller bearing* terdiri dari bagian dalam yang terhubung langsung ke poros atau bagian bergerak dan bagian luar yang terhubung dengan *housing* atau penutup. Diantara bagian dalam dan luar bearing, terdapat bola atau *roller*. Jumlah bola atau *roller* yang digunakan ditopang dan diberi jarak tertentu oleh pemisah sehingga tidak akan bersentuhan satu sama lain. *Ball bearing* digunakan untuk beban yang ringan sementara *roller bearing* digunakan untuk beban yang lebih berat [21].



Gambar 2.11. *Bearing* [22]

2.10. Rangka Mesin

Rangka mesin merupakan suatu komponen penting dalam suatu manufaktur suatu alat atau mesin yang berfungsi sebagai penopang dari berbagai komponen suatu alat atau mesin yang dirakit. Dalam merancang suatu struktur rangka pada mesin dibutuhkan ketetapan prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi pengaplikasiannya [24]. Dengan pertimbangan kekuatan material dalam menopang beban dari komponen mesin, dipilihlah besi siku dengan material structural *carbon steel* dengan tegangan tarik 400 – 510 MPa serta dengan kandungan kimia material lain berupa karbon 0,17%, mangan 1,4%, fosfor 0,045% dan sulfur 0,045% [25].



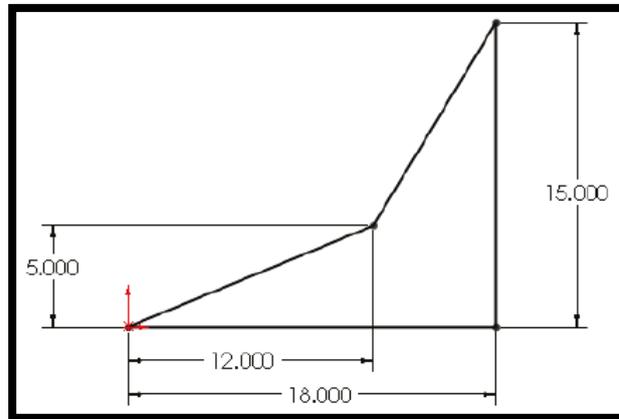
Gambar 2.12. Contoh Gambar Rangka [26]

2.11. Software Solidworks

Solidworks adalah suatu aplikasi perangkat lunak mekanikal untuk pembuatan desain secara 3D yang didirikan oleh Dassault Systemes. Pada software Solidworks ini terdapat parametrik modelling untuk pemodelan desain 3D. Parametrik didefinisikan sebagai *dimensi* yang berhubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain.

Solidworks merupakan suatu *software engineering* pengaplikasian dari CAD (*Computer Aided Design*) yang umum digunakan dalam pembuatan rancangan suatu produk, rancangan mesin, rancangan konstruksi ataupun rancangan lainnya. Pada Solidworks, pembuatan komponen 3D didasarkan pada sketsa 2D dan terdapat fitur seperti *extrude*,

revolve, fillets, cuts, dan holes. Penyatuan komponen menjadi satu atau perakitan dapat dilakukan menggunakan fitur *assemblies* [27].



Gambar 2.13. Contoh Sketsa pada Solidworks [27]

Banyak tipe fitur berbeda dalam Solidworks yang memungkinkan pembuatan geometri apapun dari bentuk paling sederhana hingga bentuk yang paling kompleks. Beberapa fitur yang paling sering digunakan pada Solidworks diklasifikasikan berdasarkan dari seberapa penting pembuatan sketsa, pembuatan sketsa yang opsional, ataupun tanpa perlu sketsa sama sekali. Beberapa fitur tersebut diantaranya :

Tabel 2.6. Tipe Fitur pada Solidworks [27]

| Sketsa yang dibutuhkan | Sketsa opsional (menggunakan <i>face</i> atau <i>edge</i>) | Tanpa Sketsa (Fitur yang tertera) |
|------------------------|---|-----------------------------------|
| <i>Extrude</i> | <i>Loft</i> | <i>Fillet</i> |
| <i>Revolve</i> | <i>Sweep</i> | <i>Chamfer</i> |
| <i>Rib</i> | <i>Dome</i> | <i>Draft</i> |
| <i>Hole Wizard</i> | <i>Boundary</i> | <i>Shell</i> |
| <i>Wrap</i> | <i>Deform</i> | <i>Flex</i> |

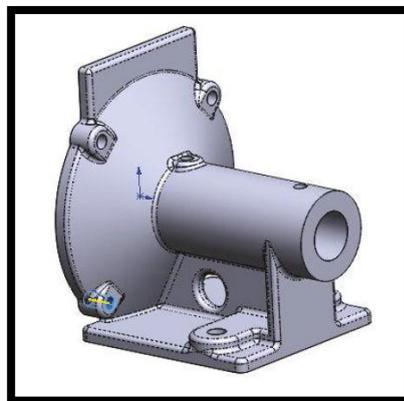
Dalam *software* Solidworks terdapat 3 *templates* untuk penggambaran, pertama *Part* berfungsi untuk menggambar 1 komponen, kedua ada *Assembly* digunakan untuk merakit dari *part – part* menjadi satu kesatuan, yang ketiga ada *drawing* untuk membuat proyeksi komponen atau *assembly* dalam tiap pandangan yang sesuai dengan gambar teknik. Pada *drawing* juga terdapat fitur *dimension* untuk menunjukkan dimensi atau ukuran dari suatu bagian tertentu

Pada pembuatan model 3D yang solid, pertama diharuskan membuat sketsa terlebih dahulu. Desain 3D yang telah dibuat kemudian dapat dirakit menjadi satu menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menggunakan menu *assembly*. Setelah gambar komponen atau *assembly* jadi maka akan dibuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas *drawing*. Adapun alur dalam proses pembuatan desain pada solidwork yaitu :

1. Pembuatan sketsa desain secara 2D
2. Pembuatan desain tiap – tiap komponen secara 3D.
3. *Assembly* atau proses perakitan komponen –komponen yang telah dibuat
4. Drawing 2D, merupakan pembuatan gambar perancangan detail dalam bentuk 2D dan sudah dilengkapi *Bill of Material* (BOM).

Beberapa keunggulan dalam pembuatan gambar dengan menggunakan software solidwork yaitu :

1. *Software* cukup mudah dioperasikan
2. Dapat membantu dalam mengurangi kesalahan dalam proses desain
3. Dapat mensimulasikan gerakan hasil desain.
4. Dapat menganalisis tegangan, beban, pengaruh suhu, cuaca, dan sebagainya dengan mudah tanpa harus menggunakan *software* lain sebagai pendukung.
5. Solidworks terintegrasi dengan pemrograman CNC (*Computer Numerical Control*) sehingga desain dari Solidworks dapat langsung digunakan pada proses manufaktur CNC tanpa perlu adanya tambahan *software* lain.
6. Biaya produksi yang harus dikeluarkan menjadi berkurang karena proses yang terencana.



Gambar 2.14. Contoh Hasil Desain pada Solidworks [27]

2.12. Metode Perancangan Pahl & Beitz

Sebagai seorang teknik, dalam merancang suatu produk semestinya mengenal macam-macam metode yang akan digunakan dalam merancang produk tersebut. Mulai dari metode French, VDI 221, Ulrich, Ullman, maupun Pahl & Beitz. Dalam laporan ini, akan diterangkan tahapan-tahapan metode yang kami gunakan yaitu metode Pahl & Beitz.

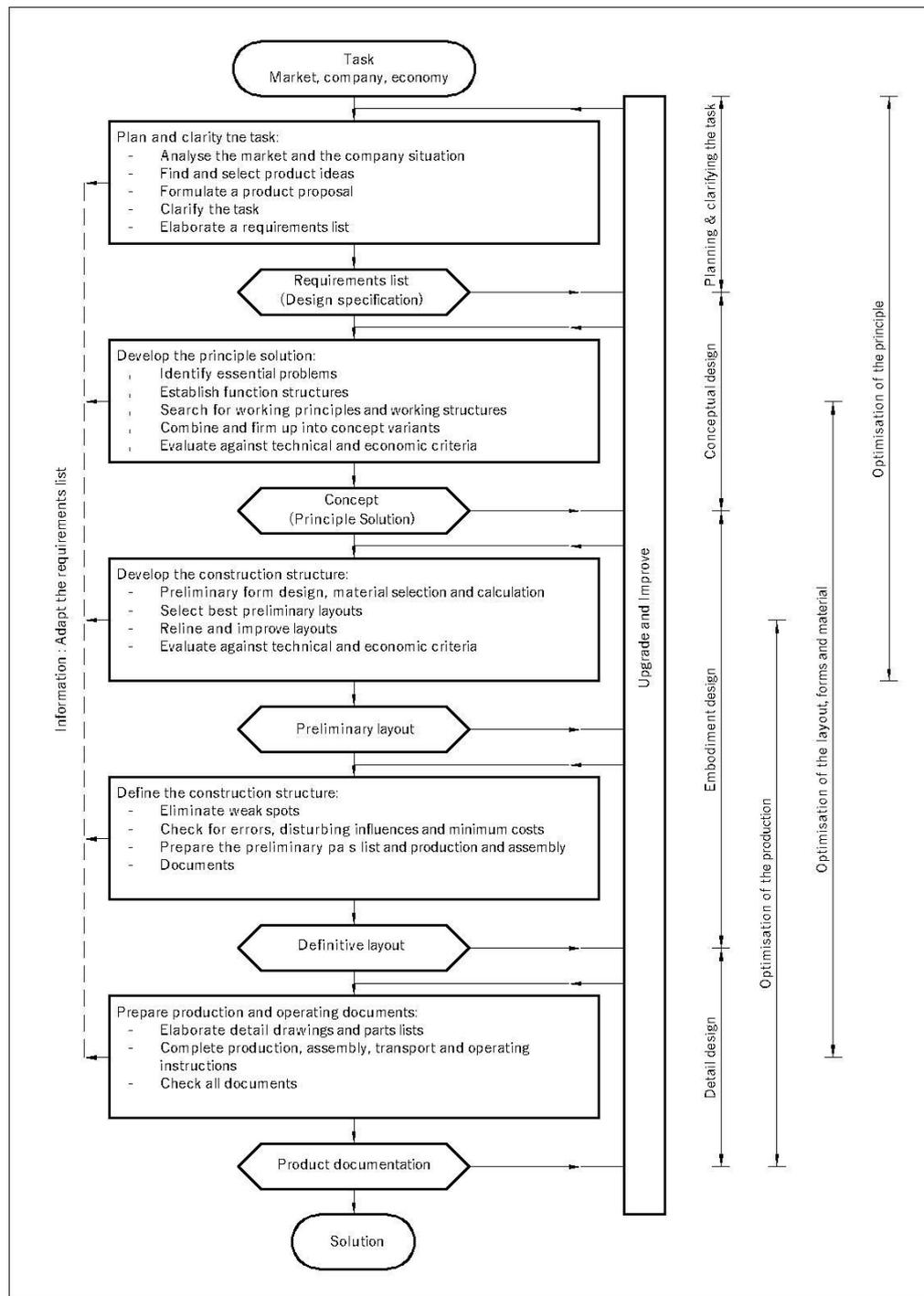
Pahl & Beitz mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya : *Engineering Design : A Systematic Approach*. Cara merancang Pahl dan Beitz tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Keempat fase tersebut meliputi :

1. Perencanaan dan Penjelasan Tugas
2. Desain Konseptual
3. Desain Perwujudan
4. Desain Detail

Sebenarnya langkah-langkah dalam keempat fase proses perancangan diatas tidaklah perlu dikelompokkan dalam 4 fase secara kaku, sebab seperti misalnya, pada langkah pada fase perancangan detail (fase ke-4) cara pembuatan komponen produk sudah diperlukan detail dan banyak lain contohnya seperti itu.

Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti fase pertama menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan. Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahului. Perlu dicatat pula bahwa hasil fase itu sendiri setiap saat dapat berubah oleh umpan balik yang diterima dari hasil fase-fase berikutnya [28].

Berikut ini ditampilkan sebuah gambar diagram alir dalam metode yang digunakan oleh Pahl dan Beitz :



Gambar 2.15. Diagram Alir Perancangan Menurut Pahl & Beitz [28]

Adapun penjelasan tiap fase perancangan dari metode perancangan Pahl and Beitz adalah sebagai berikut :

1. Penjabaran Tugas (*Classification of The Task*)

Tahap ini meliputi pengumpulan informasi mengenai syarat-syarat yang diharapkan dipenuhi oleh solusi akhir. Informasi ini akan menjadi acuan penyusunan

spesifikasi. Spesifikasi adalah daftar yang berisi persyaratan yang diharapkan dipenuhi oleh konsep yang sedang dibuat.

Pada proses pembuatan daftar persyaratan terdapat dua hal yang membedakan persyaratan tersebut yaitu sebuah kebutuhan (demand) atau keinginan (whises). Demand merupakan suatu persyaratan yang wajib untuk dipenuhi dalam setiap kondisi, dengan kata lain jika persyaratan tersebut tidak dipenuhi maka perancangan tidak sesuai. Sementara Whises merupakan persyaratan yang apabila memungkinkan bisa diwujudkan [29].

Jadi misalkan suatu persyaratan membutuhkan biaya yang cukup tinggi tanpa memberikan pengaruh teknik yang besar, maka persyaratan tersebut dapat diabaikan. Untuk mempermudah penyusunan spesifikasi dapat dilakukan dengan meninjau aspek-aspek geometri, kinematika, gaya, energi, dan lain sebagainya.

2. Penentuan Konsep Rancangan (*Conceptual Design*)

Pada proses penentuan konsep rancangan ini dibahas bagaimana cara menentukan fungsi dan strukturnya, menguraikan menjadi varian yang dapat direalisasikan, pemilihan kombinasi dan pembuatan varian serta evaluasi. Diharapkan dari tahap penentuan konsep rancangan berikut mulai bisa dilihat gambaran perancangan yang akan terealisasi. Adapun tahapan – tahapan dalam perancangan konsep yaitu :

a. Daftar Kebutuhan

Klarifikasi tugas dengan bantuan daftar persyaratan akan membantu untuk memusatkan perhatian pada masalah yang terlibat dan akan sangat meningkatkan tingkat informasi tertentu. Menguraikan daftar persyaratan dengan demikian dapat dikatakan telah mempersiapkan jalan untuk langkah-langkah berikutnya.

b. Abstraksi

Tujuan abstraksi adalah mengetahui masalah utama yang dihadapi dalam perancangan. Prinsipnya adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberikan penekanan pada hal-hal yang bersifat umum dan perlu. Dengan demikian daftar spesifikasi yang sudah dibuat analisa dan dihubungkan dengan fungsi yang diinginkan serta kendala yang ada. Abstraksi dapat dilakukan dengan langkah - langkah berikut :

1. Menghilangkan pilihan diri sendiri (*personal preference*)
2. Mengesampingkan syarat – syarat yang tidak mempunyai pengaruh besar terhadap produk.
3. Mengubah data kuantitatif dan kualitatif
4. Generalisasi (pengembalian kesimpulan umum) atas langkah sebelumnya.
5. Merumuskan masalah utama.

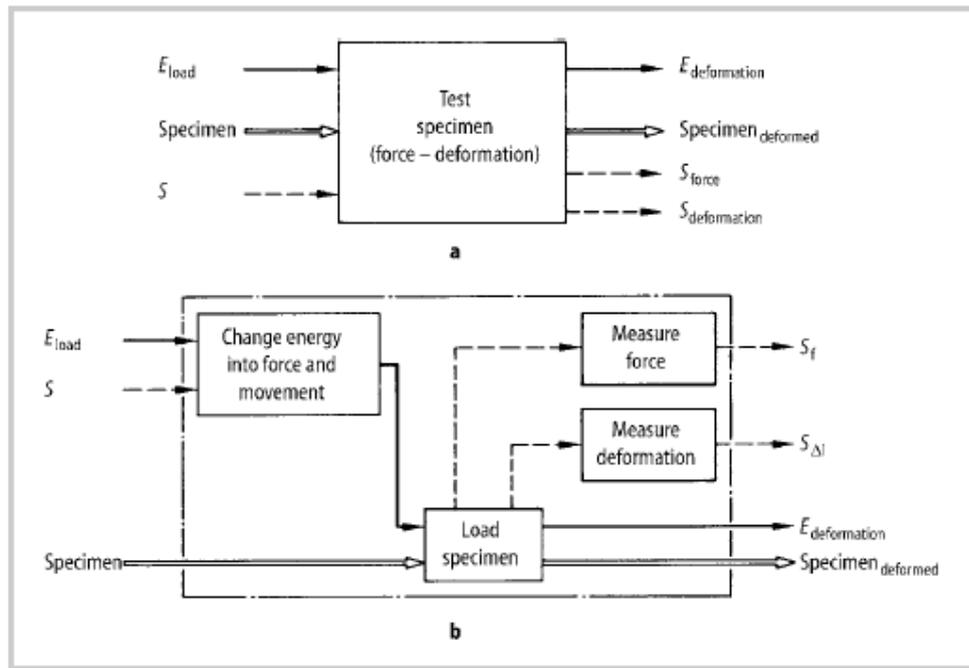
c. Pembuatan Struktur Fungsi

Setelah permasalahan secara menyeluruh telah diformulasikan, dimungkinkan untuk membuat fungsi keseluruhan, berdasarkan kepada aliran energi, material dan sinyal dengan menggunakan diagram blok, untuk kemudian dapat dicari solusi hubungan antara input dan output.

Struktur fungsi merupakan hubungan secara umum antara input dan output suatu sistem teknik yang akan menjalankan suatu tugas tertentu, sedangkan fungsi keseluruhan adalah kegunaan dari alat tersebut. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa subfungsi yang mempunyai tingkat kesulitan yang lebih rendah, sehingga sub fungsi merupakan tugas yang harus dijalankan oleh komponen-komponen yang menyusun alat tersebut. Rangkaian dari beberapa sub fungsi untuk menjalankan suatu tugas keseluruhan disebut sebagai struktur fungsi. Tujuan menetapkan struktur fungsi adalah untuk memperoleh suatu definisi yang jelas dari sub sistem yang ada sehingga dapat diuraikan secara terpisah.

d. Fungsi Keseluruhan

Fungsi keseluruhan ini digambarkan dengan diagram balok yang menunjukkan hubungan antara keluaran dan pemasukan dimana masukan dan keluaran tersebut berupa aliran energi, material dan sinyal.

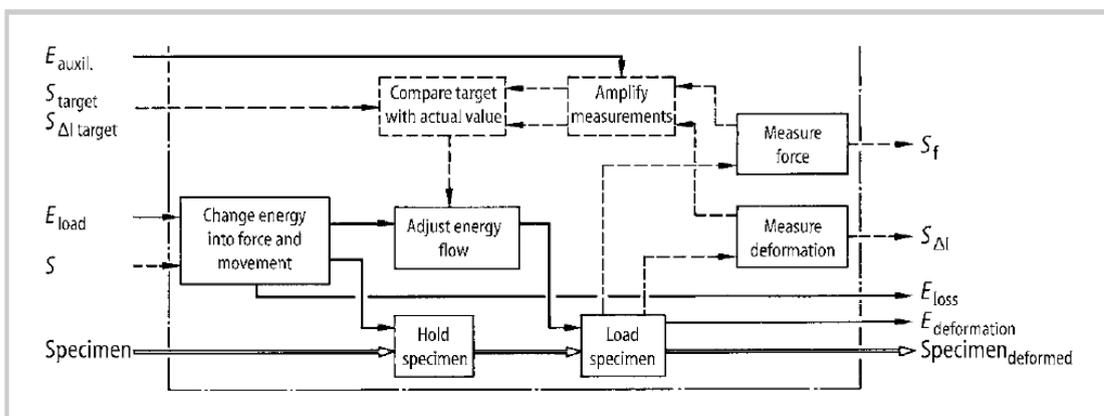


Gambar 2.16. Contoh Struktur Fungsi Keseluruhan [28]

e. Sub Struktur Fungsi

Berdasarkan kompleksitas permasalahan yang ada, fungsi keseluruhan akan dapat menjadi lebih atau kurang kompleks. Sistem secara teknis dapat dibagi ke dalam subsistem dan komponennya. Jadi sebuah fungsi keseluruhan yang kompleks dapat dipecah menjadi subfungsi dengan tingkat kompleksitas yang lebih rendah. Kombinasi dari hasil subfungsi sendiri pada suatu struktur fungsi merepresentasikan fungsi keseluruhannya. Tujuan dari penguraian fungsi kompleks adalah untuk :

1. Menentukan subfungsi yang memfasilitasi pencarian solusi
2. Mengkombinasi subfungsi menjadi struktur fungsi yang sederhana.

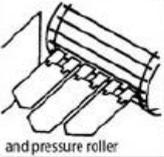
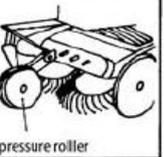
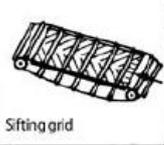
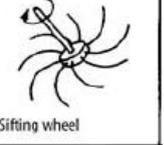
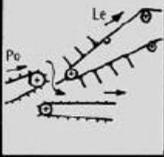
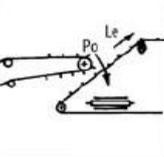
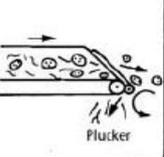
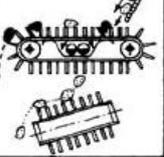
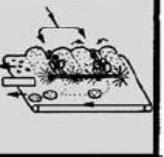


Gambar 2.17. Contoh Struktur Subfungsi [28]

f. Pencarian dan Kombinasi Prinsip Solusi

Dasar-dasar pemecahan masalah diperoleh dengan mencari prinsip-prinsip solusi dari setiap sub fungsi.

Tabel 2.7. Contoh Kombinasi Prinsip Solusi [28]

| Solutions | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|-----------------|--|--|---|--|
| Subfunctions | | | | | |
| 1 | Lift |  and pressure roller |  and pressure roller |  and pressure roller |  pressure roller |
| 2 | Sift |  Sifting belt |  Sifting grid |  Sifting drum |  Sifting wheel |
| 3 | Separate leaves |  P_0 L_e |  P_0 L_e |  Plucker | ... |
| 4 | Separate stones |  |  |  |  |
| 5 | Sort potatoes | by hand | by friction (inlined plane) | check size (hole gauge) | check mass (weighing) |
| 6 | Collect | Tipping hopper | Conveyor | Sack-filling device | ... |

Dalam tahap ini dicari sebanyak mungkin variasi solusi metode pencarian prinsip pemecahan masalah menurut G.Pahl-W.Beitz dibagi dalam tiga kategori yaitu :

1. Metode Konvensional

Pencarian dalam literatur, *text book*, jurnal teknik dan brosur yang dikeluarkan oleh suatu perusahaan. Menganalisa gejala alam atau tingkah laku hidup dengan membuat analogi atau membuat sesuatu model yang dapat mewakili karakteristik dari produk.

2. Metode Intuitif

Pencarian solusi untuk masalah yang rumit biasa pula diperoleh dan intuisi atau suara hati. Solusi ini datang setelah periode pencarian dan pemikiran panjang. Solusi ini kemungkinan dikembangkan dan diperbaiki. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengembangkan kemampuan intuisi ini, antara lain dengan berdiskusi dengan orang lain.

3. Metode Kombinasi

Metode ini mengkombinasikan kemungkinan solusi yang ada. Metode yang dapat digunakan adalah metode bentuk matriks. Dimana sub fungsi dan prinsip solusi dimasukkan kedalam kolom dan baris. Secara sistematis sesuai dengan struktur fungsi jika ada sejumlah m_1 prinsip solusi untuk fungsi F_1 , m_2 prinsip solusi untuk sub fungsi F_2 dan seterusnya m_n prinsip solusi untuk F_n . Dari tahap tersebut telah memenuhi fungsi keseluruhan (*overall function*). Prinsip - prinsip solusi harus dikombinasikan secara teoritis akan dapat diperoleh sejumlah n varian konsep solusi dimana : $N = m_1 \times m_2 \times \dots \times m_n$.

g. Pemilihan Kombinasi yang Sesuai

Apabila kombinasi yang ada terlalu banyak, maka untuk memilih kombinasi-kombinasi terbaik menjadi lama, agar tidak terjadi hal tersebut maka apabila memungkinkan jumlah kombinasi harus dikurangi. Proses yang dilakukan pada tahap ini yaitu mengeliminasi untuk memilih yang terbaik. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan diantaranya:

1. Kesesuaian dengan fungsi keseluruhan.
2. Demand atau kebutuhan yang tercantum pada daftar spesifikasi dapat terpenuhi.
3. Dapat dibuat atau diwujudkan.
4. Pengetahuan dan informasi tentang konsep yang bersangkutan memadai.
5. Kelayakan sistem, kinerja dan kemudahan produksi.
6. Factor biaya.

Pada kondisi dimana kombinasi yang tersisa masih cukup banyak, maka yang harus dilakukan yaitu dengan memilih kombinasi terbaik dengan memperhatikan aspek keamanan serta kenyamanan dan juga kemungkinan adanya pengembangan lebih lanjut.

h. Pembuatan Varian Konsep

Sebuah konsep apabila mungkin harus memenuhi beberapa persyaratan keamanan, kenyamanan, kemudahan diproduksi, kemudahan dirakit, kemudahan perawatan dan lain sebagainya. Informasi lebih lanjut sangat diperlukan untuk pembuatan varian konsep yang akan dilakukan. Informasi ini dapat diperoleh melalui :

1. Gambar atau sketsa untuk melihat kemungkinan keserasian.
2. Perhitungan kasar berdasarkan asumsi yang dipakai.
3. Pengujian awal berupa pengujian model untuk menentukan sifat utama atau pendekatan kuantitatif untuk persyaratan kualitatif mengenai kinerja dari suatu produk jadi.
4. Konstruksi model untuk visualisasi dan analisa.
5. Analogi model dan simulasi yang sering dilakukan dengan bantuan computer (CAD).
6. Penelitian lebih lanjut dari literature.

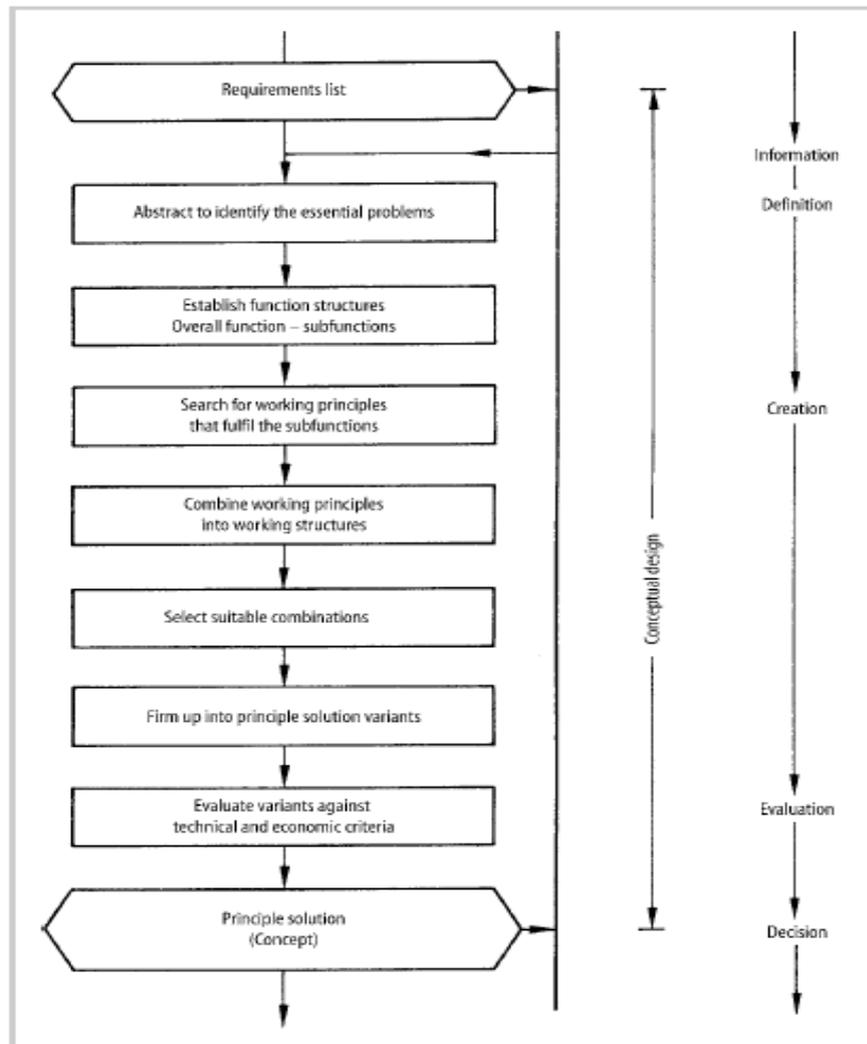
i. Evaluasi

Evaluasi berarti menentukan nilai kegunaan atau kekuatan yang kemudian dibandingkan dengan sesuatu yang dianggap ideal dalam metode perancangan dengan menggunakan metode *Pahl and Beitz*. Secara garis besar langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut :

1. Penentuan terhadap kriteria evaluasi (*identification of evaluation criteria*)
2. Pemberian bobot kriteria evaluasi (*weighting of evaluation criteria*). Kriteria evaluasi yang dipilih mempunyai tingkat pengaruh yang berbeda terhadap varian konsep. Ada baiknya evaluasi difokuskan terhadap sifat utama yang diinginkan pada evaluasi akhir.
3. Menentukan Parameter Kriteria Evaluasi (*cmpling parameter*). Perbandingan tiap variasi konsep dipilih suatu besaran atau

parameter pada setiap konsep supaya didapat perbandingan variasi konsep yang jelas.

4. Memasukan Nilai Penaksiran (*asesing value*). Ada baiknya dalam memasukkan nilai penaksiran yaitu dengan memasukkan harga nominal, dan bila hal tersebut tidak memungkinkan maka bentuk nilai kualitatif juga dapat dimasukkan.
5. Penentuan nilai dari keseluruhan varian konsep (*determining overall weigthed value/OWV*)
6. Evaluasi Titik Lemah. Maka akan dilakukan evaluasi dari titik lemah (*Weak Spot*). Dengan dilakukan metode evaluasi di atas, maka diharapkan akan diperoleh solusi yang cukup memuaskan.



Gambar 2.18. Tahap Perancangan Konsep *Pahl and Beitz* [28]

3. Perancangan Wujud (*Embodiment*)

Tujuan perencanaan wujud ini adalah untuk mengetahui masalah utama yang dihadapi dalam perancangan. Pada tahap ini, spesifikasi akan dianalisa dan kemudian dihubungkan dengan fungsi yang kita inginkan beserta segala kendala yang ada. Tahap perancangan ini meliputi beberapa langkah perancangan yaitu :

- a. Langkah penguraian ke modul-modul (*module structure*)
- b. Pembentukan *layout* awal (*preliminary lay-out*)
- c. Penentuan *layout* jadi (*definity lay out*)

Perancangan wujud dimulai dari konsep teknik, kemudian dengan menggunakan kriteria teknik dan ekonomi, perancangan dikembangkan dengan menguraikan struktur fungsi ke dalam struktur model untuk memperoleh elemen-elemen pembangunan struktur fungsi. Hasil dari tahap ini berupa *lay out*, yaitu penggambaran dengan jelas rangkaian dan bentuk elemen suatu produk. Hasil ini kemudian dianalisa untuk mendapatkan informasi lebih lanjut tentang kekuatan, getaran, kinematika, dinamika, pemilihan material, proses dan sebagainya.

4. Perancangan Detail (*Detail Design*)

Tahap ini merupakan proses perancangan dalam bentuk gambar dalam arti gambar tersusun dan gambar detail termasuk daftar komponen, spesifikasi bahan, toleransi dan lainnya, yang secara keseluruhan merupakan dokumen lengkap dari pembuatan mesin atau sistem teknik lainnya, sehingga pembuatan produk dapat dilaksanakan oleh operator atau insinyur lain yang ditunjuk.

Pada tahap ini dilakukannya evaluasi kembali untuk melihat apakah mesin yang akan dibuat tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi dan semua gambar produk lainnya telah selesai dan lengkap.

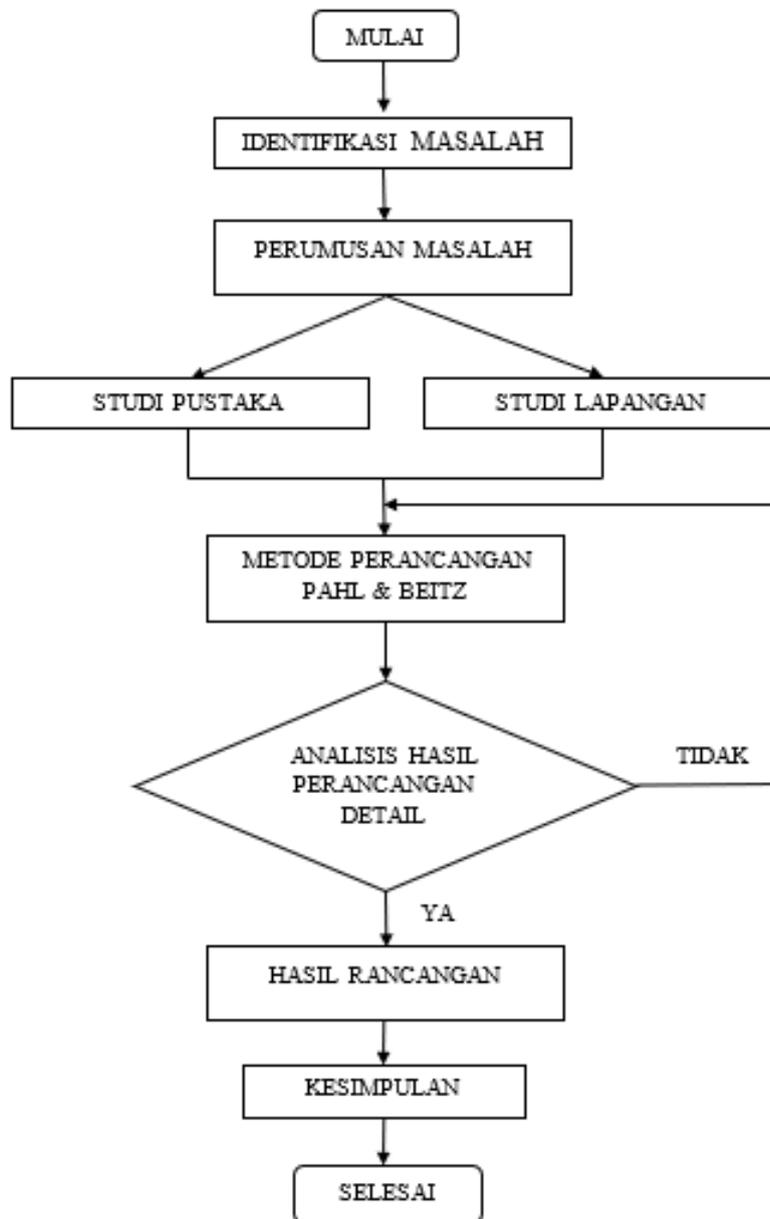
5. Gambar Perancangan

Tahap ini merupakan akhir dari metode perancangan sistematis yang berupa presentasi akhir, pada langkah ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan merinci gambar akhir termasuk gambar terperinci mengenai setiap bagian elemen produk.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi

Dalam penelitian ini, terdapat metodologi proses perancangan mesin pelebur limbah plastik. yang tersusun diagram alir atau *flowchart*. Metodologi tersebut dijelaskan dalam diagram alir berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Perancangan

Adapun penjelasan langkah-langkah metodologi penelitian dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* yaitu :

1. Mulai

Pada tahap mulai ini, peneliti mulai mencari ide atau gagasan terkait mesin apa yang akan dirancang dengan aspek yang akan diterima pada masyarakat umumnya.

2. Identifikasi Masalah

Di tahap ini, dimulai pencarian informasi terkait permasalahan yang terdapat pada masyarakat umumnya. Pada penelitian ini identifikasi masalah terfokus pada problematika limbah plastik yang sulit diatasi.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah apa saja yang akan dibahas serta untuk mencari solusinya, Pada penelitian ini perumusan masalah yang akan dibahas yakni terkait perancangan mesin pelebur limbah plastik, prinsip kerja mesin tersebut, serta perancangan konsep dan perancangan detail dari mesin tersebut.

4. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui teori dasar tentang perancangan mesin yang akan dibuatnya. Pencarian sumber yang kompatibel terkait mesin pelebur limbah plastik dan permasalahan yang akan ditelitinya baik dari literatur maupun jurnal ilmiah. Adapun metode yang digunakan dalam studi pustaka, yaitu :

1. Studi Literatur

Pencarian dan pengumpulan data terkait perancangan mesin pelebur limbah plastik dengan memanfaatkan literatur seperti buku teori dasar permesinan, teori dasar perancangan elemen mesin, serta teori dasar perpindahan panas. Adapun penelitian ini juga mengambil referensi dari jurnal penelitian terdahulu terkait pembuatan *paving block* berbahan dasar limbah plastik.

2. Studi Lapangan

Pada metode studi lapangan ini, dilakukan pencarian informasi tentang limbah plastik kepada pihak yang terkait dengan kebersihan lingkungan.

5. Metode Perancangan Pahl & Beitz

Tahapan awal dari metode perancangan Pahl & Beitz yaitu perancangan konsep. Terdapat beberapa tahap dalam perancangan konsep pada metode Pahl & Beitz ini, tahapan – tahapan tersebut diantaranya penentuan daftar kebutuhan, mengidentifikasi permasalahan, membuat struktur fungsi keseluruhan dan struktur sub fungsi keseluruhan, mencari prinsip kerja yang memenuhi sub fungsi, menggabungkan prinsip kerja ke dalam struktur kerja, memilih kombinasi yang sesuai, membuat kombinasi prinsip solusi, mengevaluasi tiap varian, konsep prinsip solusi. Adapun *output* dari metode ini yaitu berupa perancangan detail dari varian desain yang terpilih dan untuk kemudian dikembangkan. Untuk mengetahui aspek dan kriteria apa saja yang penting dalam perancangan pada metode ini, diharuskan untuk membuat kuesioner daftar persyaratan dan kuesioner pemilihan varian untuk pembobotan nilai yang ditentukan oleh respon masyarakat umumnya.

Tahap selanjutnya dari metode perancangan Pahl & Beitz yaitu perancangan detail. Pada tahap perancangan detail ini diharuskan membuat rancangan desain detail mesin pelebur limbah plastik berdasarkan varian desain yang terpilih. Varian desain yang terpilih didasarkan atas pembobotan nilai yang dilakukan dengan kuesioner. Perancangan detail dilakukan dengan proses penggambaran dengan menggunakan *software* Solidwork. *Output* yang diharapkan dihasilkan dari perancangan detail ini yaitu berupa gambar detail dari mesin pelebur limbah plastik serta *Bill of Material* yang ada pada mesin tersebut.

6. Analisis Hasil Perancangan Detail

Pada tahap ini, gambar desain detail yang telah dihasilkan melalui proses penggambaran menggunakan *software* Solidwork kemudian akan di analisis untuk mengetahui kinerja daripada mesin tersebut. Proses analisis yang dilakukan dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara melakukan perhitungan

dengan rumus teori dasar pemesinan dan yang kedua analisis dilakukan dengan melakukan simulasi pada *software* Solidwork.

7. Hasil Rancangan

Setelah dilakukan analisis terhadap perancangan detail, maka akan didapatkan hasil rancangan berupa spesifikasi desain yang sesuai dengan kebutuhan.

8. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berisikan evaluasi terhadap tiap bab pembahasan laporan.

9. Selesai

Setelah melalui semua proses yang ada, maka perancangan mesin pelebur limbah plastik telah selesai dilakukan.

3.2. Perancangan Konsep

1. Daftar Persyaratan

Dalam perancangan konsep, terdapat daftar persyaratan yang terdiri dari beberapa aspek perancangan berdasarkan metode perancangan Pahl & Beitz. Daftar persyaratan tersebut diperlukan untuk menentukan bagaimana dan seperti apa mesin pelebur limbah plastik akan dirancang ke depannya terutama dalam menentukan spesifikasi komponen dari mesin tersebut. Daftar persyaratan desain terdiri dari penilaian aspek perancangan kepada masyarakat agar sesuai dengan kebutuhan di pasaran. Adapun penilaian aspek tersebut terdiri dari suatu hal yang wajib dipenuhi (*demand*) ataupun masih sebatas keinginan (*wishes*) yang apabila memungkinkan dapat direalisasikan melalui berbagai pertimbangan. Dari hasil kuesioner terhadap 37 responden, didapat hasil daftar persyaratan perancangan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Daftar Persyaratan

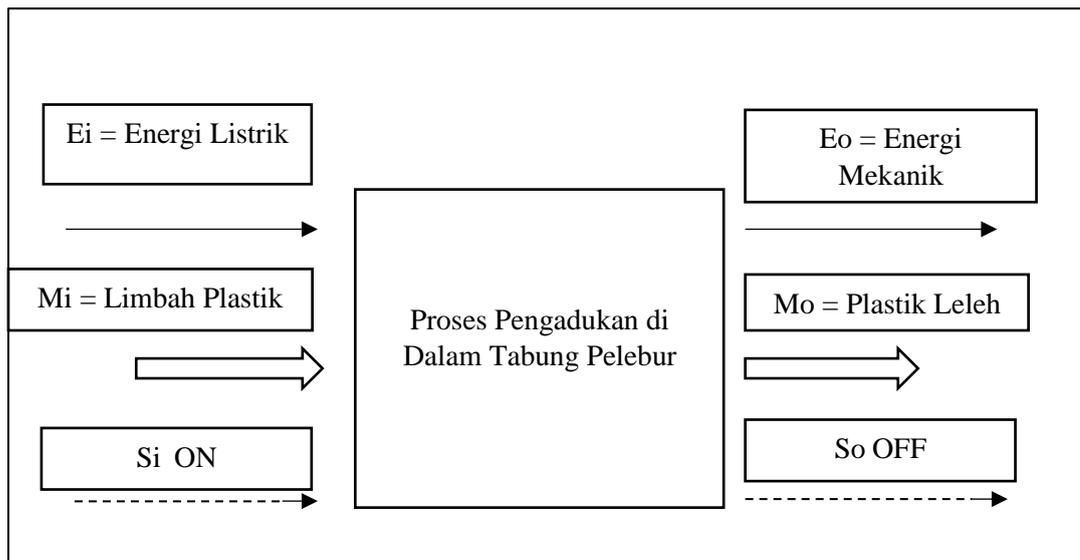
| No | Aspek Perancangan | Persyaratan | Tingkat Kebutuhan |
|----|-------------------|--|-------------------|
| 1 | Energi | Daya motor listrik minimal 0,5 HP | D |
| | | Suhu energi panas berkisar 150°C - 200°C | D |
| 2 | Gaya | Gaya sentrifugal mixer sesuai dengan kebutuhan | D |
| | | Gaya kalor yang dihasilkan mampu melebur plastik | D |
| 3 | Geometri | Konstruksi rangka dapat menahan beban 30 kg | D |
| | | Bentuk serta tampilan mesin yang sederhana | W |
| 4 | Ergonomi | Mudah dalam pengoperasiannya | D |
| | | Kenyamanan dalam pengoperasiannya | W |
| 5 | Material | Material yang digunakan tidak mudah korosi | D |
| | | Material yang digunakan bersifat tahan panas | D |
| 6 | Aplikasi | Pemakaian alat dalam jangka waktu lama | W |
| | | Mesin bersifat ramah lingkungan | D |
| 7 | Keamanan | Mesin aman ketika dioperasikan | D |
| | | Poros mixer ditutup saat beroperasi | D |
| 8 | Transportasi | Mesin dapat dibawa kemana - mana | D |
| | | Mesin bersifat ringan | W |
| 9 | Sinyal | Sinyal untuk memutar poros mixer | D |
| 10 | Kinematik | Sistem transmisi yang tidak mudah slip | D |
| | | Sistem transmisi dapat mengurangi putaran | D |
| 11 | Perakitan | Proses perakitan mesin yang mudah | D |
| | | Perakitan mesin dapat dilakukan dengan cepat | D |
| 12 | Perawatan | Perawatan yang mudah | D |
| | | Biaya perawatan yang terjangkau | D |

3.3. Struktur Fungsi

Struktur fungsi merupakan penjelasan masukan dan keluaran (*input* dan *output*) dari sistem fungsi mesin pelebur limbah plastik secara keseluruhan dalam suatu sistem untuk menjalankan tugas tertentu. Struktur fungsi mesin pelebur limbah plastik terdiri atas 2 unsur pada struktur fungsi yaitu fungsi keseluruhan dan sub fungsi keseluruhan.

3.3.1. Fungsi Keseluruhan

Fungsi keseluruhan mesin pelebur limbah plastik ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 3.2. Fungsi Keseluruhan

Keterangan :

Ei/o = *Energy in/out*

Mi/o = *Material in/out*

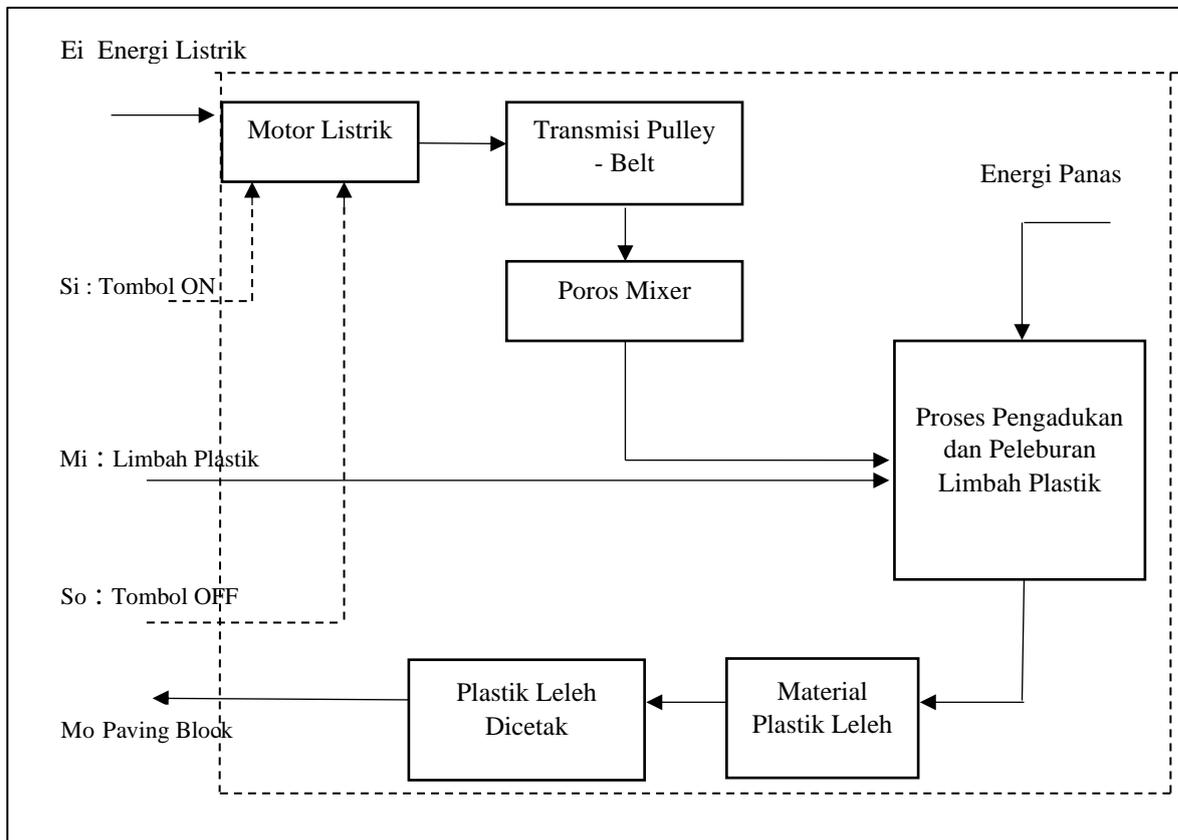
Si/o = *Signal in/out*

Pada fungsi keseluruhan dari mesin pelebur limbah plastik terdapat 3 input dan menghasilkan 3 output pula . Pada proses *input* terdapat energi yang masuk berupa energi listrik yang akan menghasilkan *output* berupa Bergeraknya mekanisme transmisi untuk kemudian berlanjut ke *mixer*. Kemudian material yang masuk berupa limbah plastik yang akan menghasilkan *output* berupa plastik dalam keadaan cair dan terakhir yakni sinyal yang dioperasikan oleh operator yang mengakibatkan listrik yang menyala. *Output* akhir dari fungsi

keseluruhan yaitu berupa campuran plastik cair yang kemudian akan dicetak menjadi *paving block*.

3.3.2 Sub Fungsi Keseluruhan

Sub fungsi keseluruhan mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block* yaitu :

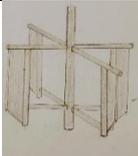
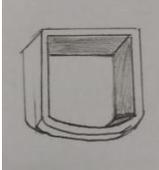
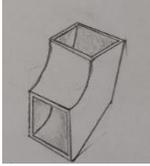


Gambar 3.3. Sub Fungsi Keseluruhan

Dalam sub fungsi keseluruhan pada mesin pelebur limbah plastik terdapat beberapa tahapan dari tiap input pada mesin. Energi yang bersumber dari listrik disertai sinyal yang dioperasikan operator akan menyalakan mesin. Material yang diinput yaitu berupa limbah plastik ke dalam tabung pelebur. Putaran yang dihasilkan dari motor listrik akan ditransmisikan melalui transmisi pulley – belt yang kemudian akan menggerakkan poros mixer. Pada saat mixer telah berputar, terdapat energi masukan berupa energi panas. Setelah beberapa waktu dalam proses peleburan, maka material output akan dihasilkan yaitu berupa plastik cair. Plastik cair yang dihasilkan kemudian akan melalui proses pencetakan manual untuk menghasilkan produk *paving block*.

3.4. Kombinasi Prinsip Solusi

Tabel 3.2. Tabel Prinsip Solusi

| No | Subfungsi | Varian | | |
|----|------------------|--|--|--|
| 1 | Sumber Penggerak |  Motor Listrik 0,5 HP |  Motor Listrik 1 HP | |
| 2 | Transmisi |  Transmisi Pulley Belt |  Transmisi Sproket Rantai |  Kopling Flens |
| 3 | Jenis Mixer |  Bentuk Menyalang |  Bentuk Sejajar | |
| 4 | Profil Rangka |  Besi Hollow |  Besi Siku |  Besi Batangan Pejal |
| 5 | Jenis Reducer |  Rasio Pulley |  Gearbox | |
| 6 | Bentuk Corong |  Bentuk Corong 1 |  Bentuk Corong 2 | |

Tabel 3.3. Keterangan Prinsip Solusi

| Keterangan | Varian |
|---|----------|
|  | Varian 1 |
|  | Varian 2 |
|  | Varian 3 |

Kombinasi tiap – tiap varian :

Varian 1 : 1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.2 – 5.1– 6.1

Varian 2 : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.3 – 5.2– 6.2

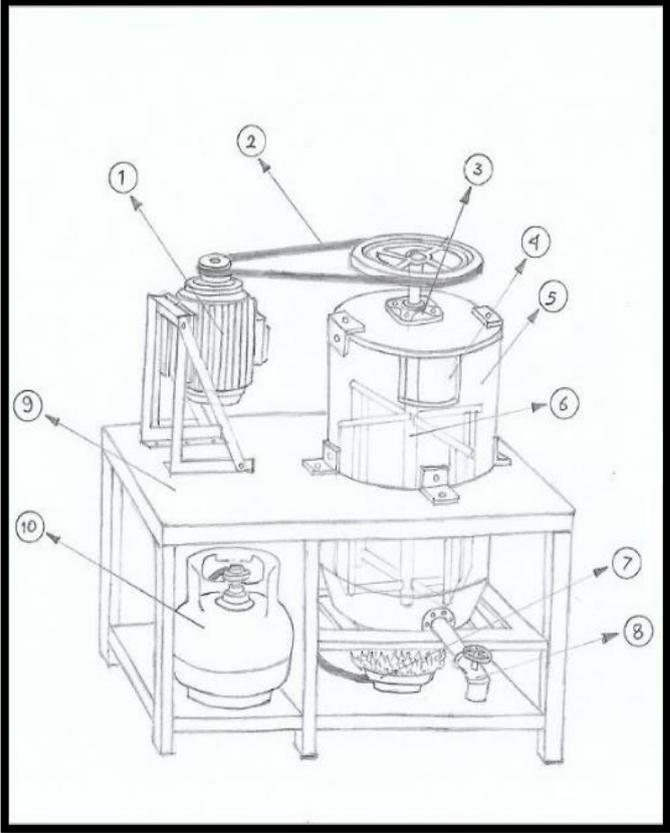
Varian 3 : 1.2 – 2.3 – 3.1 – 4.1 – 5.2– 6.2

3.5. Pembuatan Konsep Varian

1. Varian 1

Tabel 3.4. Varian 1

| No | Komponen |
|----|------------------------------|
| 1 | Motor listrik arus AC 0,5 HP |
| 2 | Transmisi pulley - belt |
| 3 | Bearing |
| 4 | Corong masuk |
| 5 | Tabung pelebur |
| 6 | Poros mixer |
| 7 | Tungku pelebur |
| 8 | Valve 3/4" |
| 9 | Rangka Mesin |
| 10 | Tabung gas |



Pada varian 1 ini, mesin pelebur limbah plastik di desain dengan sumber penggerak utama motor arus AC berdaya 0,5 HP. Transmisi yang digunakan pada varian 1 ini berupa pulley – belt. Putaran yang ditransmisikan pulley – belt kemudian akan menggerakkan poros mixer tabung pelebur. Adapun untuk memperlambat putaran dari motor digunakan rasio pulley yang lebih besar pada bagian yang digerakkan.

2. Varian 2

Tabel 3.5. Varian 2

| No | Komponen |
|----|----------------------------|
| 1 | Motor listrik arus AC 1 HP |
| 2 | Transmisi Sproket – Rantai |
| 3 | Gearbox |
| 4 | Rangka Mesin |
| 5 | Corong Masuk |
| 6 | Poros Mixer |
| 7 | Tabung Gas |
| 8 | Valve ¾" |
| 9 | Tungku Pelebur |

Pada varian 2 ini, mesin pelebur limbah plastik di desain dengan sumber penggerak utama motor arus AC berdaya 1 HP. Transmisi yang digunakan pada varian 2 ini berupa sprocket - rantai. Putaran yang ditransmisikan sprocket - rantai kemudian akan menggerakkan poros mixer pada tabung pelebur. Adapun untuk memperlambat putaran dari motor digunakan gearbox.

3. Varian 3

Tabel 3.6. Varian 3

| No | Komponen |
|----|-------------------------------|
| 1 | Motor Listrik Arus AC 1 HP |
| 2 | Transmisi Kopling Flens |
| 3 | Gearbox |
| 4 | Rangka Mesin |
| 5 | Corong Masuk |
| 6 | Poros Mixer |
| 7 | Tabung Gas |
| 8 | Valve 3/4" |
| 9 | Tungku Pelebur |

Pada varian 3 ini, mesin pelebur limbah plastik di desain dengan sumber penggerak utama motor arus AC berdaya 1 HP. Transmisi yang digunakan pada varian 3 ini berupa kopling flens. Putaran yang ditransmisikan melewati gearbox yang berfungsi untuk mereduksi putaran yang kemudian akan menggerakkan poros mixer pada tabung pelebur.

3.6. Pembobotan Nilai

Untuk menentukan varian terpilih dari 3 varian yang telah dibuat, maka dilakukan pengumpulan data menggunakan kuesioner tentang perancangan konsep desain. Dari pengumpulan data yang dilakukan, terdapat 37 responden yang mengisi kuesioner tersebut. Adapun data hasil rekapitulasi yang dapat dikumpulkan diantaranya :

Tabel 3.7. Rekapitulasi Data Varian 1

| Kriteria | Varian 1 | | | | | Jumlah |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Nilai 1 | Nilai 2 | Nilai 3 | Nilai 4 | Nilai 5 | |
| Kemudahan Operasi | 0 | 0 | 7 | 20 | 10 | 37 |
| Keamanan Operasi | 0 | 3 | 14 | 12 | 8 | 37 |
| Kemudahan Perawatan | 0 | 1 | 13 | 15 | 8 | 37 |
| Ketahanan Mesin | 0 | 3 | 12 | 12 | 10 | 37 |
| Ketersediaan Komponen | 0 | 1 | 11 | 12 | 13 | 37 |
| Mekanisme Sederhana | 0 | 1 | 8 | 18 | 10 | 37 |
| Kemudahan Perakitan | 0 | 0 | 10 | 17 | 10 | 37 |
| Biaya Perakitan | 0 | 1 | 8 | 18 | 10 | 37 |
| Kinerja yang Baik | 0 | 0 | 10 | 18 | 9 | 37 |
| Ramah Lingkungan | 1 | 2 | 10 | 15 | 9 | 37 |
| Dapat Dipindahkan | 0 | 2 | 13 | 12 | 10 | 37 |
| Kapasitas Mesin | 1 | 2 | 10 | 15 | 9 | 37 |
| Jumlah | 2 | 16 | 126 | 184 | 116 | |
| Rata – rata | 0,3077 | 2,46154 | 19,3846 | 28,3077 | 17,8462 | |

Tabel 3.8. Rekapitulasi Data Varian 2

| Kriteria | Varian 2 | | | | | Jumlah |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Nilai 1 | Nilai 2 | Nilai 3 | Nilai 4 | Nilai 5 | |
| Kemudahan Operasi | 0 | 1 | 12 | 17 | 7 | 37 |
| Keamanan Operasi | 0 | 0 | 14 | 15 | 8 | 37 |
| Kemudahan Perawatan | 0 | 0 | 15 | 16 | 6 | 37 |
| Ketahanan Mesin | 0 | 0 | 14 | 15 | 8 | 37 |
| Ketersediaan Komponen | 0 | 0 | 11 | 18 | 8 | 37 |
| Mekanisme Sederhana | 0 | 0 | 8 | 20 | 9 | 37 |
| Kemudahan Perakitan | 0 | 0 | 12 | 16 | 9 | 37 |
| Biaya Perakitan | 1 | 1 | 14 | 13 | 8 | 37 |
| Kinerja yang Baik | 0 | 1 | 9 | 20 | 7 | 37 |
| Ramah Lingkungan | 0 | 2 | 13 | 17 | 5 | 37 |
| Dapat Dipindahkan | 1 | 5 | 12 | 13 | 6 | 37 |
| Kapasitas Mesin | 0 | 2 | 11 | 16 | 8 | 37 |
| Jumlah | 2 | 12 | 150 | 191 | 89 | |
| Rata - rata | 0,1667 | 1 | 12,083 | 16,333 | 7,41667 | |

Tabel 3.9. Rekapitulasi Data Varian 3

| Kriteria | Varian 3 | | | | | Jumlah |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Nilai 1 | Nilai 2 | Nilai 3 | Nilai 4 | Nilai 5 | |
| Kemudahan Operasi | 0 | 0 | 8 | 19 | 10 | 37 |
| Keamanan Operasi | 0 | 1 | 10 | 14 | 12 | 37 |
| Kemudahan Perawatan | 0 | 3 | 10 | 14 | 10 | 37 |
| Ketahanan Mesin | 0 | 1 | 12 | 17 | 7 | 37 |
| Ketersediaan Komponen | 1 | 1 | 12 | 16 | 7 | 37 |
| Mekanisme Sederhana | 0 | 0 | 12 | 15 | 10 | 37 |
| Kemudahan Perakitan | 0 | 2 | 17 | 10 | 8 | 37 |
| Biaya Perakitan | 2 | 2 | 9 | 15 | 9 | 37 |
| Kinerja yang Baik | 0 | 0 | 6 | 17 | 14 | 37 |
| Ramah Lingkungan | 0 | 1 | 10 | 17 | 9 | 37 |
| Dapat Dipindahkan | 2 | 2 | 10 | 15 | 8 | 37 |
| Kapasitas Mesin | 0 | 1 | 10 | 17 | 9 | 37 |
| Jumlah | 5 | 14 | 131 | 181 | 113 | |
| Rata - rata | 0,4167 | 1,16667 | 10,5 | 15,5 | 9,41667 | |

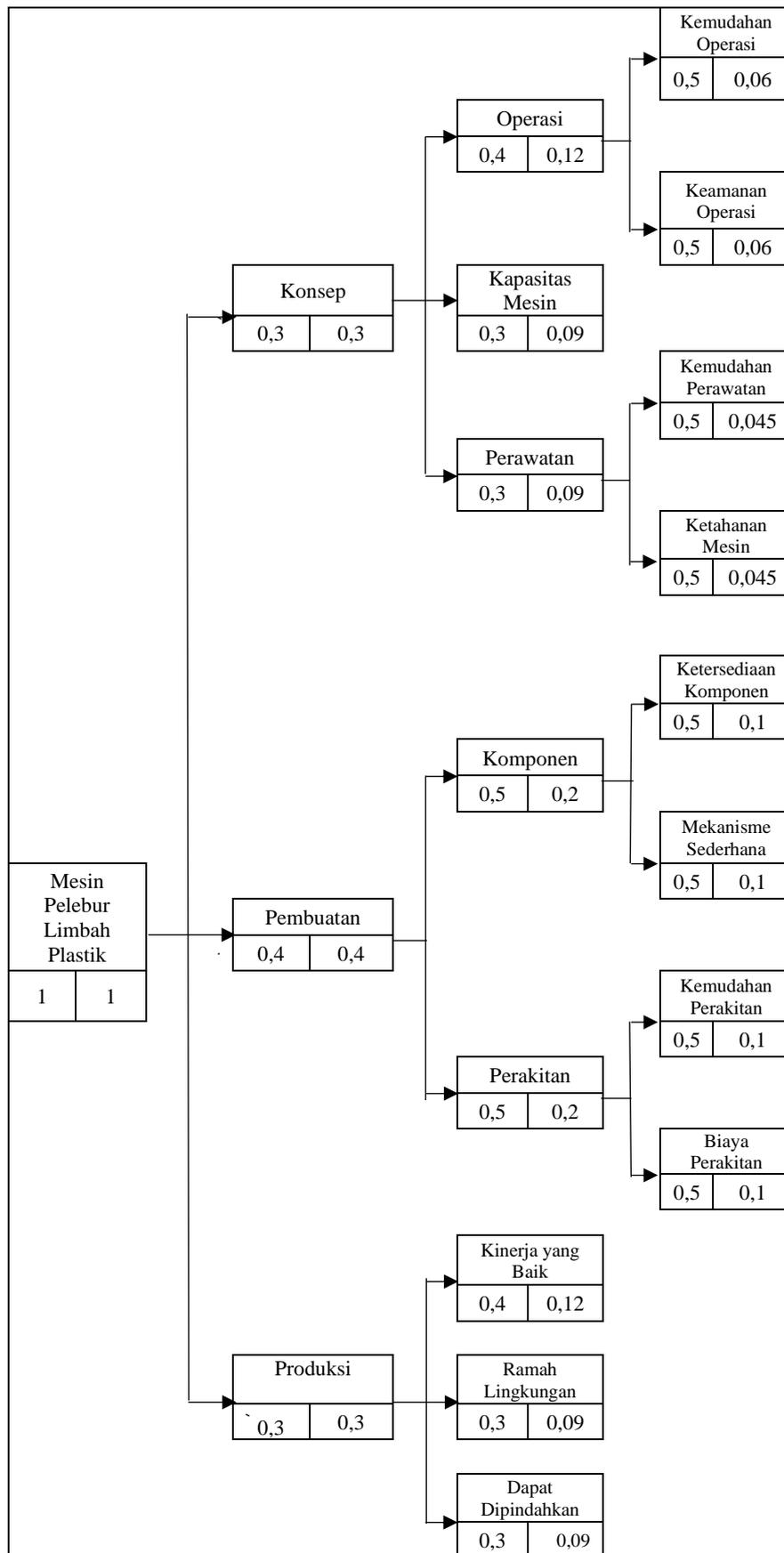
Mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block* memiliki 3 aspek pembobotan antara lain tahap konsep, tahap pembuatan, dan tahap produksi. Dalam tahap konsep terdapat 3 aspek guna menunjang kebutuhan dalam tahapan desain yaitu operasi, kapasitas mesin, dan perawatan mesin. Kemudian pada tahap pembuatan terdapat 2 aspek yang menunjang yakni komponen dan perakitan. Yang terakhir dalam tahap produksi terdapat 2 aspek penunjang yaitu kinerja, ramah lingkungan dan mudah dipindahkan. Adapun table daftar pengguna, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.10. Daftar Kebutuhan Pengguna

| No | Kebutuhan Pengguna | Tingkat Kepentingan |
|----|-----------------------|---------------------|
| 1 | Kemudahan Operasi | 4 |
| 2 | Keamanan Operasi | 5 |
| 3 | Kemudahan Perawatan | 4 |
| 4 | Ketahanan Mesin | 4 |
| 5 | Ketersediaan Komponen | 3 |
| 6 | Mekanisme Sederhana | 4 |
| 7 | Kemudahan Perakitan | 3 |
| 8 | Biaya Perakitan | 4 |
| 9 | Kinerja yang Baik | 4 |
| 10 | Ramah Lingkungan | 4 |
| 11 | Dapat Dipindahkan | 3 |
| 12 | Kapasitas Mesin | 4 |

Keterangan :

- Skor 1 : Tidak penting
- Skor 2 : Kurang penting
- Skor 3 : Cukup penting
- Skor 4 : Penting
- Skor 5 ; Sangat penting



Gambar 3.4. Pohon Kriteria

Setelah survei terhadap pohon kriteria pembobotan dilakukan, Langkah selanjutnya yaitu pembobotan nilai terhadap varian 1 yang dilakukan dengan pembuatan kuesioner. Hasil dari pembobotan nilai varian 1 yaitu :

Tabel 3.11. Pembobotan Nilai Varian 1

| No. | Kriteria Evaluasi | B | Parameter | Varian 1 | | |
|--------|-----------------------|-------|-------------------|-------------|---|------|
| | | | | H | M | BM |
| 1 | Kemudahan Operasi | 0,06 | Fungsional | Baik | 4 | 0,24 |
| 2 | Keamanan Operasi | 0,06 | Safety | Cukup Baik | 3 | 0,18 |
| 3 | Kemudahan Perawatan | 0,045 | Perawatan | Baik | 4 | 0,18 |
| 4 | Ketahanan Mesin | 0,045 | Kekuatan Rangka | Baik | 4 | 0,18 |
| 5 | Ketersediaan Komponen | 0,1 | Banyak di Pasaran | Sangat Baik | 5 | 0,5 |
| 6 | Mekanisme Sederhana | 0,1 | Sederhana | Baik | 4 | 0,4 |
| 7 | Kemudahan Perakitan | 0,1 | Mudah Dirakit | Baik | 4 | 0,4 |
| 8 | Biaya Perakitan | 0,1 | Harga Murah | Baik | 4 | 0,4 |
| 9 | Kinerja yang Baik | 0,12 | Kinerja Mesin | Baik | 4 | 0,48 |
| 10 | Ramah Lingkungan | 0,09 | Sedikit Polusi | Baik | 4 | 0,36 |
| 11 | Dapat Dipindahkan | 0,09 | Mudah Dibawa | Baik | 4 | 0,36 |
| 12 | Kapasitas Mesin | 0,09 | Muatan Produksi | Baik | 4 | 0,36 |
| Jumlah | | 1 | | | | 4,04 |

Keterangan :

- B = Bobot
- H = Arti
- M = Point
- BM = B x M

BOBOT PENILAIAN :

- 5 : Baik Sekali
- 4 : Baik Sekali
- 3 : Cukup Baik
- 2 : Kurang Baik
- 1 : Tidak Baik

Bobot akhir varian 1 :

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{4,04}{(5 \times 12)} = \frac{4,04}{60} = 0,0673$$

Selanjutnya dilakukan pembobotan nilai terhadap varian ke 2 dengan pembuatan kuesioner. Adapun hasil pembobotan nilai terhadap varian 2 sebagai berikut :

Tabel 3.12. Pembobotan Nilai Varian 2

| No. | Kriteria Evaluasi | B | Parameter | Varian 2 | | |
|--------|-----------------------|-------|-------------------|------------|---|------|
| | | | | H | M | BM |
| 1 | Kemudahan Operasi | 0,06 | Fungsional | Baik | 4 | 0,24 |
| 2 | Keamanan Operasi | 0,06 | Safety | Baik | 4 | 0,24 |
| 3 | Kemudahan Perawatan | 0,045 | Perawatan | Baik | 4 | 0,18 |
| 4 | Ketahanan Mesin | 0,045 | Kekuatan Rangka | Baik | 4 | 0,18 |
| 5 | Ketersediaan Komponen | 0,1 | Banyak di Pasaran | Baik | 4 | 0,4 |
| 6 | Mekanisme Sederhana | 0,1 | Sederhana | Baik | 4 | 0,4 |
| 7 | Kemudahan Perakitan | 0,1 | Mudah Dirakit | Baik | 4 | 0,4 |
| 8 | Biaya Perakitan | 0,1 | Harga Murah | Cukup Baik | 3 | 0,3 |
| 9 | Kinerja yang Baik | 0,12 | Kinerja Mesin | Baik | 4 | 0,48 |
| 10 | Ramah Lingkungan | 0,09 | Sedikit Polusi | Baik | 4 | 0,36 |
| 11 | Dapat Dipindahkan | 0,09 | Mudah Dibawa | Baik | 4 | 0,36 |
| 12 | Kapasitas Mesin | 0,09 | Muatan Produksi | Baik | 4 | 0,36 |
| Jumlah | | 1 | | | | 3,9 |

Keterangan :

- B = Bobot
- H = Arti
- M = Point
- BM = B x M

BOBOT PENILAIAN :

- 5 : Baik Sekali
- 4 : Baik Sekali
- 3 : Cukup Baik
- 2 : Kurang Baik
- 1 : Tidak Baik

Bobot akhir varian 1 :

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{3,9}{(5 \times 12)} = \frac{3,9}{60} = 0,065$$

Dan yang terakhir dilakukan pembobotan nilai terhadap varian ke 3 dengan pembuatan kuesioner. Adapun hasil pembobotan nilai varian ke 3 yaitu :

Tabel 3.13. Pembobotan Nilai Varian 3

| No. | Kriteria Evaluasi | B | Parameter | Varian 3 | | |
|--------|-----------------------|-------|-------------------|------------|---|------|
| | | | | H | M | BM |
| 1 | Kemudahan Operasi | 0,06 | Fungsional | Baik | 4 | 0,24 |
| 2 | Keamanan Operasi | 0,06 | Safety | Baik | 4 | 0,24 |
| 3 | Kemudahan Perawatan | 0,045 | Perawatan | Baik | 4 | 0,18 |
| 4 | Ketahanan Mesin | 0,045 | Kekuatan Rangka | Baik | 4 | 0,18 |
| 5 | Ketersediaan Komponen | 0,1 | Banyak di Pasaran | Baik | 4 | 0,4 |
| 6 | Mekanisme Sederhana | 0,1 | Sederhana | Baik | 4 | 0,4 |
| 7 | Kemudahan Perakitan | 0,1 | Mudah Dirakit | Baik | 3 | 0,3 |
| 8 | Biaya Perakitan | 0,1 | Harga Murah | Cukup Baik | 4 | 0,4 |
| 9 | Kinerja yang Baik | 0,12 | Kinerja Mesin | Baik | 4 | 0,48 |
| 10 | Ramah Lingkungan | 0,09 | Sedikit Polusi | Baik | 4 | 0,36 |
| 11 | Dapat Dipindahkan | 0,09 | Mudah Dibawa | Baik | 4 | 0,36 |
| 12 | Kapasitas Mesin | 0,09 | Muatan Produksi | Baik | 4 | 0,36 |
| Jumlah | | 1 | | | | 3,9 |

Keterangan :

- B = Bobot
- H = Arti
- M = Point
- BM = B x M

BOBOT PENILAIAN :

- 5 : Baik Sekali
- 4 : Baik Sekali
- 3 : Cukup Baik
- 2 : Kurang Baik
- 1 : Tidak Baik

Bobot akhir varian 1 :

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{3,9}{(5 \times 12)} = \frac{3,9}{60} = 0,065$$

Tabel 3.14. Penilaian Konsep Kombinasi

| Kriteria Penilaian | Konsep | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | Bobot | Konsep 1 | | Konsep 2 | | Konsep 3 | |
| | | Rating | Nilai | Rating | Nilai | Rating | Nilai |
| Kemudahan Operasi | 6,00% | 4 | 0,24 | 4 | 0,24 | 4 | 0,24 |
| Keamanan Operasi | 6,00% | 3 | 0,18 | 4 | 0,24 | 4 | 0,24 |
| Kemudahan Perawatan | 4,50% | 4 | 0,18 | 4 | 0,18 | 4 | 0,18 |
| Ketahanan Mesin | 4,50% | 4 | 0,18 | 4 | 0,18 | 4 | 0,18 |
| Ketersediaan Komponen | 10,00% | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Mekanisme Sederhana | 10,00% | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Kemudahan Perakitan | 10,00% | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 |
| Biaya Perakitan | 10,00% | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 |
| Kinerja yang Baik | 12% | 4 | 0,48 | 4 | 0,48 | 4 | 0,48 |
| Ramah Lingkungan | 9,00% | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 |
| Dapat Dipindahkan | 9,00% | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 |
| Kapasitas Mesin | 9,00% | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 | 4 | 0,36 |
| Total Nilai | 100,00% | 4,04 | | 3,9 | | 3,9 | |
| Peringkat | | 1 | | 2 | | 2 | |
| Lanjutkan | | YA | | TIDAK | | TIDAK | |

3.7. Varian Terpilih

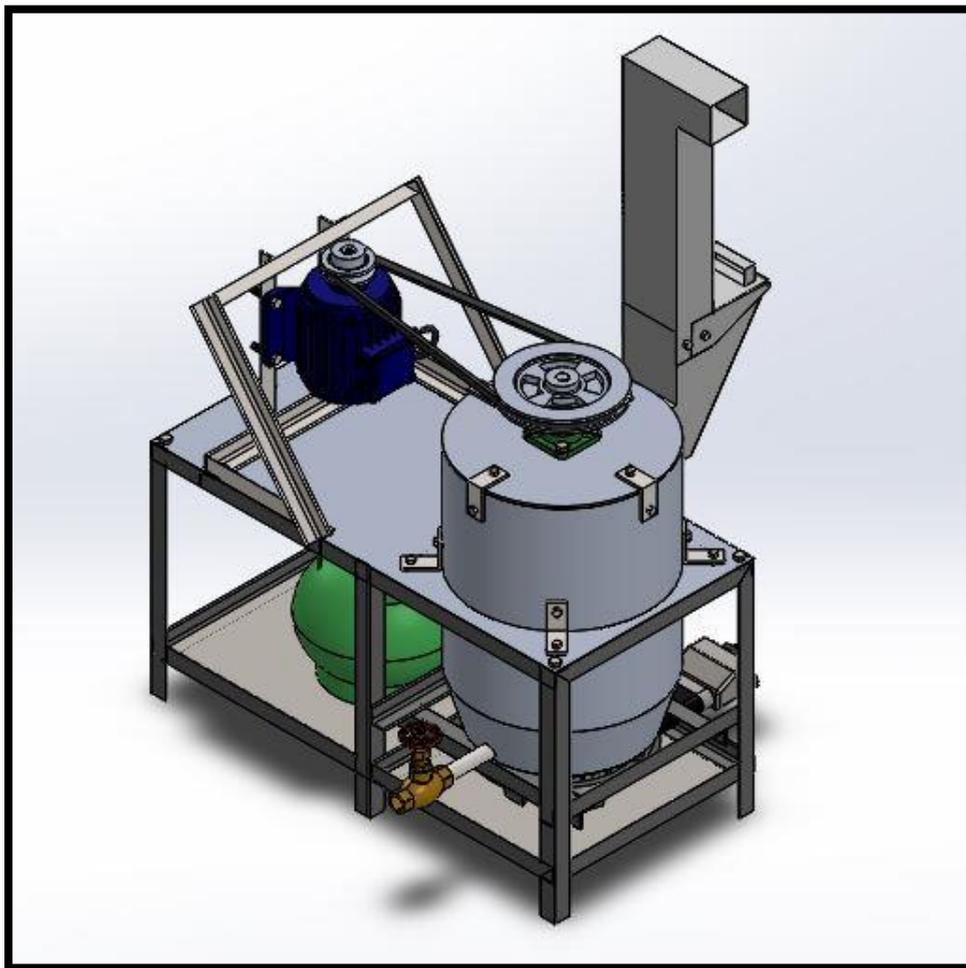
Dari hasil pembobotan nilai terhadap ketiga konsep varian desain yang telah dilakukan, terdapat satu konsep varian desain yang terpilih dengan ketentuan :

Konsep terpilih : Varian 1

Peringkat : 1

Nilai Pembobotan : 4,04

Kelebihan yang terdapat pada varian ini yaitu ketersediaan komponen yang banyak terdapat di pasaran pada umumnya. Biaya pembuatan varian ini pun lebih terjangkau dibanding varian lainnya. Mekanisme transmisi yang sederhana dengan penggunaan transmisi pulley – belt juga merupakan keunggulan dibanding varian lainnya.



Gambar 3.5. Varian Terpilih

Pada pengaplikasiannya, material yang akan digunakan dalam proses peleburan dan pengadukan dari mesin pelebur limbah plastik menjadi paving block adalah plastik dengan jenis LDPE (Low Density Polyethylene) dengan proporsi yang sesuai.



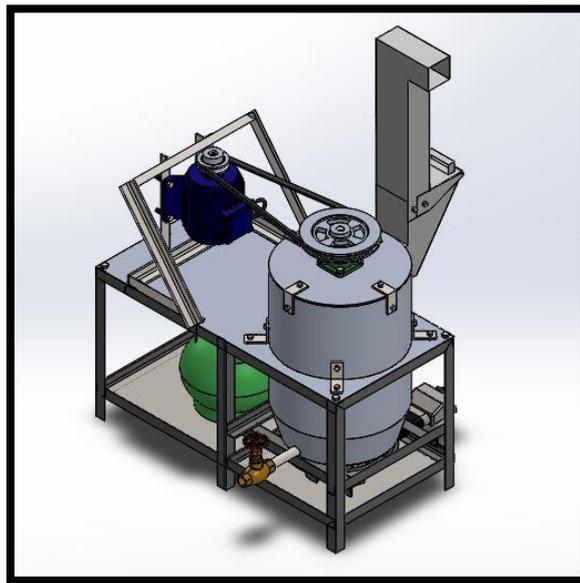
Gambar 3.6. Plastik LDPE

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Detail Mesin Pelebur Limbah Plastik

Perancangan detail yang dibuat merupakan perancangan dari varian terpilih pada perancangan konsep desain sebelumnya. Prinsip kerja dari mesin pelebur limbah plastik yaitu motor listrik sebagai sumber daya penggerak akan mentransmisikan putaran melalui transmisi *pulley – v belt*, transmisi *pulley – belt* dipilih karena sesuai dengan beban pengadukan *mixer* pada tabung pelebur. Putaran yang ditransmisikan *pulley - belt* akan memutar poros *mixer* di dalam tabung pelebur untuk proses pengadukan limbah plastik yang telah melebur.

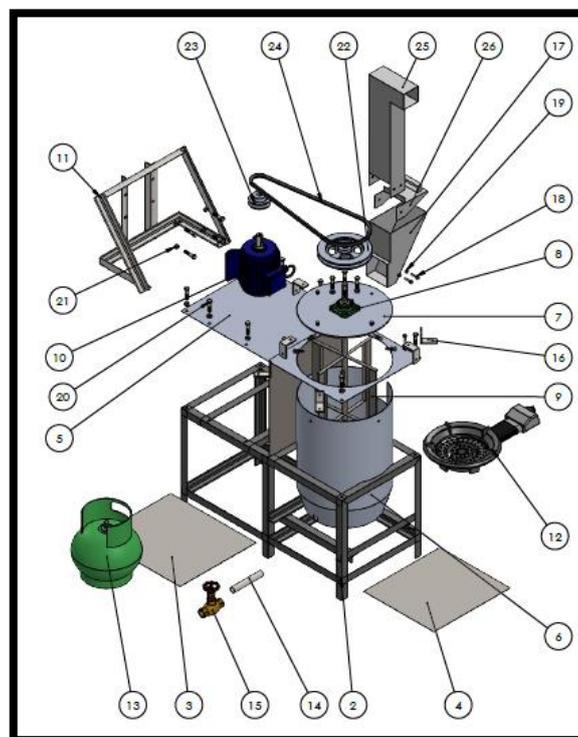


Gambar 4.1. Mesin Pelebur Limbah Plastik

Dalam proses perancangannya, terdapat 21 komponen utama pada mesin pelebur limbah plastik. Adapun komponen dari gambar detail mesin pelebur limbah plastik diantaranya :

1. Rangka Mesin, dengan spesifikasi menggunakan besi siku 30 x 30 mm, tebal 3 mm.
2. Plat Alas Tabung Gas, dengan spesifikasi tebal plat 0,5 mm
3. Plat Alas Burner, dengan spesifikasi tebal plat 0,5 mm
4. Plat Alas Rangka Motor, dengan spesifikasi ketebalan 1,2 mm

5. Tabung Pelebur dengan diameter 350 mm, tinggi 500 mm, dan ketebalan 1,2 mm
6. Tutup Tabung, dengan spesifikasi ketebalan 5 mm
7. *Square Pillow Block Bearing* dengan diameter dalam 19 mm.
8. Poros *Mixer*, dengan jumlah 4 *blade*, dan panjang 600 mm
9. Transmisi *Pulley – Belt*, dengan diameter pulley kecil 80 mm dan diameter pulley besar 200 mm.
10. Motor Listrik Arus AC dengan spesifikasi daya 0,5 HP.
11. Rangka Motor, menggunakan besi siku baja karbon 30 x 30 mm dan tebal 3 mm.
12. *Burner*, dengan diameter sebesar 285 mm
13. Tabung Gas LPG
14. Pipa dengan ukuran mengikuti diameter *globe valve* sebesar $\frac{3}{4}$ inci
15. *Globe Valve* dengan ukuran diameter dalam $\frac{3}{4}$ inci
16. Plat Penahan dengan ketebalan 5 mm
17. Corong dengan ketebalan 0,5 mm
18. Baut M8 x 1,25
19. Mur M8 x 1,25
20. Baut M10 x 1,5
21. Mur M10 x 1,5

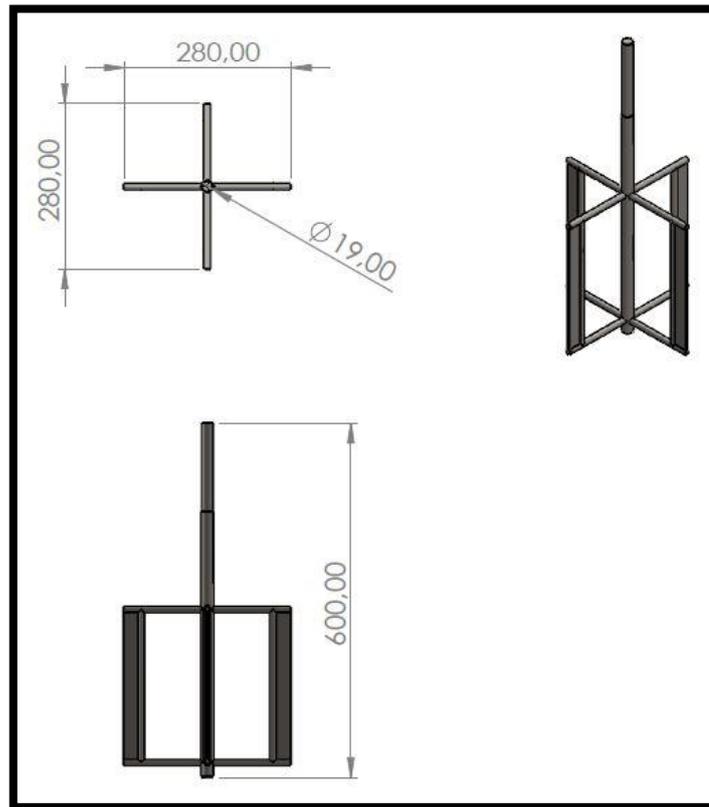


Gambar 4.2. Komponen pada Mesin Pelebur Limbah Plastik

4.2. Perencanaan Komponen Mesin

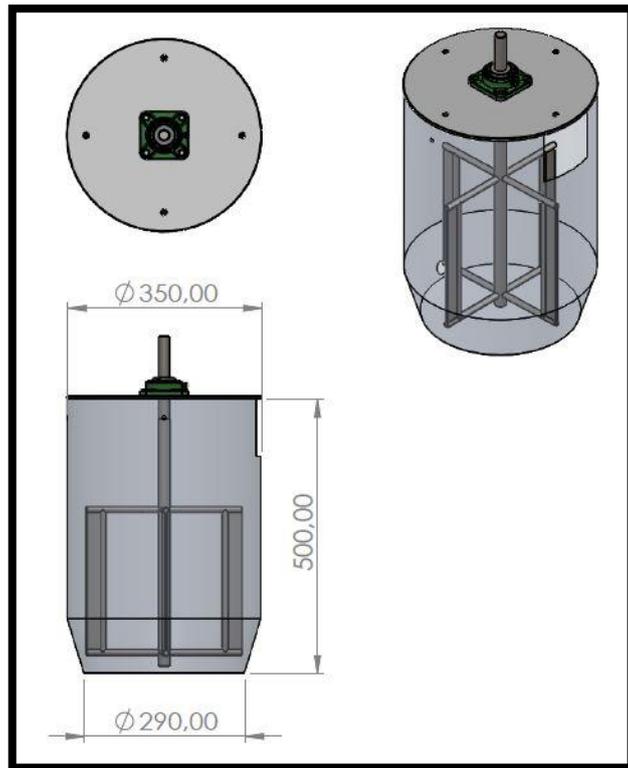
4.2.1 Daya Pengadukan Mixer

Dalam menentukan daya pengadukan *mixer*, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi koefisien daya pengadukan diantaranya yaitu viskositas dari plastik LDPE, massa jenis plastik LDPE, bilangan Reynold, diameter *mixer*, jumlah blade pengaduk, dan putaran *mixer*.



Gambar 4.3. Poros *Mixer*

Jumlah blade yang terdapat pada poros pengaduk berjumlah 4. Sementara itu, pada bagian tabung pelebur dengan diameter 350 mm memiliki volume total sebesar $0,046 \text{ m}^3$. Pada proses perhitungan daya pada proses berikutnya dihitung berdasarkan volume yang terpakai apabila mesin beroperasi. Adapun volume yang direncanakan akan terisi pada tabung yaitu sebesar $0,017 \text{ m}^3$ dengan ketinggian cairan di dalam tabung setinggi 200 mm. Dengan volume perencanaan proses produksi sebesar $0,017 \text{ m}^3$, maka dapat diketahui massa plastik yang dimasukkan ke dalam tabung pelebur yaitu sebesar 15,98 kg.



Gambar 4.4. Tabung Pelebur

Adapun detail perhitungan daya adukan *mixer* adalah sebagai berikut :

Menentukan Bilangan Reynold, dalam perhitungan bilangan Reynold menggunakan persamaan (2.1) yang berada pada halaman 11 :

$$N_R = \frac{D^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

Diketahui :

- N_R = Bilangan Reynold
- D = Diameter pengaduk (m) = 0,28 m
- n = Putaran *mixer* (rad/s) = 250 rpm = 26,18 rad/s
- ρ = Massa jenis plastik = 0,94 kg/m³
- η = Viskositas plastik pada suhu 250°C (N.s/m²) = 3,6 N.s/m²

$$N_R = \frac{D^2 \cdot n \cdot \rho}{\eta}$$

$$N_R = \frac{(0,28)^2 \cdot 26,18 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,94 \text{kg/m}^3}{3,6 \text{ N.s/m}^2}$$

$$N_R = \frac{0,078 \text{ m} \cdot 26,18 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,94 \text{ kg/m}^2}{3,6 \text{ N.s/m}^2}$$

$$N_R = 0,533$$

Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa bilangan Reynold sebesar 0,533. Maka nilai bilangan Reynold tersebut < 10 . Menentukan Koefisien Daya, pada perhitungan koefisien daya menggunakan persamaan (2.4) pada halaman 12 :

$$P_0 = 1,507 \left[\frac{T}{D}\right]^{-0,365} \left[\frac{C}{D}\right]^{-0,165} \left[\frac{H}{T}\right]^{0,140} n_B^{0,171}$$

Diketahui :

- P_0 = Koefisien daya adukan
- T = Diameter tangki (m) = 350 mm = 0,35 m
- D = Diameter pengaduk (m) = 280 mm = 0,28 m
- H = Ketinggian cairan (m) = 200 mm = 0,2 m
- C = Tinggi pengaduk dari dasar tabung (m) = 12,14 mm = 0,012 m
- n_B = Jumlah *blade* pengaduk = 4

$$P_0 = 1,507 \left[\frac{T}{D}\right]^{-0,365} \left[\frac{C}{D}\right]^{-0,165} \left[\frac{H}{T}\right]^{0,140} n_B^{0,171}$$

$$P_0 = 1,507 \left[\frac{0,35}{0,28}\right]^{-0,365} \left[\frac{0,012}{0,28}\right]^{-0,165} \left[\frac{0,2}{0,35}\right]^{0,140} (4)^{0,171}$$

$$P_0 = 1,507 [1,25]^{-0,365} [0,042]^{-0,165} [0,571]^{0,140} (4)^{0,171}$$

$$P_0 = 1,507 \cdot 0,921 \cdot 1,687 \cdot 0,924 \cdot 1,267$$

$$P_0 = 2,741$$

Menentukan daya pengadukan, pada perhitungan daya pengadukan menggunakan persamaan (2.3) pada halaman 12 :

$$P = P_0 \cdot \eta \cdot n^2 \cdot D^3$$

Diketahui :

- P = Daya pengadukan (kW)
- P_0 = Koefisien daya adukan
- η = Viskositas plastik pada suhu 250°C (N.s/m²) = 3,6 N.s/m²
- n = Putaran *mixer* (rad/s) = 250 rpm = 26,18 rad/s
- D = Diameter pengaduk (m) = 280 mm = 0,28 m

$$P = P_0 \cdot \eta \cdot n^2 \cdot D^3$$

$$P = 2,741 \cdot 3,6 \cdot (26,18)^2 \cdot (0,28)^3$$

$$P = 2,741 \cdot 3,6 \cdot 685,392 \cdot 0,021$$

$$P = 142,026 \text{ Watt}$$

$$P = 0,142 \text{ kW}$$

Adapun perhitungan daya motor dengan penyesuaian faktor keamanan menggunakan persamaan (2.5) pada halaman 15, adalah sebagai berikut :

$$P_d = f_c \cdot P$$

Dimana :

- P_d = Daya perencanaan (kW)
- F_c = Faktor koreksi = 1,2 (diambil dari faktor daya rata – rata yang diperlukan)
- P = Daya motor (kW) = 0,142 kW

$$P_d = f_c \cdot P$$

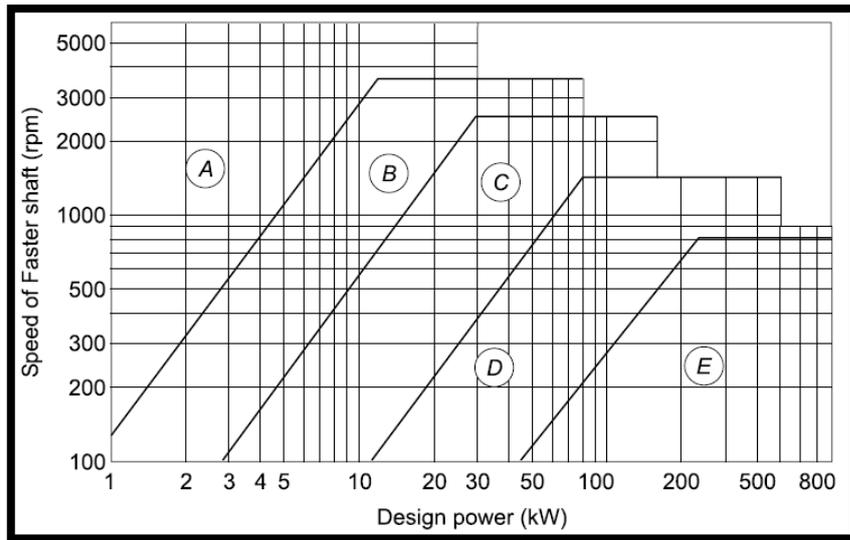
$$P_d = 1,2 \cdot 0,142 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,204 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa daya perencanaan yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros *mixer* yaitu sebesar 0,1704 kW atau setara dengan 0,228 HP. Pemilihan motor yang sesuai perhitungan tersebut yaitu motor listrik arus AC dengan spesifikasi daya sebesar 0,746 kW atau setara dengan 1 HP dan putaran yang dihasilkan sebesar 1330 rpm.

4.2.2. Perhitungan *Pulley* dan *V – Belt*

Perencanaan *pulley* dan *v – belt* didasarkan pada spesifikasi motor listrik yang telah ditentukan yakni dengan daya sebesar 1 HP atau 0,746 kW dan putaran yang dihasilkan sebesar 1330 rpm. Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka dipilihlah *v – belt* dengan tipe A.



Gambar 4.5. Diagram Pemilihan V -belt [18]

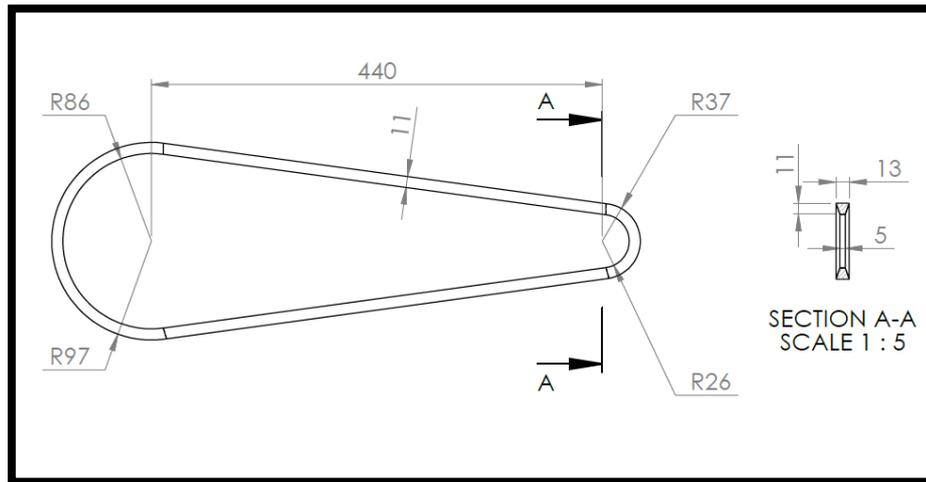
Adapun dimensi dari v – belt tipe A ditentukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan yaitu :

| Belt section | Pitch width W_p (mm) | Nominal top width W (mm) | Nominal Height T (mm) | Recommended Minimum pitch diameter of pulley (mm) | Permissible Minimum pitch diameter of pulley (mm) |
|--------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|---|---|
| Z | 8.5 | 10 | 6 | 85 | 50 |
| A | 11 | 13 | 8 | 125 | 75 |
| B | 14 | 17 | 11 | 200 | 125 |
| C | 19 | 22 | 14 | 315 | 200 |
| D | 27 | 32 | 19 | 500 | 355 |
| E | 32 | 38 | 23 | 630 | 500 |

The diagram shows a cross-section of a V-belt. The top width is labeled W , the pitch width is W_p , and the height is T . The angle of the V is 40° . Below the cross-section, a dashed line indicates the angle A .

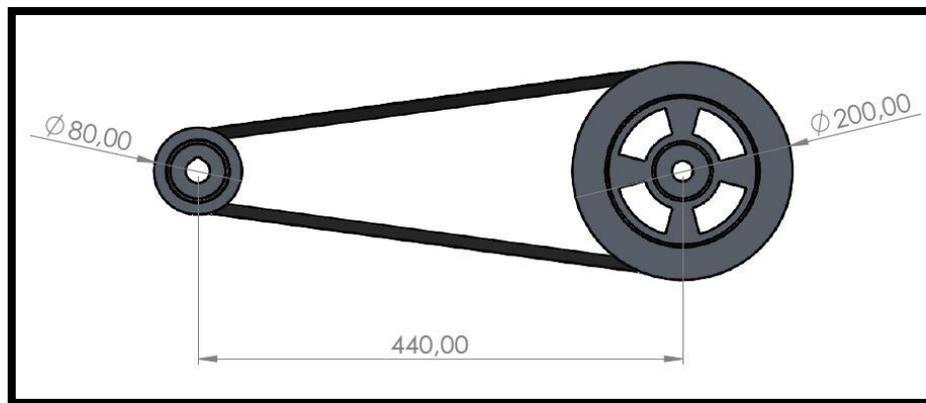
Gambar 4.6. Standar Dimensi V – Belt [18]

Pada perencanaanya, v – belt tipe A memiliki standar ukuran yang telah ditetapkan. V – belt yang merupakan komponen yang dibeli memiliki ukuran standar dimensi dengan tebal 11 mm dan lebar 13 mm.



Gambar 4.7. V - Belt

Dalam merencanakan *pulley* dan *belt*, beberapa hal penting yang harus ditentukan diantaranya panjang *belt*, kecepatan sabuk, rasio kecepatan *pulley*, sudut kemiringan, sudut kontak, daya yang ditransmisikan, rasio tegangan, luas penampang sabuk dan yang terakhir yaitu tegangan tarik sabuk. Adapun perhitungan perencanaan *pulley* dan *v - belt* yaitu :



Gambar 4.8. Pulley - Belt

1. Panjang sabuk menggunakan persamaan (2.11) yang berada pada halaman 20 :

$$L = \pi (R1 + R2) + 2x + \frac{(R2-R1)^2}{x}$$

Dimana :

- L = Panjang *v belt* (mm)
- R1 = Jari - jari *pulley* penggerak (mm)

- R2 = Jari –jari *pulley* yang digerakkan (mm)
- x = Jarak antara dua *pulley* (mm)

$$\begin{aligned}
 L &= \pi (R1 + R2) + 2x + \frac{(R2-R1)^2}{x} \\
 &= 3,14 (40 + 100) + 2 (440) + \frac{(100-40)^2}{440} \\
 &= 3,14 (140) + 880 + \frac{(10000-1600)}{440} \\
 &= 439,6 + 880 + 19,09 \\
 &= 1338,69 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Kecepatan Sabuk, pada perhitungan kecepatan sabuk menggunakan persamaan (2.12) yang berada pada halaman 20 :

$$V = \pi \times D_1 \times N_1 ; \frac{\pi \times D_1 \times N_1}{60}$$

dimana :

- V = Kecepatan sabuk (m/s)
- D₁ = Diameter pulley penggerak (m)
- N₁ = Putaran mesin (rpm)

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi \cdot D_2 \cdot N}{60} \\
 &= \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 1330}{60} \\
 &= 5,568 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

3. Rasio kecepatan pulley menggunakan persamaan (2.10) yang berada pada halaman 18 :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

Dimana

- N₁ = Kecepatan putaran pulley penggerak (rpm)
- d₁ = Diameter pulley penggerak (mm)
- N₂ = Kecepatan putaran pulley digerakkan (rpm)

- d_2 = Diameter pulley digerakkan (mm)

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{N_2}{1330} = \frac{80}{200}$$

$$N_2 = \frac{80 \cdot 1330}{200}$$

$$N_2 = 532 \text{ rpm}$$

4. Sudut Kemiringan dicari dengan menggunakan persamaan (2.13) yang berada pada halaman 20 :

$$\sin \alpha = \frac{R_2 - R_1}{x}$$

Dimana :

- α = Sudut kemiringan
- R_2 = Jari – jari pulley yang digerakkan (mm) = 100 mm
- R_1 = Jari – jari pulley penggerak (mm) = 40 mm
- x = Jarak antara dua poros (mm) = 440 mm

$$\sin \alpha = \frac{R_2 - R_1}{x}$$

$$\sin \alpha = \frac{100 - 40}{440}$$

$$\sin \alpha = 0,09$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,09$$

$$\alpha = 5,16^\circ$$

5. Sudut kontak dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.14) yang berada pada halaman 20 :

$$\theta = \frac{(180 - 2 \cdot \alpha) \pi}{180}$$

Dimana :

- θ = Sudut kontak (Rad)
- α = Sudut kemiringan = $5,16^\circ$

$$\theta = \frac{(180 - 2 \cdot \alpha) \pi}{180}$$

$$\theta = \frac{180 - 2(5,16) 3,14}{180}$$

$$\theta = \frac{532,795}{180}$$

$$\theta = 2,96 \text{ rad}$$

6. Daya yang ditransmisikan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.15) pada halaman 20 :

$$P = (T_1 - T_2) V$$

Dimana :

- P = Daya yang ditransmisikan (Watt) = 400 watt
- T₁ = Tegangan pada Sisi Kencang (kg)
- T₂ = Tegangan pada Sisi Kendor (kg)

$$P = (T_1 - T_2) V$$

$$400 = (T_1 - T_2) 5,568$$

$$(T_1 - T_2) = \frac{400}{5,568}$$

$$(T_1 - T_2) = 71,83 \text{ kg.mm}$$

7. Rasio tegangan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.16) yang berada pada halaman 21 :

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \cdot \theta$$

Dimana :

- $\frac{T_1}{T_2}$ = Rasio tegangan (kg.mm)
- μ = Koefisien gesek pulley dan belt = 0,3 (berdasarkan material belt yaitu rubber)
- θ = Sudut kontak (Rad) = 2,96 rad

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \cdot \theta$$

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = 0,3 \cdot 2,96$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{0,888}{\log 2,3}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{0,888}{\log 2,3}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 2,459$$

$$T_1 = 2,459 \cdot T_2$$

$$T_1 - T_2 = 71,83 \text{ kg}$$

$$2,459 T_2 - T_2 = 71,83 \text{ kg}$$

$$1,459 T_2 = 71,83 \text{ kg}$$

$$T_2 = \frac{71,83}{1,459}$$

$$T_2 = 49,232 \text{ kg.mm}$$

$$T_1 = 2,459 \cdot T_2$$

$$T_1 = 2,459 \cdot 49,232$$

$$T_1 = 121,061 \text{ kg.mm}$$

8. Luas penampang sabuk dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.17) yang berada pada halaman 21 :

$$A = t \times \frac{a+b}{2}$$

Dimana :

- A = Luas penampang belt (mm²)
- t = Ketinggian belt (mm) = 8 mm
- α = Sudut kemiringan = 5°
- b = Lebar belt (mm) = 13 mm

$$A = t \times \frac{a+b}{2}$$

$$A = 8 \times \frac{5 + 13}{2}$$

$$A = 72 \text{ mm}^2$$

9. Tegangan tarik sabuk dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.18) yang berada pada halaman 21 :

$$F = \frac{T_1}{A}$$

Dimana :

- F = Tegangan tarik sabuk (MPa)
- T_1 = Tegangan pada Sisi Kencang (kg.mm) = 121,061 kg.mm
- A = Luas penampang belt (mm^2) = 72 mm^2

$$F = \frac{T_1}{A}$$

$$F = \frac{121,061}{72}$$

$$F = 1,681 \text{ kg/mm}^2$$

$$F = 1,681 \text{ kg/mm}^2 \times 9,8$$

$$F = 16,47 \text{ MPa}$$

4.2.3. Perhitungan Poros

Pada perencanaan poros pada mesin pelebur limbah plastik menjadi *paving block*, poros hanya akan menerima beban puntir murni. Daya yang dibutuhkan telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya yakni sebesar 0,746 kW dan putarannya sebesar 532 rpm atau 51,77 rad/s. Adapun langkah – langkah dalam menentukan poros yang sesuai yaitu :

1. Penentuan daya rencana dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.5) yang berada pada halaman 15 :

$$P_d = F_c \cdot P$$

Diketahui :

- P_d = Daya perencanaan (kW)
- P = Daya motor (kW) = 0,746 kW
- F_c = Faktor koreksi = 1,2 (faktor koreksi diambil berdasarkan daya rata – rata yang diperlukan)

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 1,2 \cdot 0,746 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,895 \text{ kW}$$

2. Menentukan torsi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.6) yang berada pada halaman 17 :

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \times \frac{Pd}{n1}$$

Diketahui :

- T = Torsi (kg.mm)
- Pd = Daya perencanaan (kW) = 0,895 kW
- n = Putaran pulley yang digerakkan (rpm) = 532 rpm

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \times \frac{Pd}{n1}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \times \frac{0,895}{532}$$

$$T = \frac{974.000 \cdot 0,895}{532}$$

$$T = 1638,59 \text{ kg.mm}$$

3. Menentukan tegangan geser yang diizinkan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.7) yang berada pada halaman 17 :

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{Sf1 \cdot Sf2}$$

Diketahui :

- τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)
- σ_B = Kekuatan tarik material (kg/mm²) = 58 kg/mm²
- Sf₁ = safety factor 1 (Sf₁) = 6,0 (bahan S-C dengan pengaruh massa, baja paduan)
- Sf₂ = safety factor 2 (Sf₂) = 1,5 (pertimbangan kekasaran, pasak dan poros bertingkat)

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{Sf1 \cdot Sf2}$$

$$\tau_A = \frac{58 \text{ kg/mm}^2}{6 \cdot 1,5}$$

$$\tau_A = 6,444 \text{ kg/mm}^2$$

4. Menentukan diameter poros dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.8) yang berada pada halaman 17 :

$$D_s = \left[\frac{5,1}{\tau_A} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3}$$

Diketahui :

- τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2) = 6,444 kg/mm^2
- K_t = Faktor koreksi = 2 (diperkirakan terjadi tumbukan)
- C_b = Faktor pembebanan lentur (C_b) = 1,2 (diperkirakan terjadi beban lentur)
- T = Torsi (kg.mm) = 1638,59 kg.mm

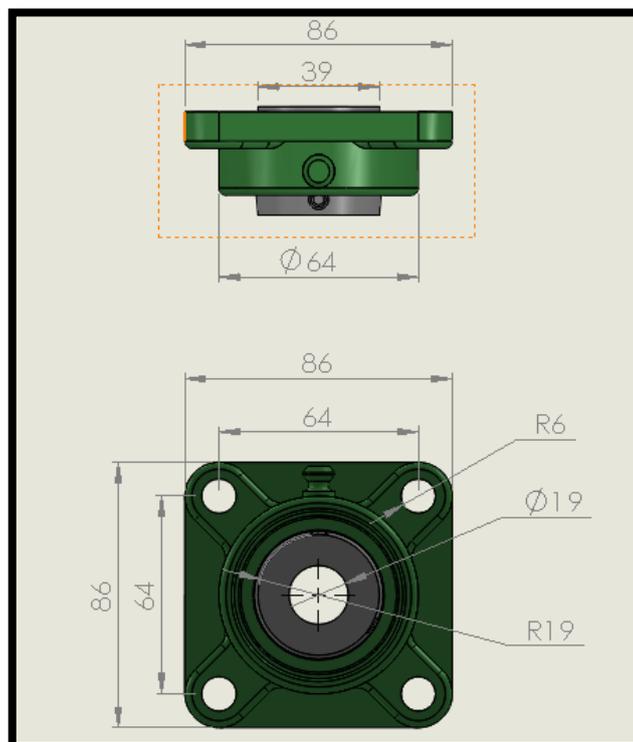
$$D_s = \left[\frac{5,1}{\tau_A} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3}$$

$$D_s = \left[\frac{5,1}{6,444} \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1638,59 \text{ kg.mm} \right]^{1/3}$$

$$D_s = [3112,405]^{1/3}$$

$$D_s = 14,561 \text{ mm}$$

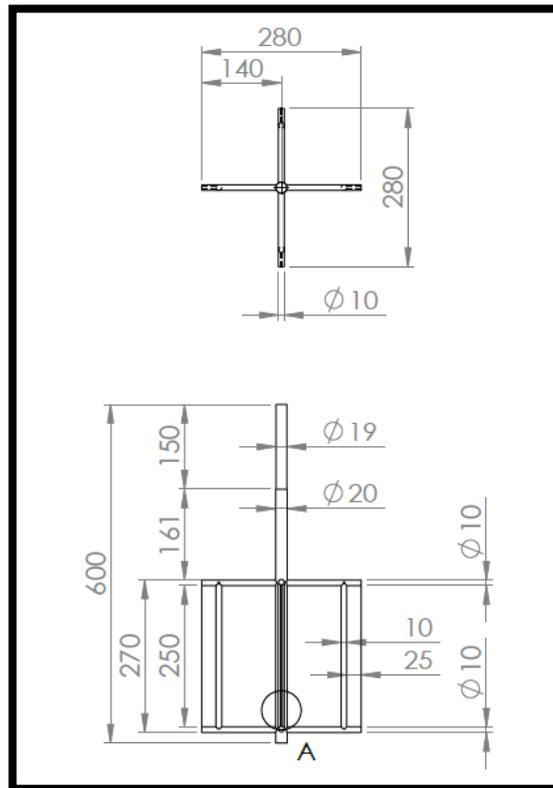
Dari perhitungan tersebut, perencanaan diameter poros disesuaikan dengan ukuran square pillow block bearing tipe UCF 204 F90504 yang mudah didapatkan di pasaran dengan diameter dalam (*inner diameter*) sebesar 19 mm.



Gambar 4.9. Bearing

Sesuai dengan ketersediaan ukuran poros material S 45 C di pasaran, maka pemilihan poros yang sesuai yaitu berukuran diameter 20 mm. Pada bagian atas

poros di desain poros bertingkat dengan diameter 19 mm sepanjang 150 mm agar ukuran diameter poros bisa sesuai dengan diameter dalam bearing.



Gambar 4.10. Dimensi Poros *Mixer*

Adapun dalam pembuatan blade pengaduk, dipilih besi pejal dengan material yang sama dengan ukuran diameter 10 mm sepanjang 140 mm dengan jumlah 8 unit. Sebuah plat besi dengan ketebalan 3 mm juga di desain terhadap 4 sisi *blade* tersebut sebagai bagian dari *blade* pengaduk.

5. Tegangan geser yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.9) yang berada pada halaman 17 :

$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{D_s^3}$$

Diketahui :

- D_s = Diameter poros (mm) = 19 mm
- T = Torsi (kg.mm) = 1638,59 kg.mm

$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{D_s^3}$$

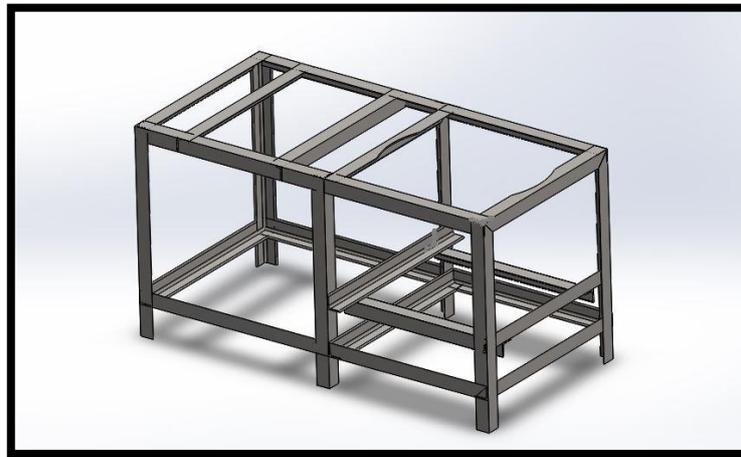
$$\tau = \frac{5,1 \cdot 1638,59 \text{ kg.mm}}{19^3}$$

$$\tau = \frac{4481,859}{6859}$$

$$\tau = 1,218 \text{ kg/mm}$$

4.3. Analisis Rangka

Analisa rangka mesin dilakukan untuk menemperhitungkan kekuatan rangka dalam menerima beban kerja pada mesin pelebur limbah plastik. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* Solidworks untuk menentukan *stress* dan *displacement* yang diterima rangka.



Gambar 4.11. Rangka

Rangka mesin tersebut dirakit dengan teknik pengelasan dan dirancang pada *software* Solidworks dengan fitur *Weldment*. Material yang digunakan sebagai rangka yaitu besi siku 30x30x3 mm berbahan dasar baja karbon. Adapun sifat material dari baja karbon berdasarkan standar yang tertera pada Solidwork yaitu :

Tabel 4.1. Sifat Material Baja Karbon

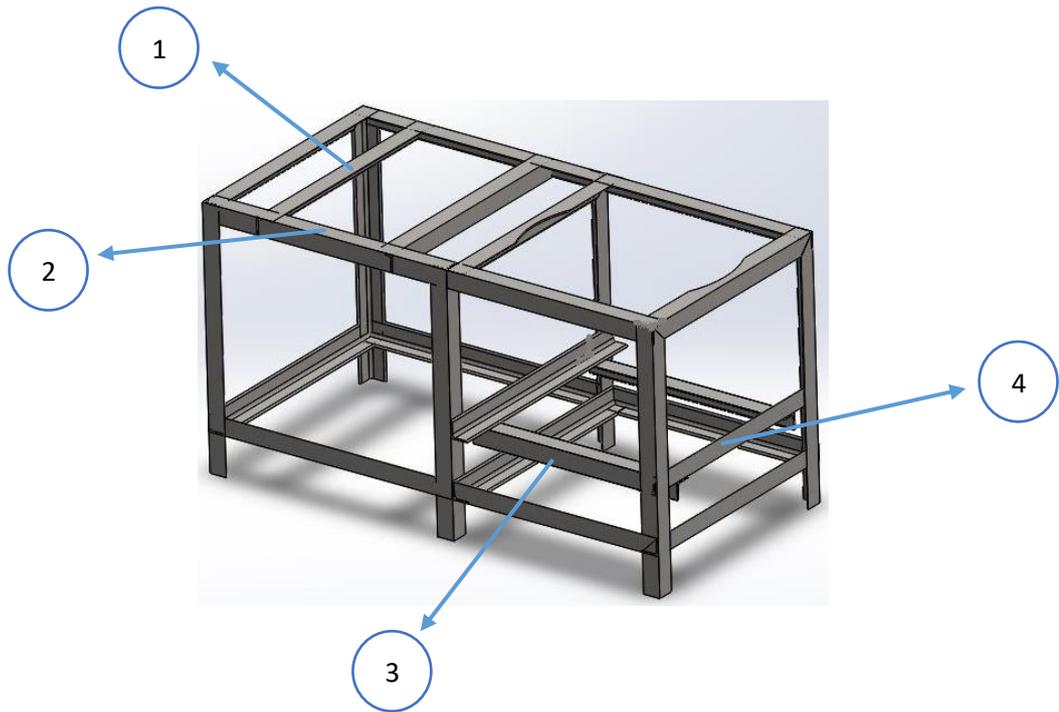
| | |
|----------------------------|---|
| Jenis rangka | Besi dengan Profil Siku 30x30x3 mm |
| Material | Baja Karbon |
| Kekuatan tarik | 399,826 MPa (399.826.000 N/m ²) |
| Kekuatan luluh | 220,594 MPa (220.594.000 N/m ²) |
| Massa jenis | 7.800 kg/m ³ |
| Modulus Elastisitas | 210 MPa (210.000.000 N/m ²) |

Sementara itu, rincian dari massa beberapa komponen utama didapatkan dari katalog serta dari fitur *mass properties* yang ada pada *software* Solidworks. Rincian massa komponen utama dari mesin diantaranya :

Tabel 4.2. Massa Komponen

| No. | Nama Komponen | Jumlah | Massa | Keterangan |
|--------|------------------------|--------|-----------|-------------------------|
| 1 | Rangka Motor Listrik | 1 | 3,6 kg | Diperoleh dari Software |
| 2 | Motor Listrik | 1 | 7,5 kg | Diperoleh dari Katalog |
| 3 | Pulley Kecil | 1 | 0,284 kg | Diperoleh dari Software |
| 4 | Pulley Besar | 1 | 1,325 kg | Diperoleh dari Software |
| 5 | Poros Mixer | 1 | 3,438 kg | Diperoleh dari Software |
| 6 | Bearing | 1 | 0,774 kg | Diperoleh dari Software |
| 7 | Tabung Pelebur | 1 | 2 kg | Diperoleh dari Software |
| 8 | Plat Penahan | 7 | 0,125 kg | Diperoleh dari Software |
| 9 | Corong | 1 | 0,35 kg | Diperoleh dari Software |
| 10 | Cerobong Asap | 1 | 0,635 kg | Diperoleh dari Software |
| 11 | Tutup Corong | 1 | 0,112 kg | Diperoleh dari Software |
| 12 | Plat Alas Rangka Mesin | 1 | 0,788 kg | Diperoleh dari Software |
| 13 | Tutup Tabung | 1 | 1,3 kg | Diperoleh dari Software |
| 14 | Pipa | 1 | 0,16 kg | Diperoleh dari Software |
| 15 | Globe Valve ¾" | 1 | 0,65 kg | Diperoleh dari Software |
| Jumlah | | 21 | 23,041 kg | |

Rangka mesin akan menerima beban dari beberapa komponen utama yang ditopangnya. Tegangan kerja yang terjadi merupakan hasil dari berat komponen dikalikan dengan percepatan grafitasi. Tegangan kerja yang diterima pada setiap sisi dari rangka berbeda - berbeda tergantung dari massa komponen yang ditopangnya. Tegangan kerja yang terjadi pada rangka dijelaskan dengan gambar berikut :



Gambar 4.12. Titik Beban pada Rangka

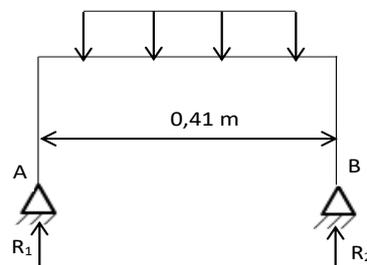
Perhitungan Diagram benda bebas dilakukan terhadap 4 titik utama pembebanan pada rangka. Adapun perhitungan diagram benda bebas yakni :

1. Perhitungan diagram benda bebas pada titik 1.

Pada titik pembebanan 1 ini, rangka menerima beban sebesar 12,172 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 119,407 N dan panjang rangka 0,41 m. Adapun *perhitungan free body diagram* sebagai berikut [30]:

Diketahui : Gaya (F) = 119,407 N; Panjang (l) = 0,41 m

$$F = 119,407 \text{ N}$$



Gambar 4.13. Diagram Benda Bebas pada Titik 1

$$\sum M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,41 - 119,407 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0 \quad (4.1)$$

$$0,41 \cdot R_1 = 10,036$$

$$R_1 = 10,036 / 0,41$$

$$R_1 = 24,478 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,41 - 119,407 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0$$

$$0,41 \cdot R_2 = 10,036$$

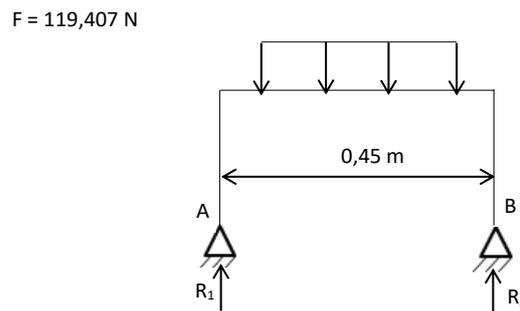
$$R_2 = 10,036 / 0,41$$

$$R_2 = 24,478 \text{ N}$$

2. Perhitungan diagram benda bebas pada titik 2.

Pada titik pembebanan 2 ini, rangka menerima beban sebesar 12,172 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 119,407 N dan dengan panjang rangka 0,45 m. Adapun perhitungan *free body diagram* sebagai berikut [30]:

Diketahui : Gaya (F) = 119,407 N; Panjang (l) = 0,45 m



Gambar 4.14. Diagram Benda Bebas pada Titik 2

$$\sum M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,45 - 119,407 \cdot 0,45 \cdot 0,225 = 0 \quad (4.2)$$

$$0,45 \cdot R_1 = 12,09$$

$$R_1 = 12,09 / 0,45$$

$$R_1 = 26,866 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,45 - 119,407 \cdot 0,45 \cdot 0,225 = 0$$

$$0,45 \cdot R_2 = 12,09$$

$$R_2 = 12,09 / 0,45$$

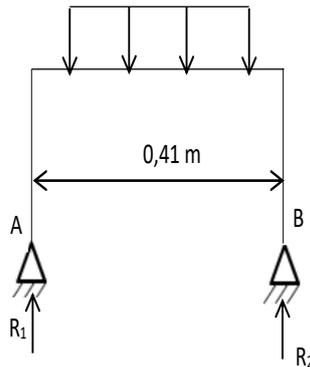
$$R_2 = 26,866 \text{ N}$$

3. Perhitungan diagram benda bebas pada titik 3

Pada titik pembebanan 3 ini, rangka menerima beban sebesar 27,601 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 270,765 N dan dengan panjang rangka 0,41 m. Adapun perhitungan *free body diagram* sebagai berikut [30]:

Diketahui : Gaya (F) = 270,765 N; Panjang (l) = 0,41 m

$$F = 270,765 \text{ N}$$



Gambar 4.15. Diagram Benda Bebas pada Titik 3

$$\sum M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,41 - 270,765 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0 \quad (4.3)$$

$$0,41 \cdot R_1 = 22,757$$

$$R_1 = 22,757 / 0,41$$

$$R_1 = 55,504 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,41 - 270,765 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0$$

$$0,41 \cdot R_2 = 22,757$$

$$R_2 = 22,757 / 0,41$$

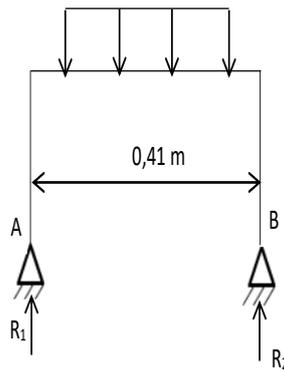
$$R_2 = 55,504 \text{ N}$$

4. Perhitungan diagram benda bebas pada titik 4

Pada titik pembebanan 4 ini, rangka menerima beban sebesar 27,601 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 270,765 N dan dengan panjang rangka 0,41 m. Adapun perhitungan *free body diagram* sebagai berikut [30]:

Diketahui : Gaya (F) = 270,765 N; Panjang (l) = 0,41 m

$$F = 270,765 \text{ N}$$



Gambar 4.16. Diagram Benda Bebas pada Titik 4

$$\sum M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,41 - 270,765 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0 \quad (4.4)$$

$$0,41 \cdot R_1 = 22,757$$

$$R_1 = 22,757 / 0,41$$

$$R_1 = 55,504 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,41 - 270,765 \cdot 0,41 \cdot 0,205 = 0$$

$$0,41 \cdot R_2 = 22,757$$

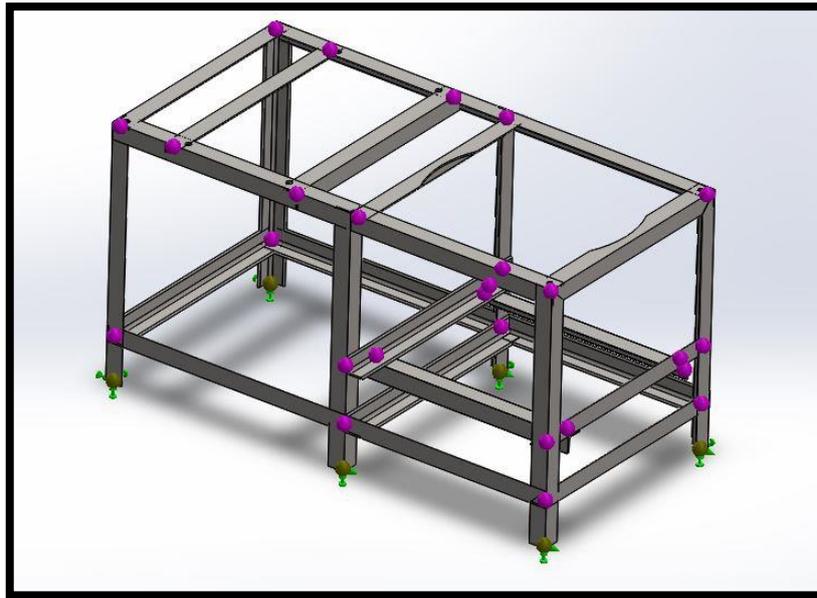
$$R_2 = 22,757 / 0,41$$

$$R_2 = 55,504 \text{ N}$$

Pada analisis rangka menggunakan *software*, dilakukan analisis pada dua sisi pembebanan yang berbeda. Beban kerja yang akan dibebankan pada rangka dihitung dari jumlah massa komponen yang ditopang rangka mesin dikalikan dengan percepatan gravitasi. Beban yang diterima rangka berbeda – beda pada setiap sisinya tergantung dengan berat komponen yang diterimanya. Analisis rangka ini menggunakan fitur *frame analysis* pada *software* Solidworks dengan beban massa yang sudah diperhitungkan bersumber dari mass properties pada Solidworks.

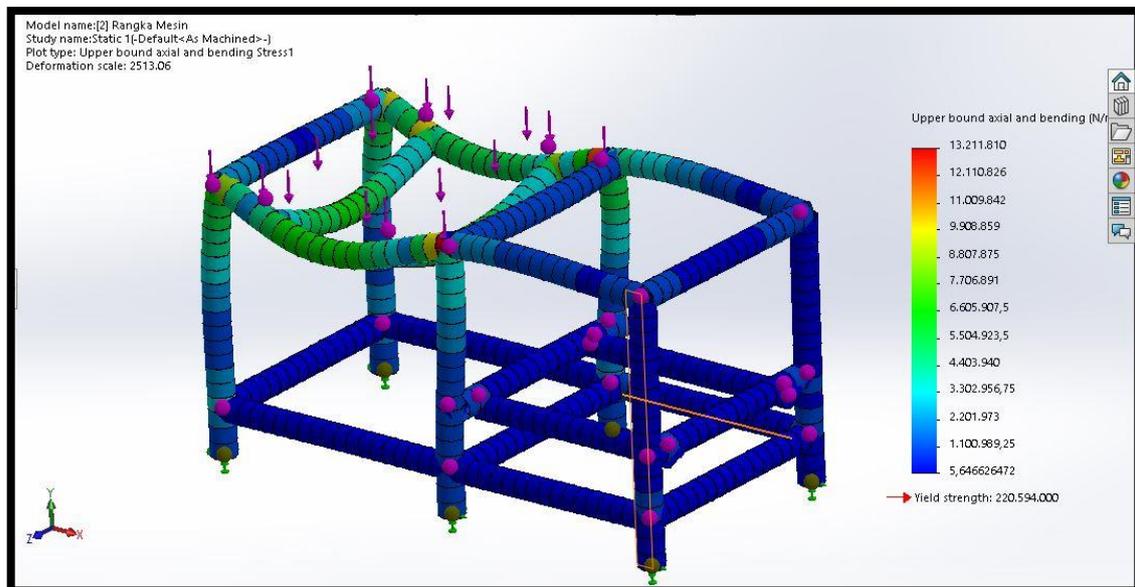
1. Analisis Rangka pada Sisi Pembebanan 1

Analisis pembebanan pada sisi 1 ini difokuskan pada bagian rangka yang menopang komponen seperti rangka motor, motor listrik, *pulley* kecil dan juga plat alas rangka. Pada langkah pertama, bagian kaki dari rangka di tentukan sebagai bagian yang tidak dapat bergerak dengan cara menentukan *fixture* pada keempat bagian kaki rangka.



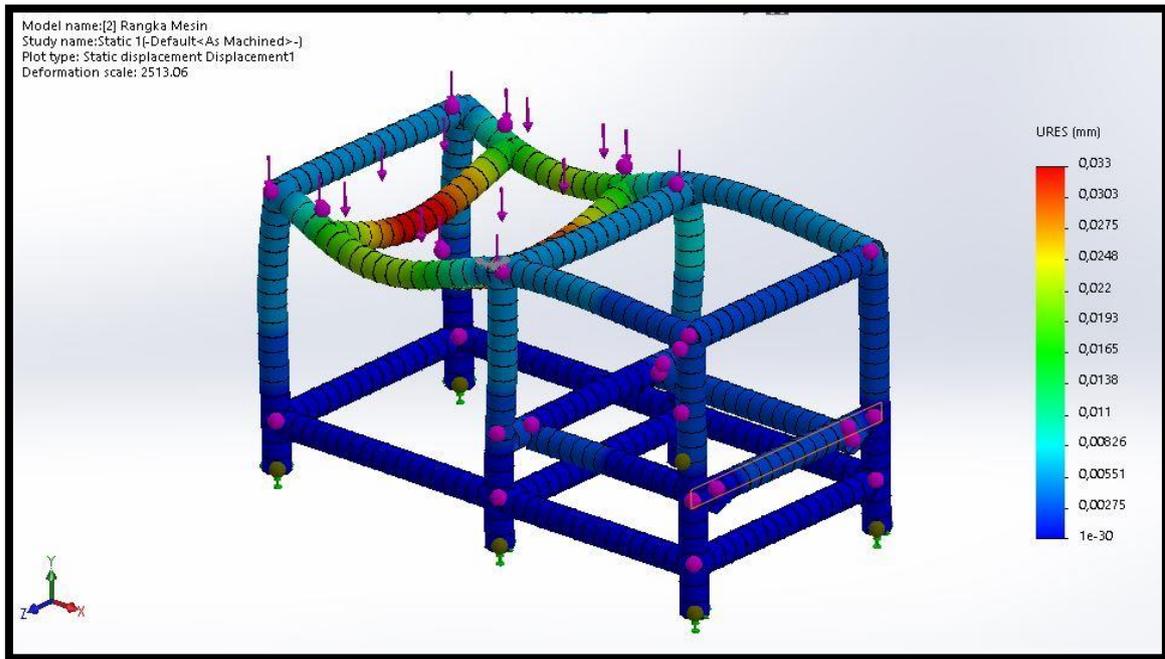
Gambar 4.17. Fixture pada Bagian Kaki Rangka

Kemudian dengan memberi pembebanan pada sisi yang menopang rangka motor serta motor listrik dengan gaya sebesar 119,407 N. Terlihat pada gambar 4.18 Bahwa tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar $13.211.810 \text{ N/m}^2$ atau senilai $13,211 \text{ MPa}$ dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar $5,646 \text{ N/m}^2$.



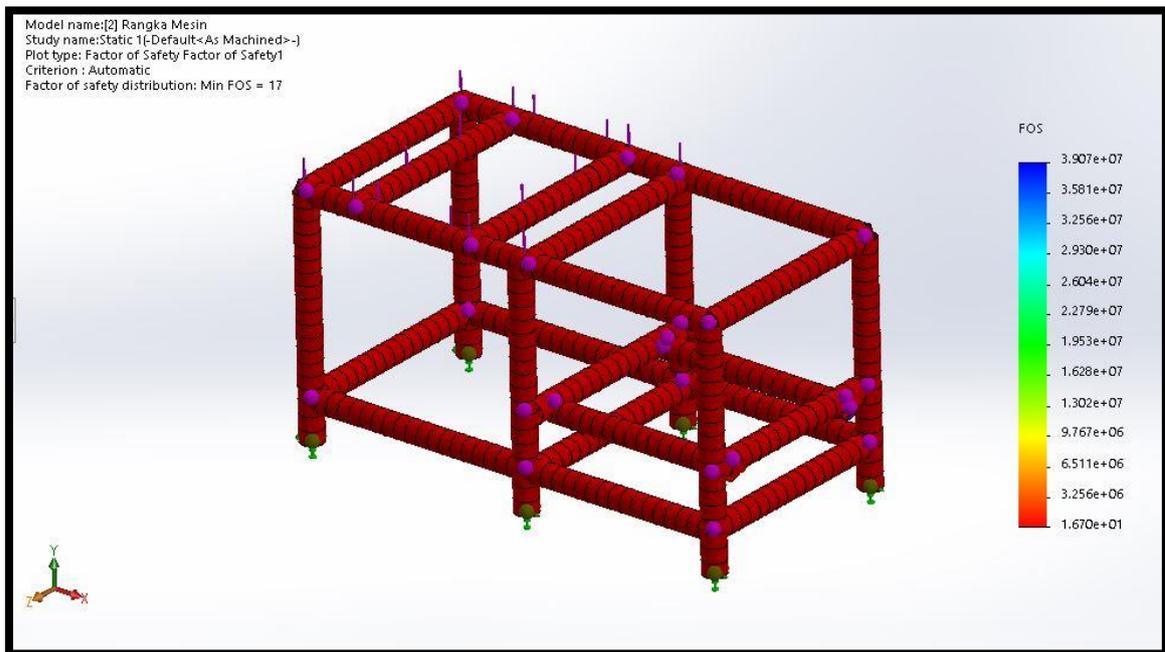
Gambar 4.18. Hasil Analisis Tegangan Rangka pada Sisi Pembebanan 1

Sementara itu, hasil analisis *displacement* menunjukkan bahwa *displacement* terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan area berwarna merah sebesar $0,033 \text{ mm}$.



Gambar 4.19. Displacement Rangka pada Sisi Pembebanan 1

Pada analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *Factor of Safety* distribusi minimum pada rangka yaitu senilai 17.



Gambar 4.20. *Factor of Safety* pada Sisi Pembebanan 1

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, *factor of safety* pada rangka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [30]:

$$SF = \text{yield strength} / \text{tegangan normal} \quad (4.5)$$

$$SF = 220,594 \text{ MPa} / 13,211 \text{ MPa} = 16,69$$

Semakin tinggi nilai *factor of safety* maka semakin aman suatu konstruksi rangka dan Sementara itu *allowable stress* atau tegangan yang diizinkan pada rangka dapat diketahui dengan persamaan berikut [30]:

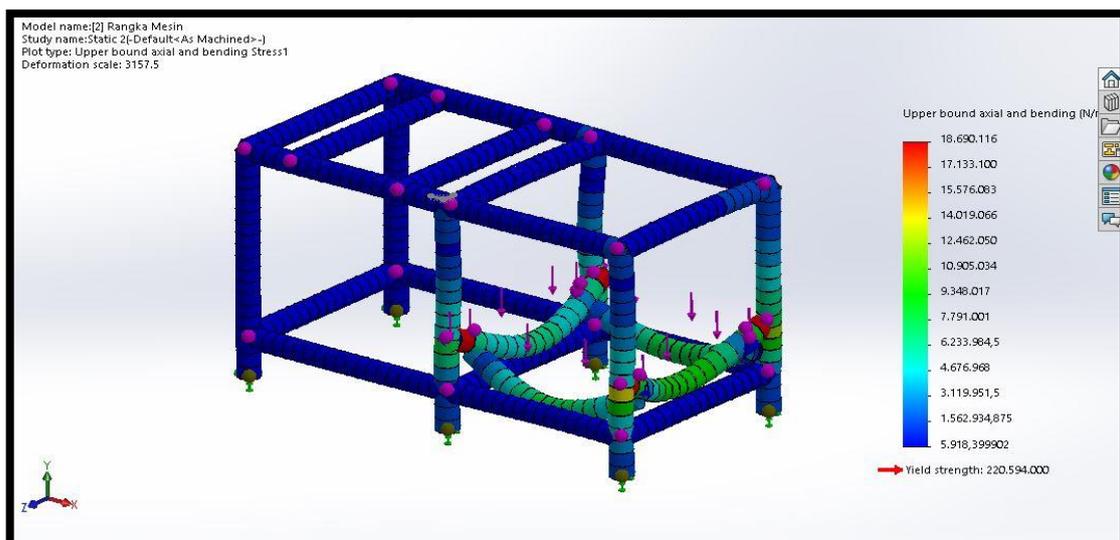
$$\text{Allowble Stress} = 0.75 \cdot \text{yield stress} \quad (4.6)$$

$$= 0.75 \cdot 13,211 \text{ MPa} = 9,908 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil analisis ini, tegangan terbesar yang terjadi pada sisi pembebanan 1 rangka ini masih belum melewati batas *yield strength* dari material rangka tersebut, sehingga dapat dipastikan pembebanan pada bagian ini masih aman.

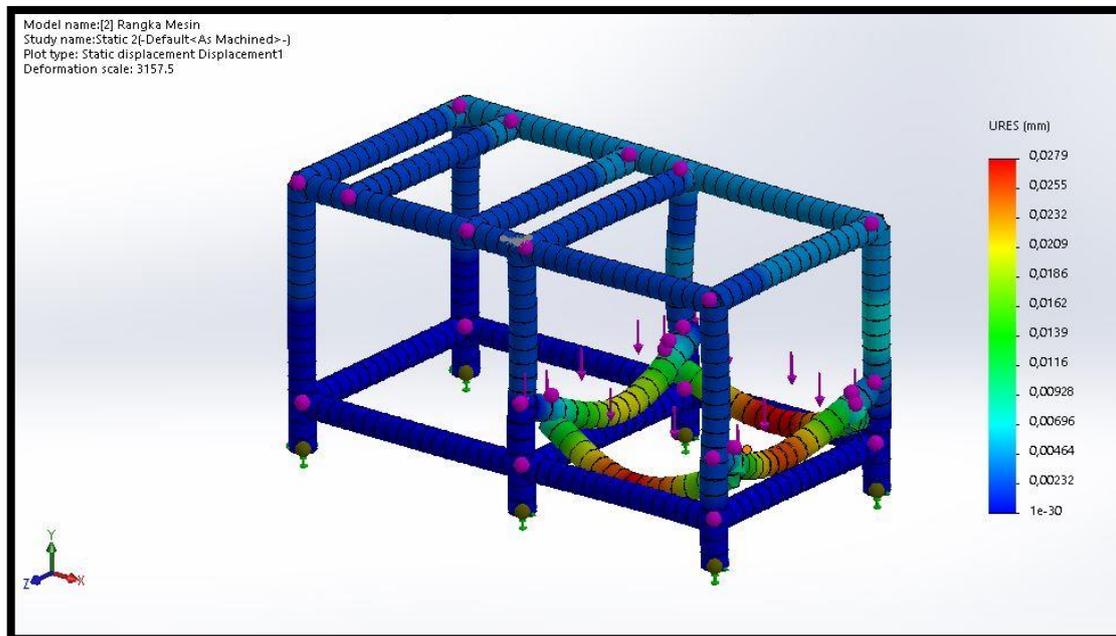
2. Analisis Rangka pada Sisi Pembebanan 2

Analisis pembebanan pada sisi 2 ini difokuskan pada bagian rangka yang menopang komponen seperti tabung pelebur, poros pengaduk, pipa, globe valve, tutup tabung, *bearing*, *pulley* besar, plat penahan, corong, cerobong asap, dan tutup corong. Kemudian dengan memberi pembebanan pada sisi 2 dengan gaya sebesar 270,765 N. Terlihat pada gambar 4. bahwa tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar 18.690.116 N/m² atau senilai 18,690 MPa dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar 5918,399 N/m².



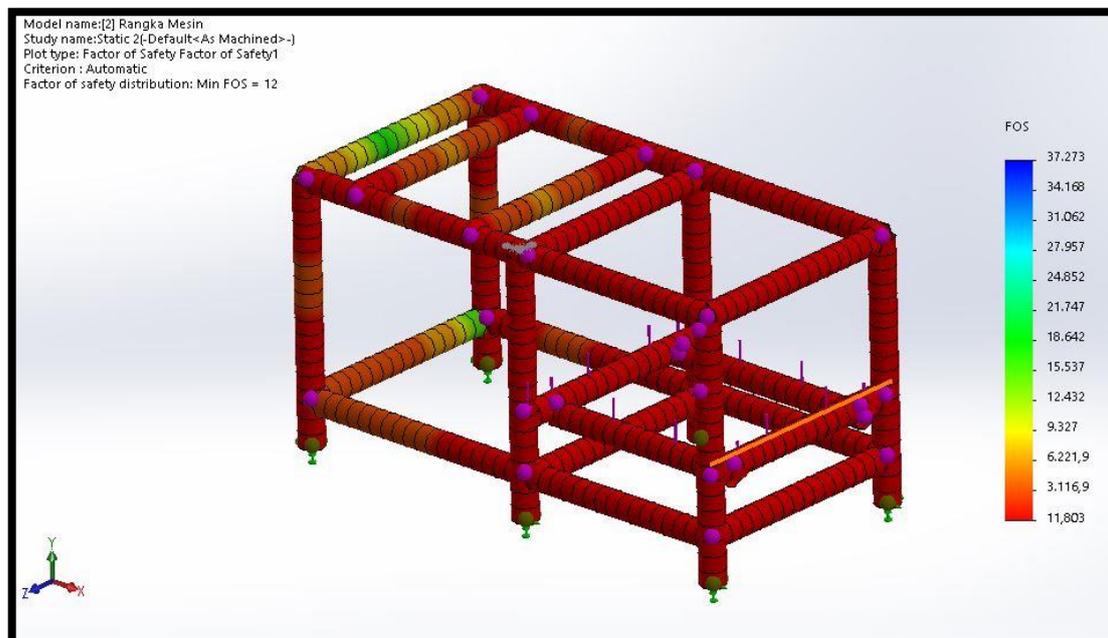
Gambar 4.21. Hasil Analisis Tegangan Rangka pada Sisi Pembebanan 2

Sementara itu, hasil analisis *displacement* menunjukkan bahwa *displacement* terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan area berwarna merah sebesar 0,027 mm.



Gambar 4.22. Displacement Rangka pada Sisi Pembebanan 2

Pada analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *Factor of Safety* distribusi minimum pada rangka yaitu senilai 12.



Gambar 4.23. *Factor of Safety* pada Sisi Pembebanan 2

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, *factor of safety* pada rangka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [30]:

$$SF = \text{yield strength} / \text{tegangan normal} \quad (4.7)$$

$$SF = 220,594 \text{ MPa} / 18,690 \text{ MPa} = 11,802$$

Semakin tinggi nilai *factor of safety* maka semakin aman suatu konstruksi rangka dan Sementara itu *allowable Stress* atau tegangan yang diizinkan pada rangka dapat diketahui dengan persamaan (4.2) pada halaman 81 sebagai berikut [30]:

$$\text{Allowable Stress} = 0.75 \cdot \text{yield stress} \quad (4.8)$$

$$= 0.75 \cdot 18,690 \text{ MPa} = 14,017 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil analisis ini, tegangan terbesar yang terjadi pada sisi pembebanan 2 rangka ini masih belum melewati batas *yield strength* dari material rangka tersebut, sehingga dapat dipastikan pembebanan pada bagian ini masih aman.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian terhadap perancangan mesin pelebur limbah plastik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam penelitian ini, digunakan metode perancangan Pahl & Beitz. Pada hasil perancangan konsepnya, varian desain 1 yang terpilih berdasarkan hasil pembobotan nilai dari kuesioner yang ditanggapi oleh 37 responden dengan nilai 4,04.
2. Pada perancangan detail yang telah dilakukan, didapatkan desain mesin pelebur limbah plastik dengan dimensi mesin pelebur limbah plastik secara keseluruhan yaitu dengan panjang 830 mm, lebar 410 mm dan tinggi 1200 mm. Sumber penggerak yang digunakan yaitu motor listrik dengan daya sebesar 1 HP atau 0,746 kW untuk memutar poros pengaduk. Kecepatan putaran penggerak sebesar 1330 rpm dan pada poros yang digerakkan sebesar 532 rpm. Poros pengaduk dirancang dengan menggunakan 4 *blade* dengan ketinggian 600 mm dan diameter pengaduk sebesar 310 mm.
3. Analisis rangka dilakukan dengan menggunakan fitur *frame analysis* pada *software* Solidworks terhadap 2 sisi rangka yang paling banyak menerima beban dari komponen. Pada analisis rangka pada sisi 1, diberikan gaya sebesar 119,407 N dengan tegangan terbesar yang terjadi yaitu sebesar 13.211.810 N/m² atau senilai 13,211 MPa. Pada analisis rangka pada sisi 2, gaya yang terjadi yaitu sebesar 270,765 N dan tegangan terbesar yang terjadi yaitu sebesar 18.690.116 N/m² atau senilai 18,690 MPa.

5.2. Saran

Dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan mesin ini ke depannya yaitu :

1. Dalam pengembangan desain ke depannya, ada baiknya pembuatan desain lebih sederhana agar mudah dipahami orang secara umum.

2. Dalam proses pengerjaannya, ada baiknya apabila desain mesin disesuaikan dengan kondisi proses produksinya.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Pratikto, “Beton Ringan ber-agregat Limbah botol plastik jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate),” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2010.
- [2] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, “Production, use, and fate of all plastics ever made,” *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1126/sciadv.1700782.
- [3] J. R. Jambeck, Q. Ji, Y.-G. Zhang, D. Liu, D. M. Grossnickle, and Z.-X. Luo, “Plastic waste inputs from land into the ocean,” *Science (80-.)*, vol. 347, no. 6223, pp. 764–768, 2015, doi: 10.1126/science.1260879.
- [4] R. S. Nasution, “Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik,” *J. Islam. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 97–104, 2015.
- [5] Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, “Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2018,” *Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2018*, 2018. [Online]. Available : <https://jakarta.bps.go.id/publication/2018/08/16/67d90391b7996f51d1c625c4/provinsi-dki-jakarta-dalam-angka-2018.html> [Diakses 25 Juli 2020].
- [6] SNI 03-0691-1996, “Bata Beton (Paving Block),” *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1–9, 1996. 27 Juli 2017. [Online]. Available : <http://puskim.pu.go.id/wp-content/uploads/2017/07/SNI-03-0691-1996.pdf>
- [7] M. Chavan, S. Tamhane, S. Chavan, and R. Phuge, “Manufacturing of pavement block by using waste plastic and sea sand,” *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 4354–4359, 2019, doi: 10.15680/IJIRSET.2019.0804114.
- [8] KAVIANY, Maasoud. *Principles of heat transfer in porous media*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [9] D. Sellakutty and A. Professor, “Utilisation of Waste Plastic in Manufacturing of Bricks and Paver Blocks,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 11, no. 3, pp. 364–368, 2016.
- [10] R. Siregar, Y. Chan, Y. Herdiansyah, and T. Nurdiansyah, “Korelasi Besar Temperatur Pemanasan Cetakan terhadap Kualitas Hasil Press Paving Block Berbahan Dasar Sampah Plastik,” *FLYWHEEL J. Tek. MESIN UNTIRTA*, vol. V, no. 1, pp. 41–45, 2019.
- [11] N. Karuniastuti, “Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan,” *Swara Patra Maj. Pusdiklat Migas*, vol. 3, no. 1, pp. 6–14, 2013.
- [12] H. Dargo Beyene, “Recycling of Plastic Waste into Fuels, a Review,” *Int. J. Sci. Technol. Soc.*, vol. 2, no. 6, p. 190, 2014, doi: 10.11648/j.ijsts.20140206.15.

- [13] B. Soebandono, A. Pujiyanto, and D. Kurniawan, "Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 76–82, 2013.
- [14] I. Okatama, "Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (Pet) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 3, p. 20, 2017, doi: 10.22441/jtm.v5i3.1213.
- [15] D. Iswadi, F. Nurisa, and E. Liastuti, "Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis," *J. Ilm. Tek. Kim. UNPAM*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [16] B. Shanmugavalli, K. Gowtham, P. Jeba Nalwin, and B. Eswara Moorthy, "Reuse of Plastic Waste in Paver Blocks," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V6, no. 02, pp. 313–315, 2017, doi: 10.17577/ijertv6is020162.
- [17] R. Ardiansyah, R. Nur, and K. Kunci, "Rancang-Bangun Sistem Pengaduk Adonan Dodol dengan Kecepatan Konstan dan Torsi Adaptif," *J. EECCIS*, vol. 7, no. 1, pp. 71–76, 2013.
- [18] Z. Berk, *FOOD PROCESS ENGINEERING AND TECHNOLOGY*. Academic Press, 2018.
- [19] N. Evalina and A. A. Zulfikar, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2018.
- [20] HERMAN, Stephen L. *Electric motor control*. Cengage Learning, 2014.
- [21] KHURMI, R. S.; GUPTA, J. K. *A textbook of machine design*. Eurasia, 2005.
- [22] MOTT, Robert L.; TANG, John. *Machine elements in mechanical design*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [23] R. B. Randall and J. Antoni, "Rolling element bearing diagnostics-A tutorial," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 25, no. 2, pp. 485–520, 2011, doi: 10.1016/j.ymssp.2010.07.017.
- [24] A. Sofyan, J. Glusevic, A. J. Zulfikar, and B. Umroh, "Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Apdl 15.0," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 1, p. 20, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i1.2417.
- [25] M. Abubakar, "Design dan Analisis Statik Rangka Chassis Square Bar dengan FEM," *Mesin*, vol. 26, no. 2, pp. 102–111, 2017, doi: 10.5614/mesin.2017.26.2.5.
- [26] W. Sugandi, A. Yusuf, and M. Saukat, "Desain Dan Uji Kinerja Mesin Pencacah

- Rumput Gajahtipe Reel,” *J. Teknotan*, vol. 10, no. 1, pp. 52–60, 2016, doi: 10.24198/jt.vol10n1.8.
- [27] LOMBARD, Matt. *Mastering SolidWorks*. John Wiley & Sons, Incorporated, 2018.
- [28] PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. *Engineering design: a systematic approach*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [29] Iqbal R Pamungkas, B. Sulaksono, M. Munandar, A. Suwandi, and M. F. Fajar, “Perancangan Mesin Tube Notcher Menggunakan Metode G. Pahl dan W. Beitz,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 20–32, 2019, doi: 10.35814/teknobiz.v9i2.536.
- [30] BEER, F. P.; RUSSELL JOHNSTON, E. *Mechanics of materials*. The McGraw-Hill. 2012.

LAMPIRAN 1

[KUESIONER PERANCANGAN KONSEP]

KUESIONER DAFTAR PERSYARATAN

Dalam melakukan perancangan mesin pelebur limbah plastik menjadi paving block dibutuhkan kesesuaian antara kebutuhan dan keinginan dari masyarakat pada umumnya terhadap realisasi perancangannya. Oleh sebab itu dalam pelaksanaannya dibutuhkan tanggapan masyarakat pada umumnya untuk menentukan apa yang memang dibutuhkan pada mesin tersebut ataupun apa yang diharapkan ada pada mesin tersebut. Kuesioner ini dibuat dengan tujuan dalam merealisasikan perancangan mesin pelebur limbah plastik menjadi paving block. Oleh karena itu, kami memerlukan masukan dari Bapak/Ibu/Sdr/I demi kesempurnaan perancangan mesin ini.

Petunjuk pengisian :

Bapak/Ibu/Sdr/I di minta untuk menuliskan jawaban atas beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan keinginan Bapak/Ibu/Sdr/i terhadap perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik dengan memilih pada salah satu jawaban yang tersedia sesuai penilaian anda. Terdapat dua pilihan jawaban pada pertanyaan yang tersedia, yaitu pilihan keinginan/wish (W) dan kebutuhan/demand (D). Cara pengisian kuesioner ini yaitu dengan mengisi kolom dengan tanda ceklis (✓).

| No | Aspek Perancangan | Persyaratan | Tingkat Kebutuhan | |
|----|-------------------|--|-------------------|---|
| | | | D | W |
| 1 | Energi | Daya motor listrik minimal 0,5 HP | | |
| | | Suhu energi panas berkisar 150°C - 200°C | | |
| 2 | Gaya | Gaya sentrifugal mixer sesuai dengan kebutuhan | | |
| | | Gaya kalor yang dihasilkan mampu melebur plastik | | |
| 3 | Geometri | Konstruksi rangka dapat menahan beban 30 kg | | |
| | | Bentuk serta tampilan mesin yang sederhana | | |

| | | | | |
|----|--------------|--|--|--|
| | | | | |
| 4 | Ergonomi | Mudah dalam pengoperasiannya | | |
| | | Kenyamanan dalam pengoperasiannya | | |
| 5 | Material | Material yang digunakan tidak mudah korosi | | |
| | | Material yang digunakan bersifat tahan panas | | |
| 6 | Aplikasi | Pemakaian alat dalam jangka waktu lama | | |
| | | Mesin bersifat ramah lingkungan | | |
| 7 | Keamanan | Mesin aman ketika dioperasikan | | |
| | | Poros mixer ditutup saat beroperasi | | |
| 8 | Transportasi | Mesin dapat dibawa kemana - mana | | |
| | | Mesin bersifat ringan | | |
| 9 | Sinyal | Sinyal untuk memutar poros mixer | | |
| 10 | Kinematik | Sistem transmisi yang tidak mudah slip | | |
| | | Sistem transmisi dapat mengurangi putaran | | |
| 11 | Perakitan | Proses perakitan mesin yang mudah | | |
| | | Perakitan mesin dapat dilakukan dengan cepat | | |
| 12 | Perawatan | Perawatan yang mudah | | |
| | | Biaya perawatan yang terjangkau | | |

KUSEIONER PEMILIHAN VARIAN

Kami Mahasiswa Diploma Tiga Teknik Mesin Universitas Pancasila sedang melakukan penelitian mengenai perancangan produk "Mesin Pelebur Limbah Plastik menjadi Paving Block". Mesin pelebur limbah plastik yang kami rancang merupakan sebuah mesin yang berfungsi melebur limbah - limbah plastik tidak terpakai menjadi suatu produk berupa paving block berbahan dasar plastik. Perancangan konsep mesin ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pasar pada umumnya. Terdapat 3 varian desain mesin yang berbeda baik dari segi teknis maupun visualnya. Oleh karena itu, kami memerlukan masukan dari Bapak/Ibu/Sdr/I demi kesempurnaan mesin ini.

Petunjuk pengisian :

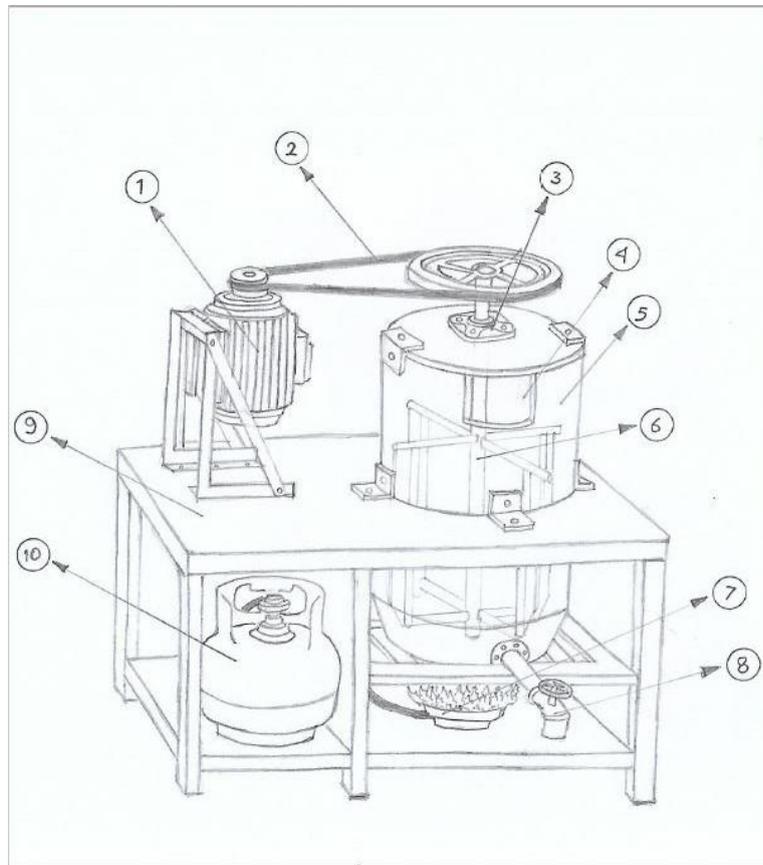
Bapak/Ibu/Sdr/I di minta untuk menuliskan jawaban atas beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan keinginan Bapak/Ibu/Sdr/i terhadap perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik dengan memilih pada salah satu jawaban yang tersedia sesuai penilaian anda.

Berikut adalah kriteria kuesioner :

- Skor 1 : Tidak baik
- Skor 2 : Kurang baik
- Skor 3 : Cukup baik
- Skor 4 : Baik
- Skor 5 : Sangat baik

| | |
|-----------|--|
| Nama : | |
| Usia : | |
| Profesi : | |

DESAIN VARIAN 1



Daftar Komponen Mesin :

1. Motor listrik arus AC Daya 0,5 HP
2. Transmisi Pulley - Belt
3. Bearing
4. Corong Masuk
5. Tabung Pelebur
6. Poros Mixer
7. Tungku Pelebur
8. Valve 3/4"
9. Rangka Mesin
10. Tabung Gas

PENJELASAN KONSEP DESAIN VARIAN 1 :

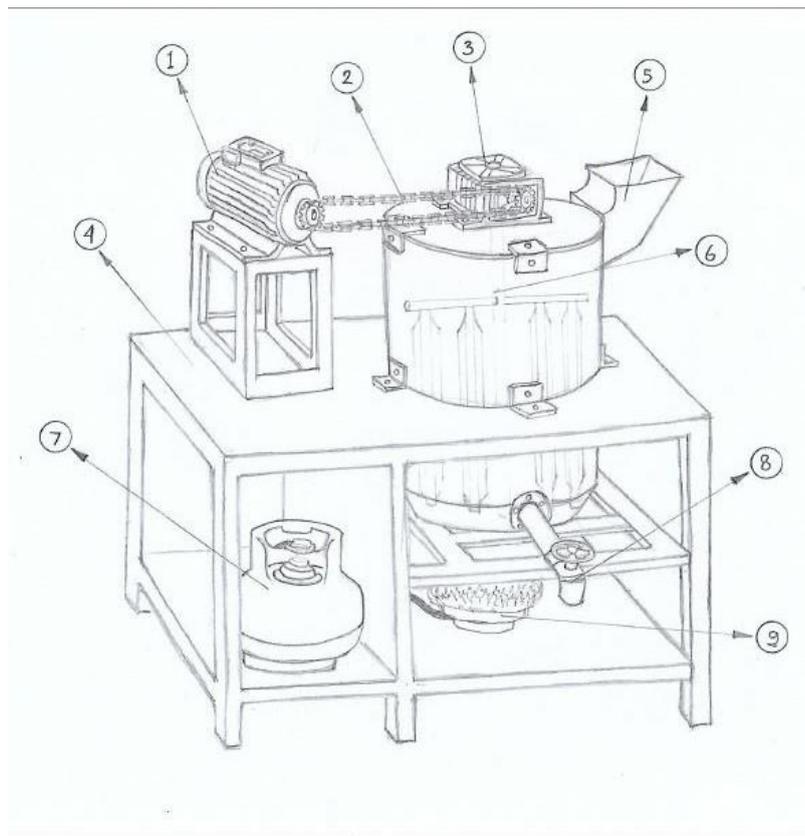
1. Sumber energy penggerak berasal dari motor listrik dengan daya 0,5 HP
2. Penggunaan pulley belt sebagai sistem transmisi penggerak
3. Putaran dari motor penggerak direduksi dengan menggunakan rasio pulley
4. Poros dan blade pengaduk berbentuk menyilang dengan 4 blade

PENJELASAN LANGKAH PENGGUNAAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK

5. Pada konsep perancangan mesin ini, langkah dalam penggunaan mesin pelebur limbah plastik ini yaitu :
6. Pertama-tama operator memasukkan limbah plastik dan bahan - bahan lainnya yang dibutuhkan ke dalam corong yang tersedia pada tabung pelebur.
7. Kemudian operator akan menyalakan tungku pelebur untuk memanaskan tabung.
8. Operator juga akan menyalakan motor listrik untuk menggerakkan mekanisme mixer di dalam tabung pelebur dengan tujuan campuran plastik di dalam tabung dapat tercampur rata.
9. Terakhir operator akan mematikan mesin dan kemudian mengeluarkan material plastik cair melalui valve untuk kemudian dituang ke dalam cetakan paving block.

| No. | Kriteria Penilaian | Bobot Penilaian | | | | |
|-----|----------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Kemudahan Operasi Mesin | | | | | |
| 2 | Keamanan Operasi Mesin | | | | | |
| 3 | Kemudahan Perawatan Mesin | | | | | |
| 4 | Ketahanan Rangka Mesin | | | | | |
| 5 | Ketersediaan Komponen di Pasaran | | | | | |
| 6 | Mekanisme Mesin Sederhana | | | | | |
| 7 | Kemudahan Perakitan Mesin | | | | | |
| 8 | Biaya Perakitan Mesin Terjangkau | | | | | |
| 9 | Kinerja Mesin yang Baik | | | | | |
| 10 | Mesin yang Ramah Lingkungan | | | | | |
| 11 | Dapat Mudah Dipindahkan | | | | | |
| 12 | Kapasitas Mesin Memadai | | | | | |

DESAIN VARIAN 2



Daftar Komponen Mesin :

1. Motor Listrik Arus AC Daya 1 HP
2. Transmisi sproket - rantai
3. Gearbox (Reducer)
4. Rangka Mesin
5. Corong Masuk
6. Poros Mixer
7. Tabung Gas
8. Valve 3/4"
9. Tungku Pelebur

PENJELASAN KONSEP DESAIN VARIAN 2 :

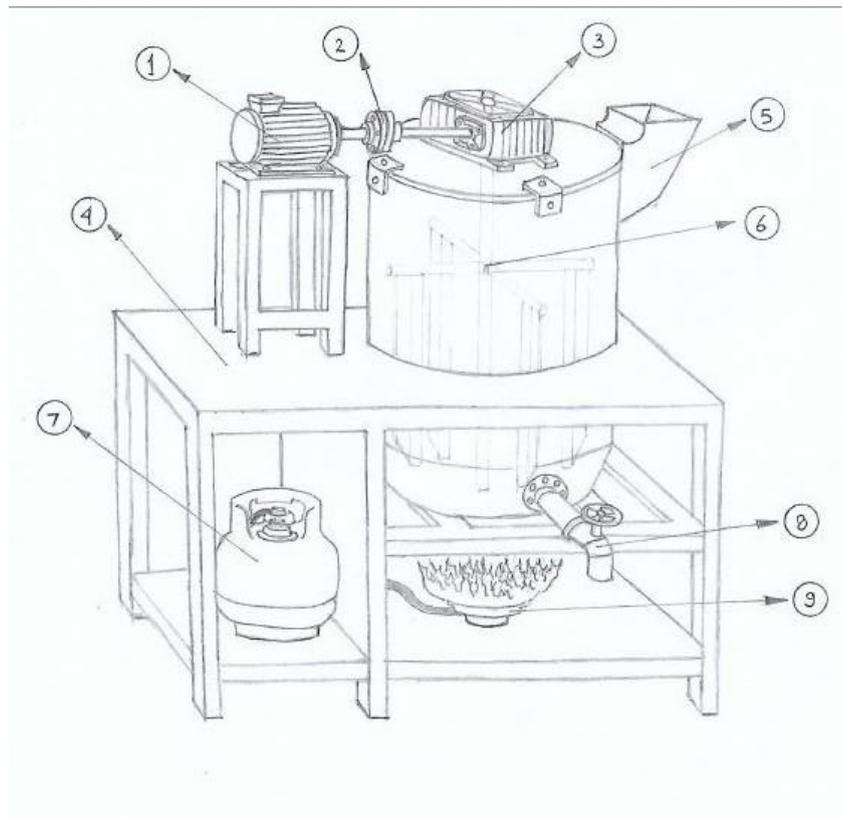
1. Sumber energy penggerak berasal dari motor listrik dengan daya 1 HP
2. Penggunaan sprocket chain sebagai sistem transmisi penggerak
3. Putaran dari motor penggerak direduksi dengan menggunakan gearbox (reducer)
4. Poros dan blade pengaduk berbentuk sejajar dengan 4 blade

PENJELASAN LANGKAH PENGGUNAAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK

5. Pada konsep perancangan mesin ini, langkah dalam penggunaan mesin pelebur limbah plastik ini yaitu :
6. Pertama-tama operator memasukkan limbah plastik dan bahan - bahan lainnya yang dibutuhkan ke dalam corong yang tersedia pada tabung pelebur.
7. Kemudian operator akan menyalakan tungku pelebur untuk memanaskan tabung.
8. Operator juga akan menyalakan motor listrik untuk menggerakkan mekanisme mixer di dalam tabung pelebur dengan tujuan campuran plastik di dalam tabung dapat tercampur rata.
9. Terakhir operator akan mematikan mesin dan kemudian mengeluarkan material plastik cair melalui valve untuk kemudian dituang ke dalam cetakan paving block.

| No. | Kriteria Penilaian | Bobot Penilaian | | | | |
|-----|----------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Kemudahan Operasi Mesin | | | | | |
| 2 | Keamanan Operasi Mesin | | | | | |
| 3 | Kemudahan Perawatan Mesin | | | | | |
| 4 | Ketahanan Rangka Mesin | | | | | |
| 5 | Ketersediaan Komponen di Pasaran | | | | | |
| 6 | Mekanisme Mesin Sederhana | | | | | |
| 7 | Kemudahan Perakitan Mesin | | | | | |
| 8 | Biaya Perakitan Mesin Terjangkau | | | | | |
| 9 | Kinerja Mesin yang Baik | | | | | |
| 10 | Mesin yang Ramah Lingkungan | | | | | |
| 11 | Dapat Mudah Dipindahkan | | | | | |
| 12 | Kapasitas Mesin Memadai | | | | | |

DESAIN VARIAN 3



Daftar Komponen Mesin :

1. Motor Listrik Arus AC Daya 1 HP
2. Transmisi Kopling Flens - Poros
3. Gearbox (Reducer)
4. Rangka Mesin
5. Corong Masuk
6. Poros Mixer
7. Tabung Gas
8. Valve 3/4"
9. Tungku Pelebur

PENJELASAN KONSEP DESAIN VARIAN 3 :

1. Sumber energy penggerak berasal dari motor listrik dengan daya 1 HP
2. Penggunaan kopling flens sebagai sistem transmisi penggerak
3. Putaran dari motor penggerak direduksi dengan menggunakan gearbox (reducer)
4. Poros dan blade pengaduk berbentuk menyilang dengan 4 blade

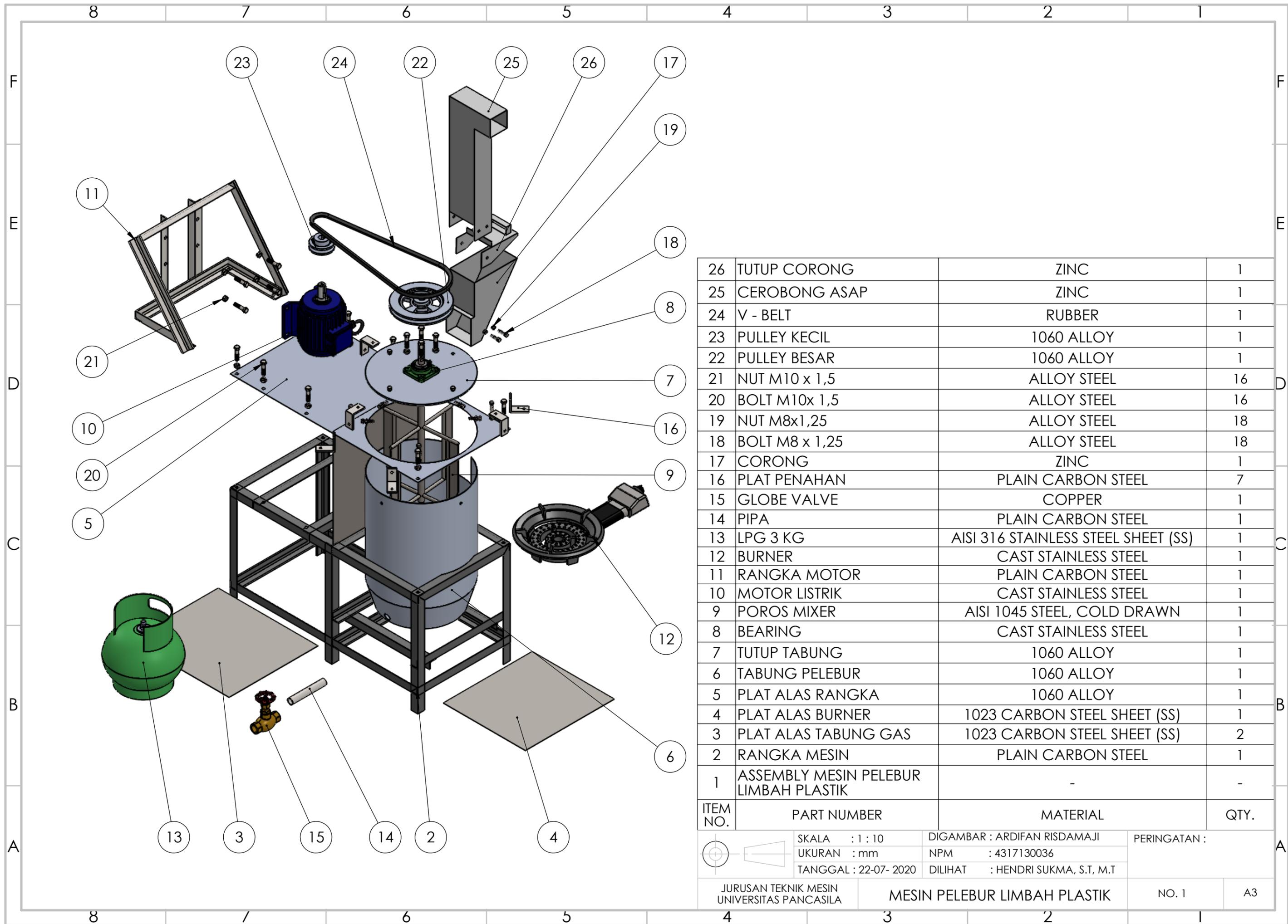
PENJELASAN LANGKAH PENGGUNAAN MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK

5. Pada konsep perancangan mesin ini, langkah dalam penggunaan mesin pelebur limbah plastik ini yaitu :
6. Pertama-tama operator memasukkan limbah plastik dan bahan - bahan lainnya yang dibutuhkan ke dalam corong yang tersedia pada tabung pelebur.
7. Kemudian operator akan menyalakan tungku pelebur untuk memanaskan tabung.
8. Operator juga akan menyalakan motor listrik untuk menggerakkan mekanisme mixer di dalam tabung pelebur dengan tujuan campuran plastik di dalam tabung dapat tercampur rata.
9. Terakhir operator akan mematikan mesin dan kemudian mengeluarkan material plastik cair melalui valve untuk kemudian dituang ke dalam cetakan paving block.

| No. | Kriteria Penilaian | Bobot Penilaian | | | | |
|-----|----------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Kemudahan Operasi Mesin | | | | | |
| 2 | Keamanan Operasi Mesin | | | | | |
| 3 | Kemudahan Perawatan Mesin | | | | | |
| 4 | Ketahanan Rangka Mesin | | | | | |
| 5 | Ketersediaan Komponen di Pasaran | | | | | |
| 6 | Mekanisme Mesin Sederhana | | | | | |
| 7 | Kemudahan Perakitan Mesin | | | | | |
| 8 | Biaya Perakitan Mesin Terjangkau | | | | | |
| 9 | Kinerja Mesin yang Baik | | | | | |
| 10 | Mesin yang Ramah Lingkungan | | | | | |
| 11 | Dapat Mudah Dipindahkan | | | | | |
| 12 | Kapasitas Mesin Memadai | | | | | |

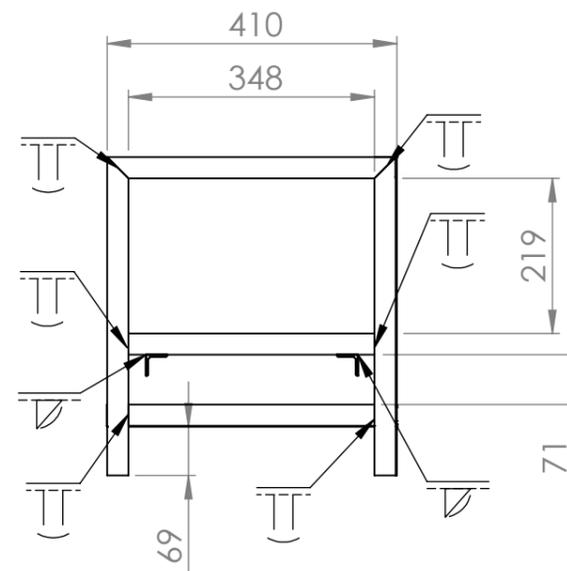
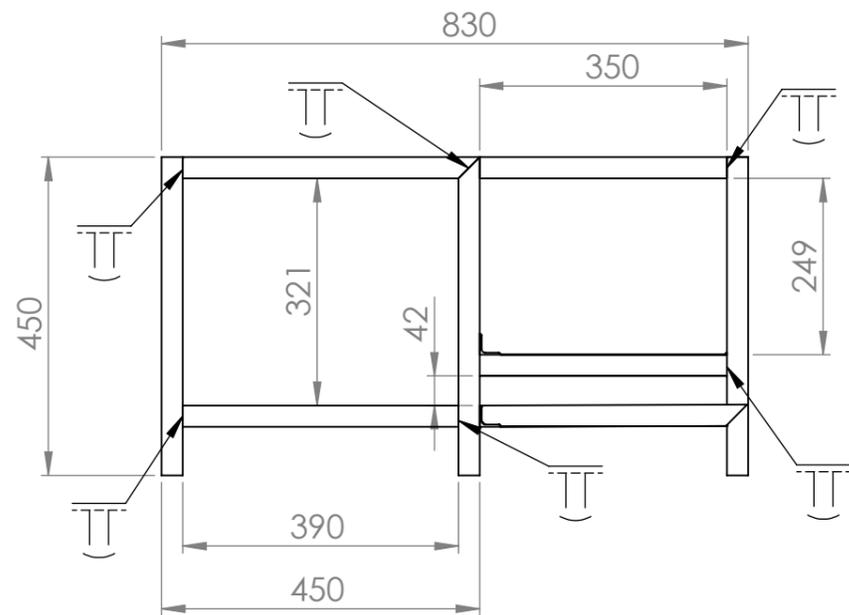
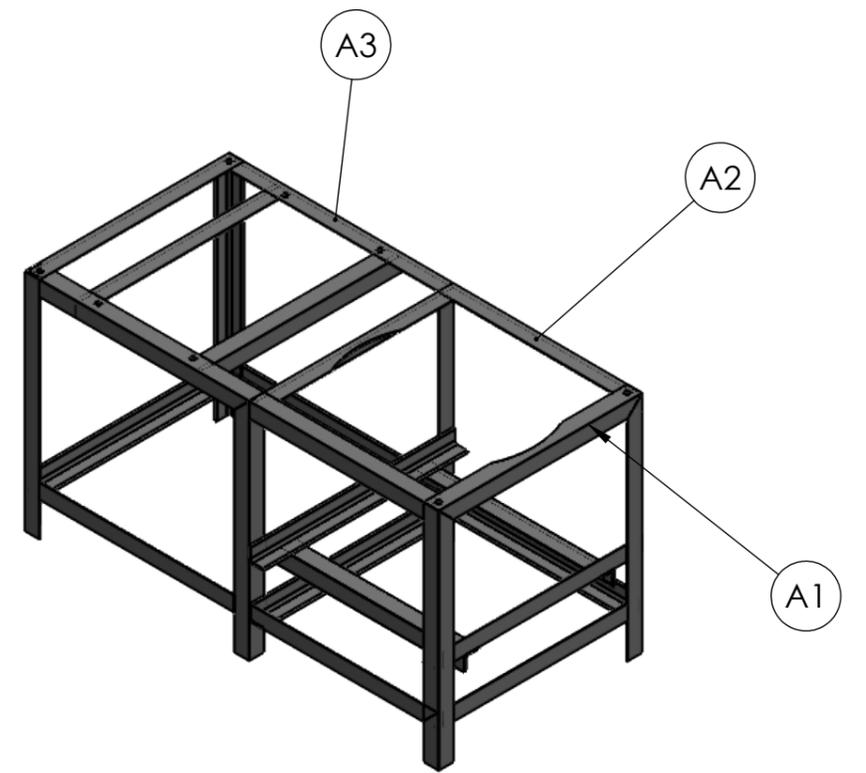
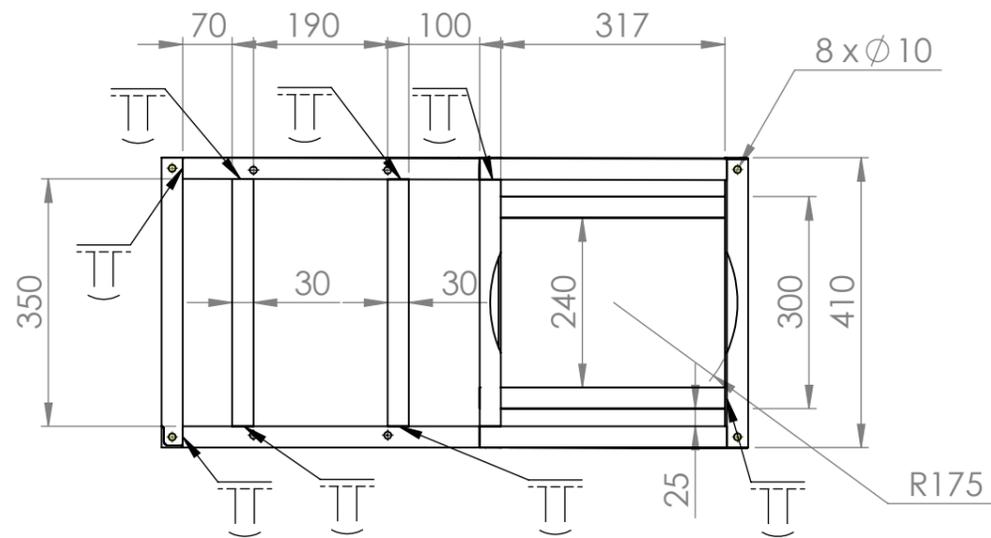
LAMPIRAN 2

[GAMBAR TEKNIK]



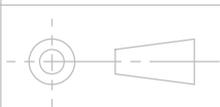
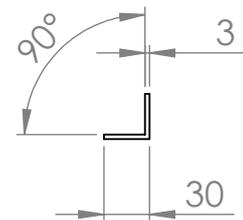
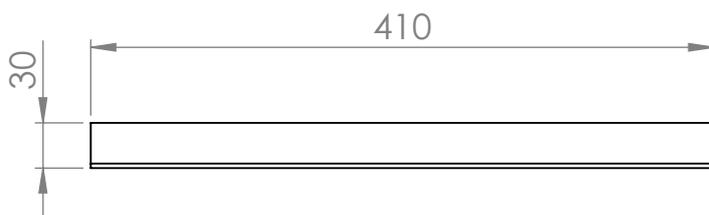
| | | | |
|----|---------------------------------------|-------------------------------------|----|
| 26 | TUTUP CORONG | ZINC | 1 |
| 25 | CEROBONG ASAP | ZINC | 1 |
| 24 | V - BELT | RUBBER | 1 |
| 23 | PULLEY KECIL | 1060 ALLOY | 1 |
| 22 | PULLEY BESAR | 1060 ALLOY | 1 |
| 21 | NUT M10 x 1,5 | ALLOY STEEL | 16 |
| 20 | BOLT M10x 1,5 | ALLOY STEEL | 16 |
| 19 | NUT M8x1,25 | ALLOY STEEL | 18 |
| 18 | BOLT M8 x 1,25 | ALLOY STEEL | 18 |
| 17 | CORONG | ZINC | 1 |
| 16 | PLAT PENAHAN | PLAIN CARBON STEEL | 7 |
| 15 | GLOBE VALVE | COPPER | 1 |
| 14 | PIPA | PLAIN CARBON STEEL | 1 |
| 13 | LPG 3 KG | AISI 316 STAINLESS STEEL SHEET (SS) | 1 |
| 12 | BURNER | CAST STAINLESS STEEL | 1 |
| 11 | RANGKA MOTOR | PLAIN CARBON STEEL | 1 |
| 10 | MOTOR LISTRIK | CAST STAINLESS STEEL | 1 |
| 9 | POROS MIXER | AISI 1045 STEEL, COLD DRAWN | 1 |
| 8 | BEARING | CAST STAINLESS STEEL | 1 |
| 7 | TUTUP TABUNG | 1060 ALLOY | 1 |
| 6 | TABUNG PELEBUR | 1060 ALLOY | 1 |
| 5 | PLAT ALAS RANGKA | 1060 ALLOY | 1 |
| 4 | PLAT ALAS BURNER | 1023 CARBON STEEL SHEET (SS) | 1 |
| 3 | PLAT ALAS TABUNG GAS | 1023 CARBON STEEL SHEET (SS) | 2 |
| 2 | RANGKA MESIN | PLAIN CARBON STEEL | 1 |
| 1 | ASSEMBLY MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK | - | - |

| ITEM NO. | PART NUMBER | MATERIAL | QTY. |
|---|----------------------|----------------------------------|--------------|
| | SKALA : 1 : 10 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA, S.T, M.T | |
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | | MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK | NO. 1 |
| | | | A3 |



| 3 | A3 | 30 x 30 x 3, LENGTH = 450 mm | 10 |
|----------|-------------|------------------------------|------|
| 2 | A2 | 30 x 30 x 3, LENGTH = 380 mm | 6 |
| 1 | A1 | 30 x 30 x 3, LENGTH = 410 mm | 10 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | DESCRIPTION | QTY. |

| | | | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------|----|
| | SKALA : 1 : 10 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : BESI SIKU 30 x 30 x 3 | | |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | | | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA, S.T, M.T | | | |
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | | RANGKA MESIN | | NO. 2 | A3 |



| | |
|----------------------|----------------------------------|
| SKALA : 1:5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI |
| UKURAN : mm | NPM : 4317130036 |
| TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T |

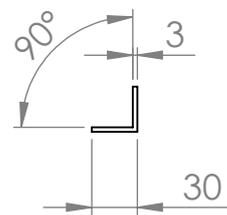
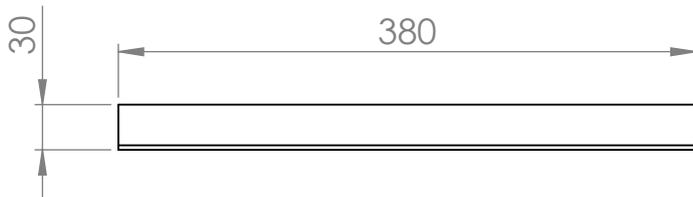
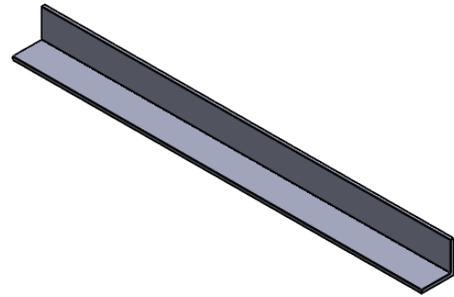
PERINGATAN :
THICKNESS = 3 mm

JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS PANCASILA

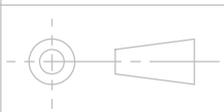
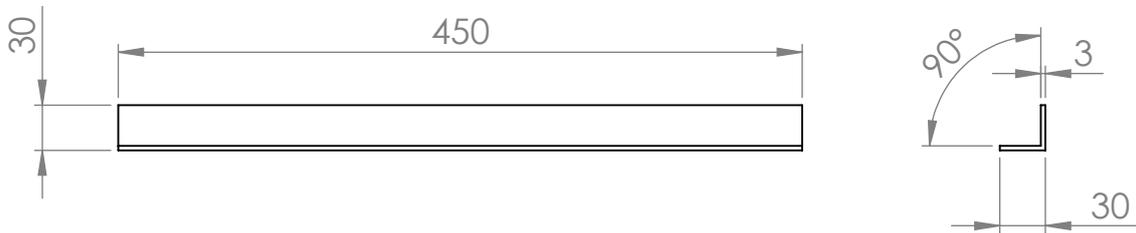
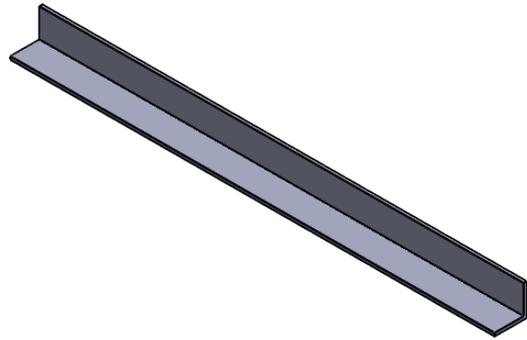
BESI SIKU 30 x 30 x 3 (A1)

NO. A1 (2)

A4



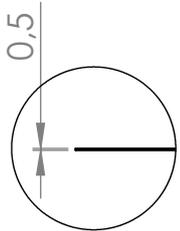
| | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----|
| | SKALA : 1:5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : THICKNESS = 3 mm | |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T | | |
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | BESI SIKU 30 x 30 x 3 (A2) | | NO. A2 (2) | A4 |



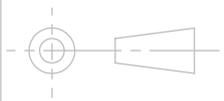
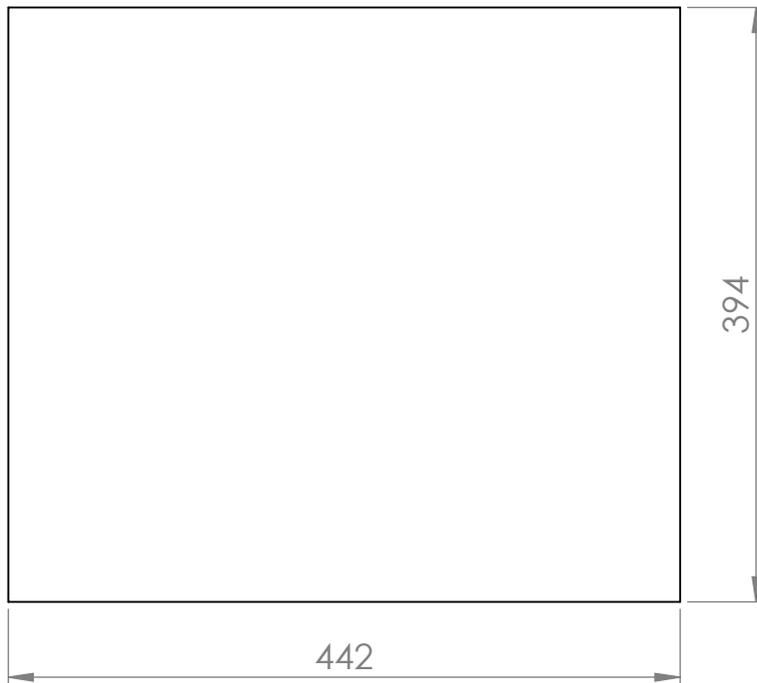
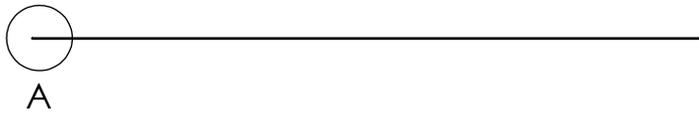
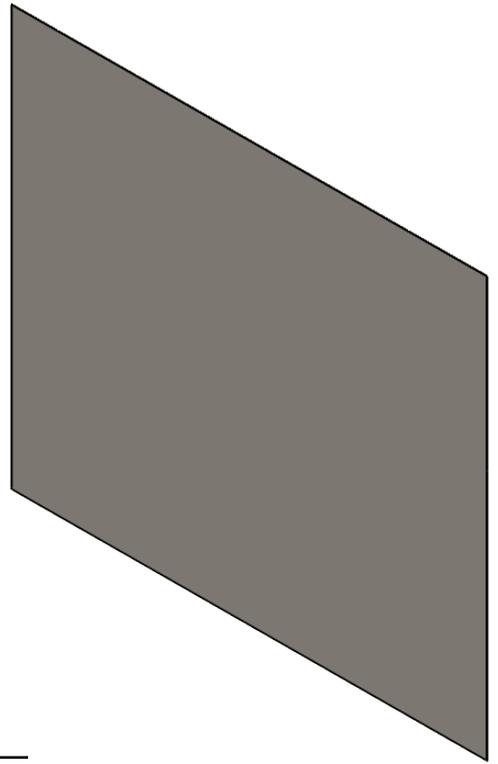
| | |
|----------------------|----------------------------------|
| SKALA : 1:5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI |
| UKURAN : mm | NPM : 4317130036 |
| TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T |

PERINGATAN :
THICKNESS = 3 mm

| | | | |
|---|----------------------------|------------|----|
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | BESI SIKU 30 x 30 x 3 (A3) | NO. A3 (2) | A4 |
|---|----------------------------|------------|----|



DETAIL A
SCALE 1 : 2



SKALA : 1:5

UKURAN : mm

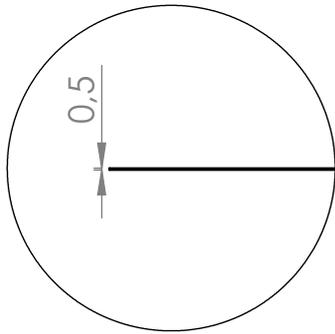
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI

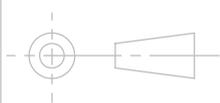
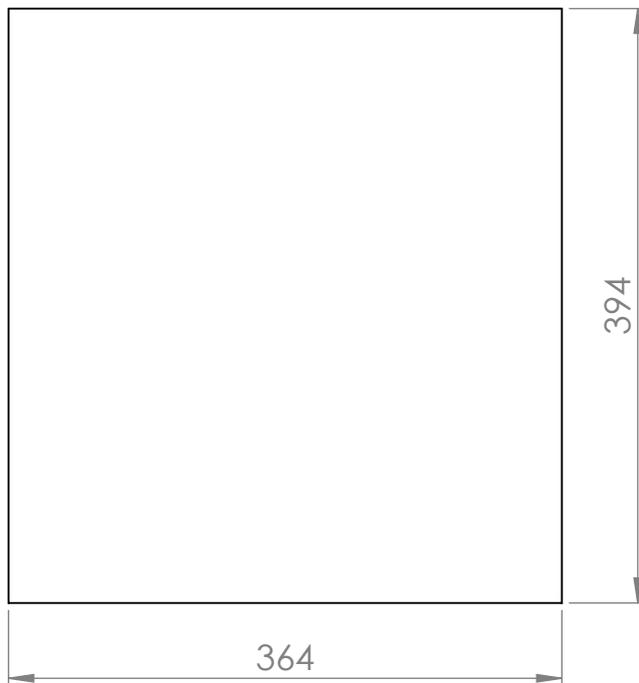
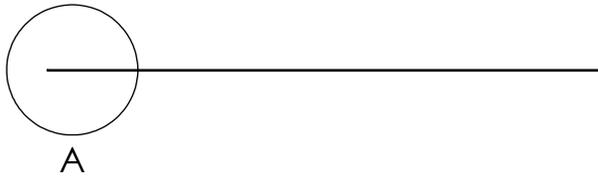
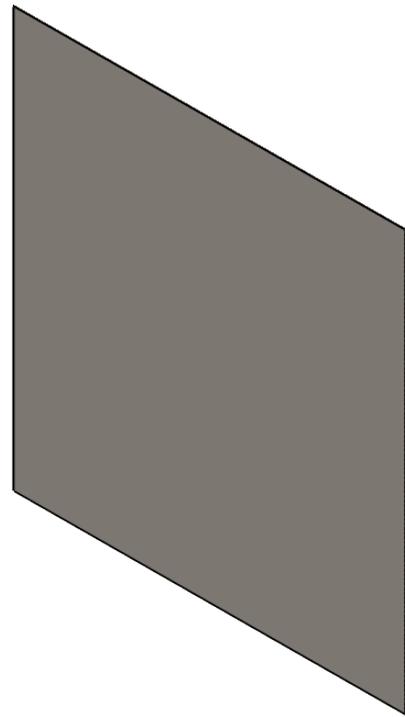
NPM : 4317130036

DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



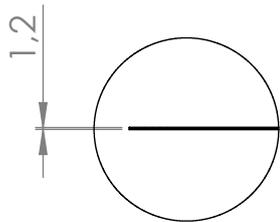
DETAIL A
SCALE 1 : 2



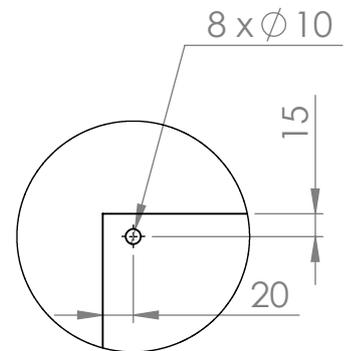
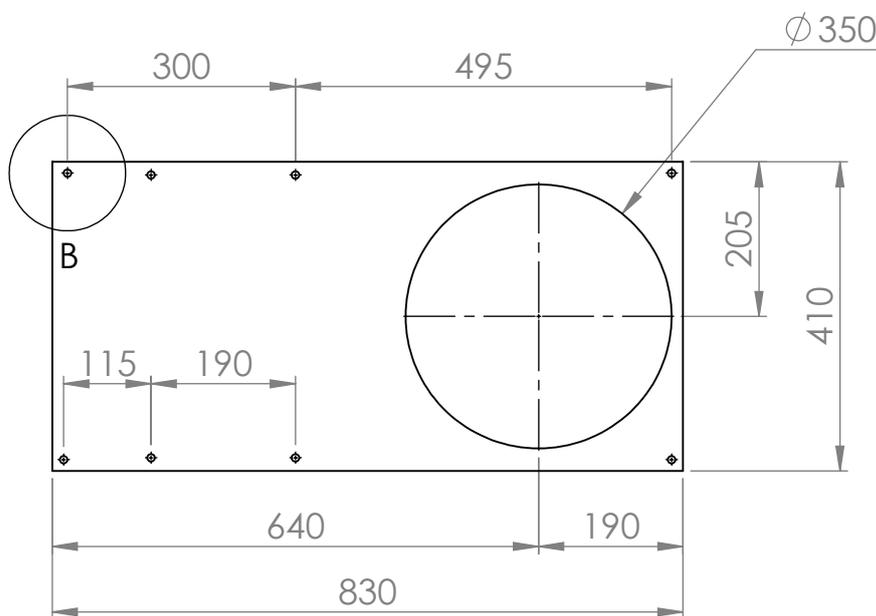
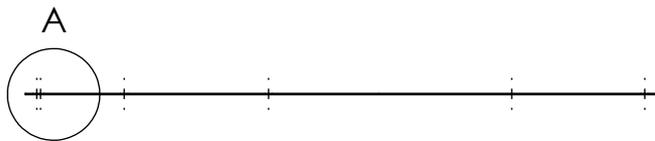
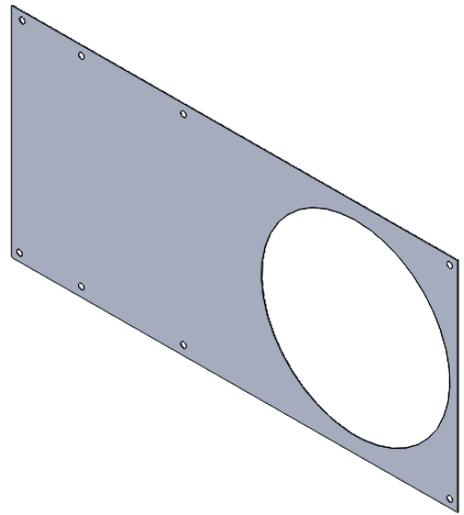
SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

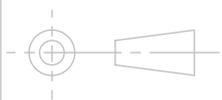
PERINGATAN :



DETAIL A
SCALE 1 : 5



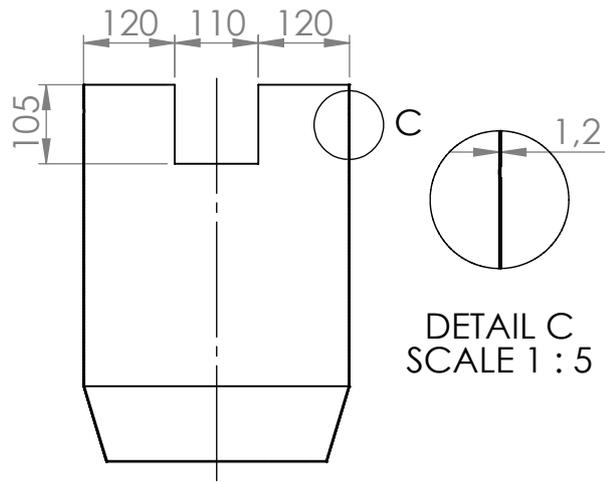
DETAIL B
SCALE 1 : 5



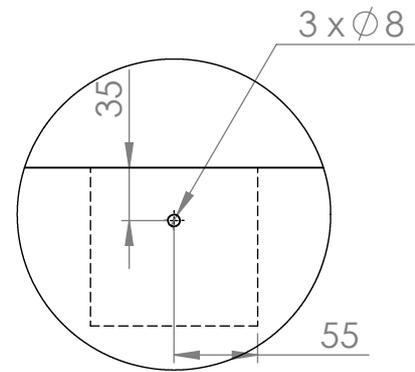
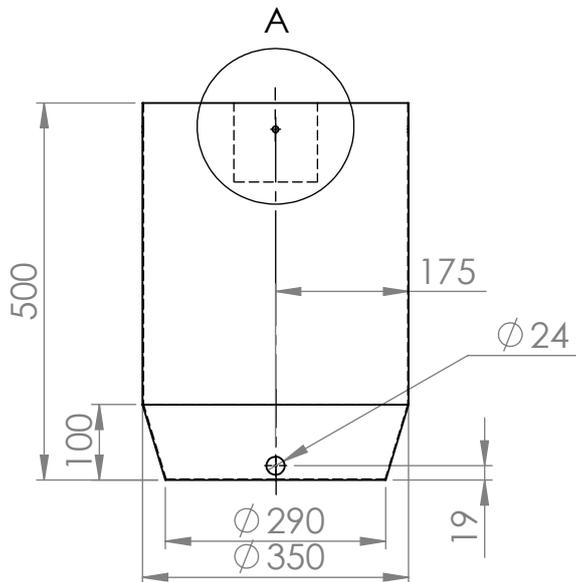
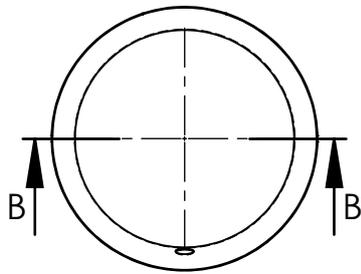
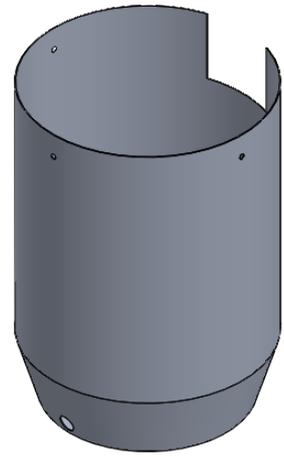
SKALA : 1:10
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

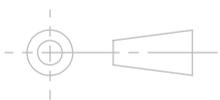
PERINGATAN :



SECTION B-B



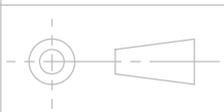
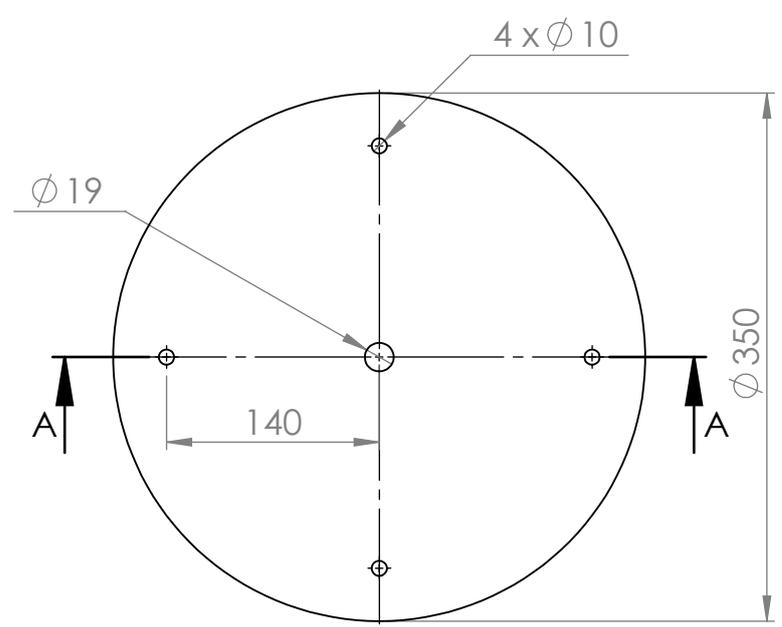
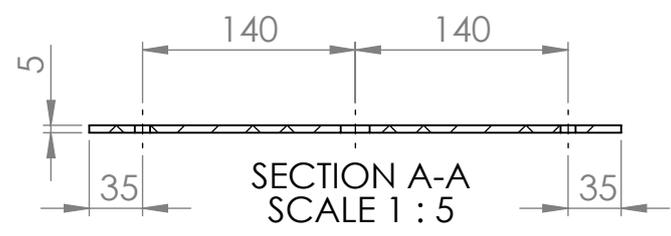
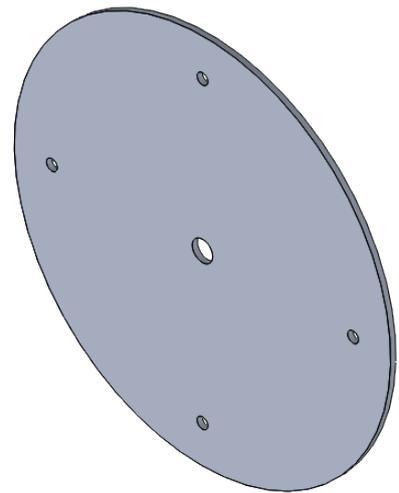
DETAIL A
SCALE 1 : 5



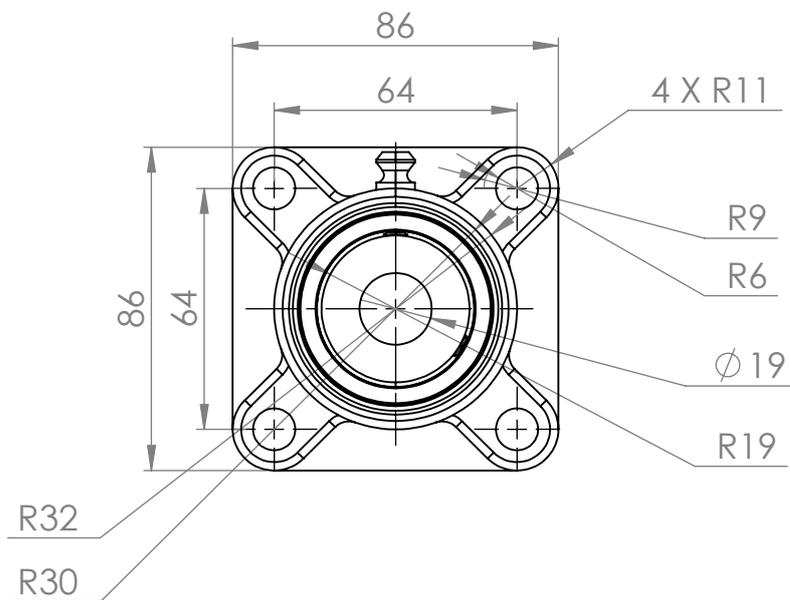
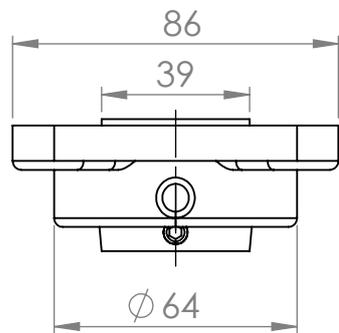
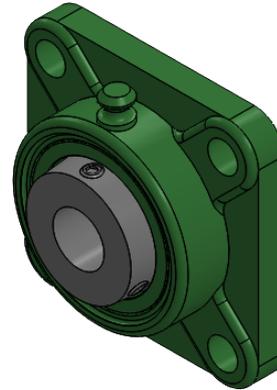
SKALA : 1:10
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :

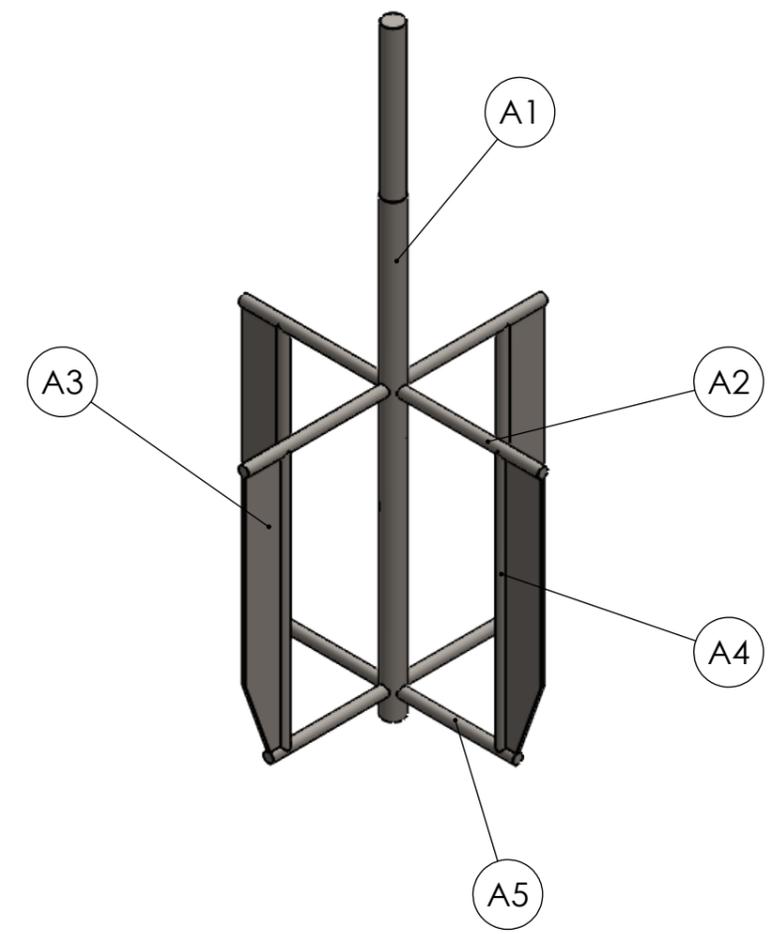
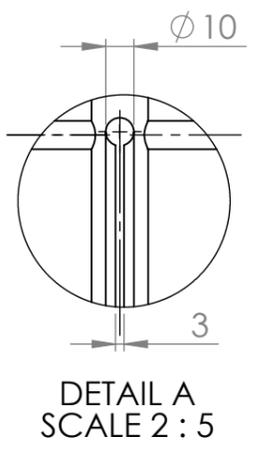
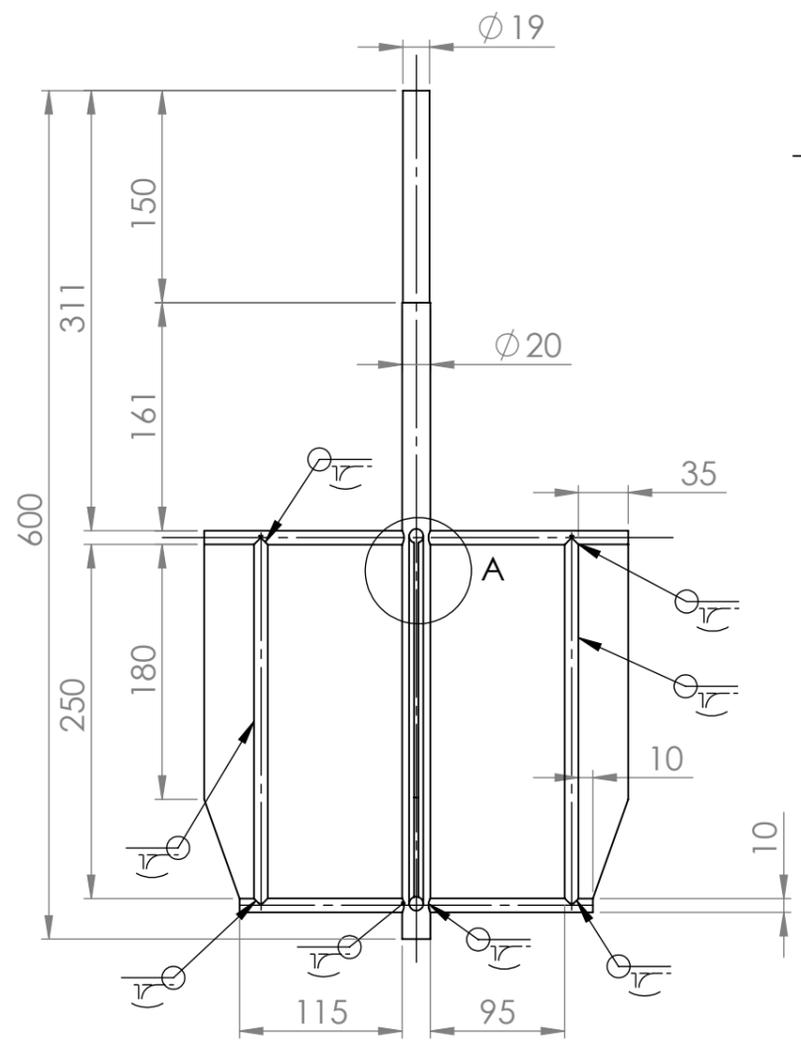
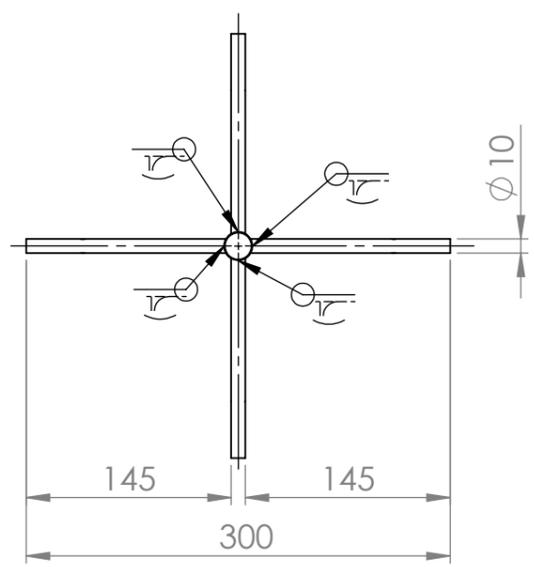


| | | |
|----------------------|----------------------------------|--------------|
| SKALA : 1:5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : |
| UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | |
| TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T | |



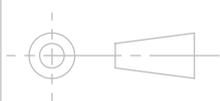
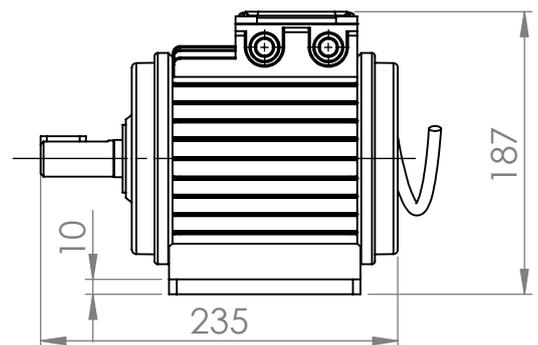
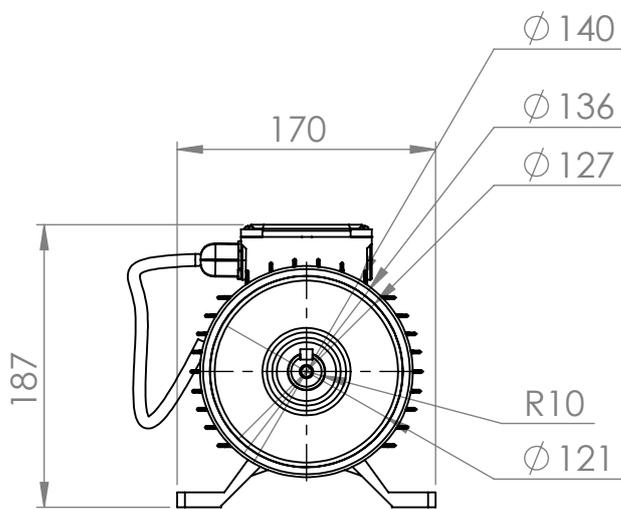
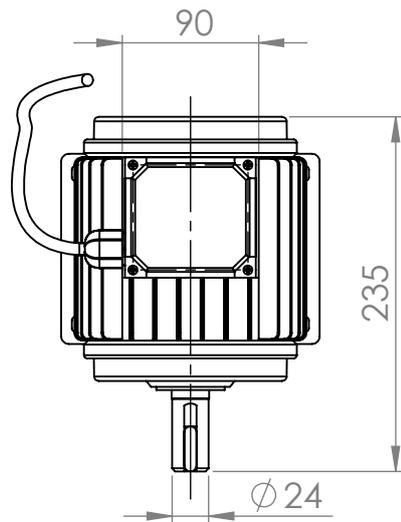
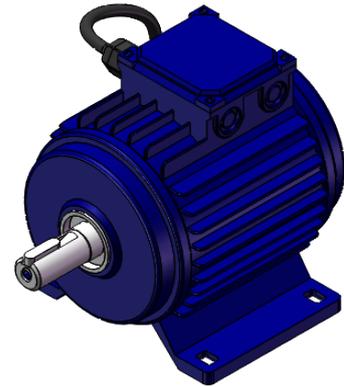
| | | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|--------------|----|
| | SKALA : 1:2 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : | |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T | | |
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | TABUNG PELEBUR | | NO. 8 | A4 |

N8 DIBUBUT



| 5 | A5 | $\phi 10 \times 115$ | 4 |
|----------|-------------|----------------------|------|
| 4 | A4 | $\phi 10 \times 250$ | 4 |
| 3 | A3 | 250 x 35 x 3 | 4 |
| 2 | A2 | $\phi 10 \times 145$ | 4 |
| 1 | A1 | $\phi 20 \times 600$ | 1 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | DESCRIPTION | QTY. |

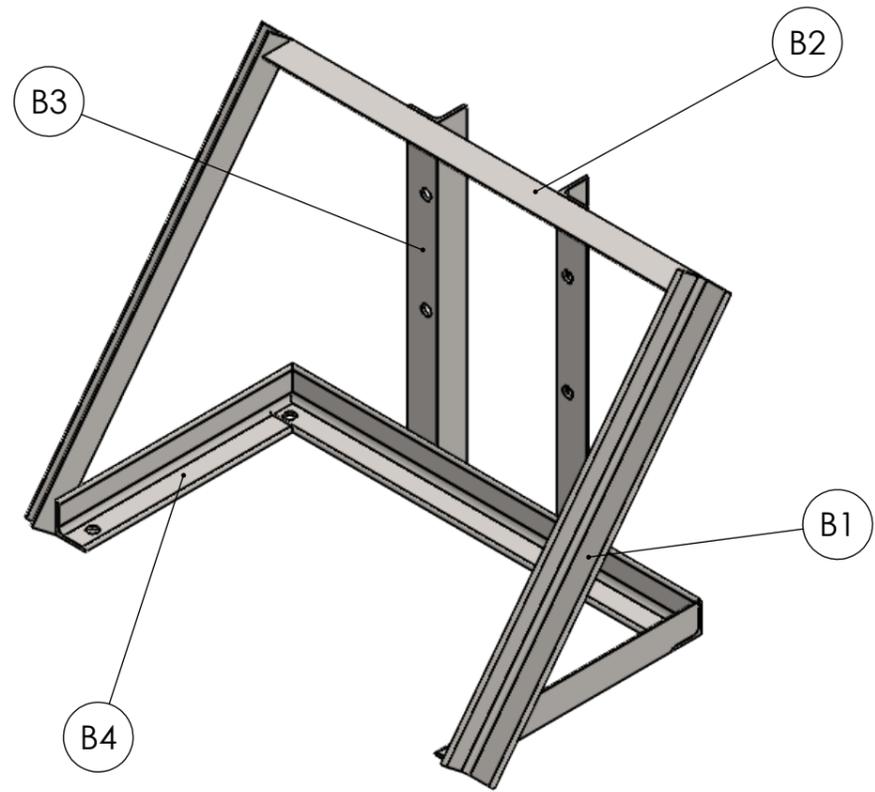
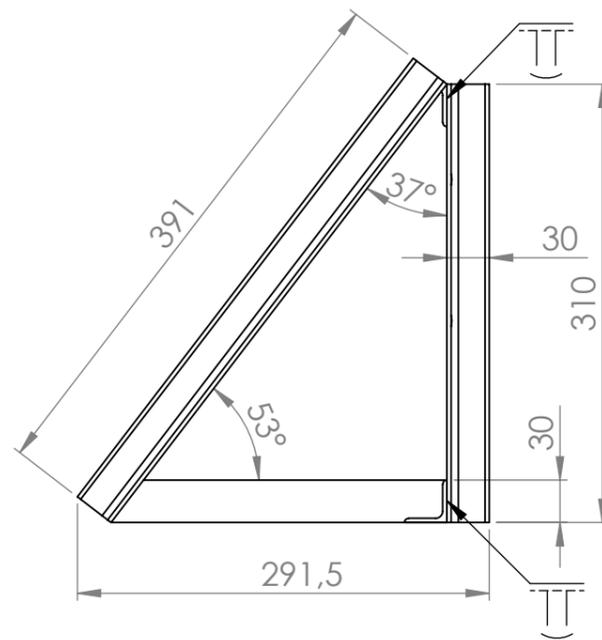
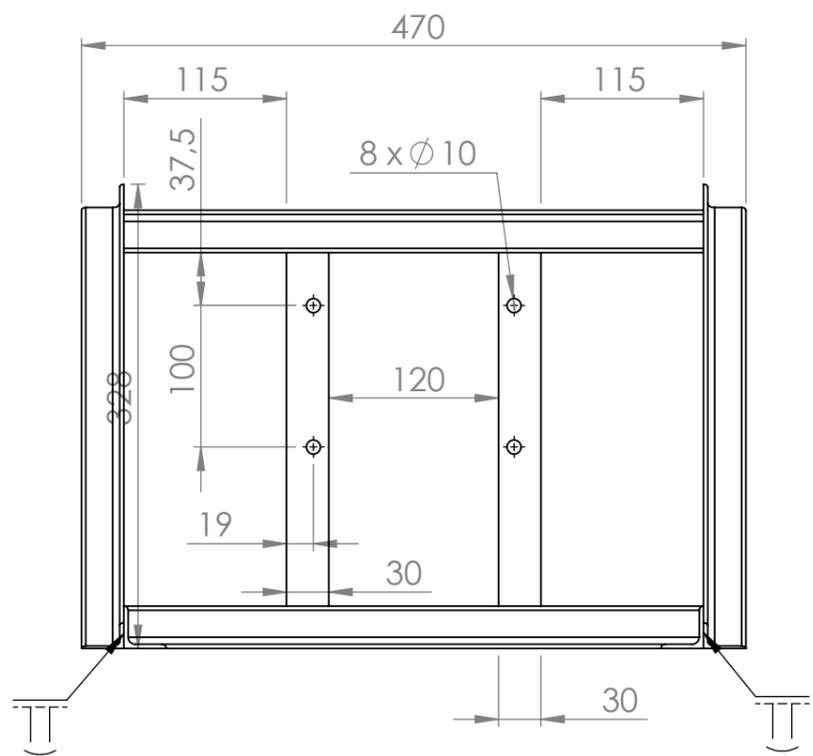
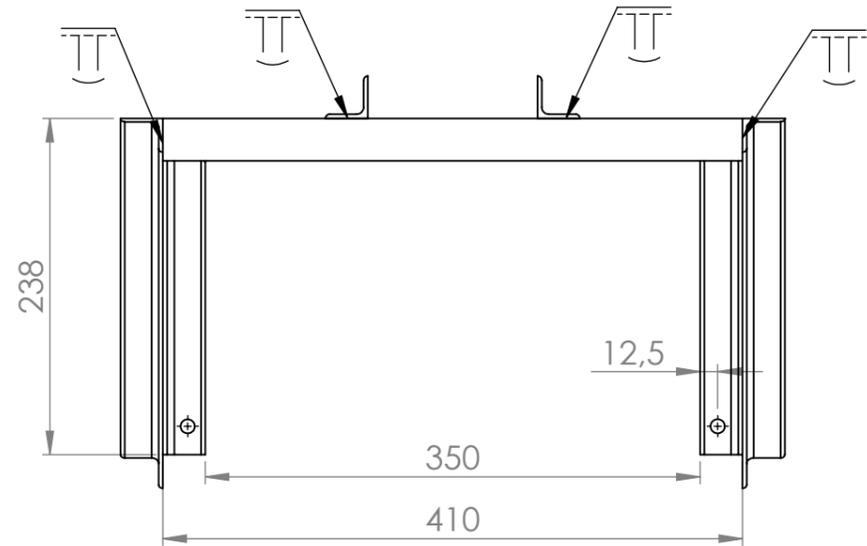
| | | | |
|--|----------------------|----------------------------------|--------------|
| | SKALA : 1 : 5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA, S.T, M.T | |



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

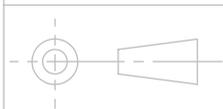
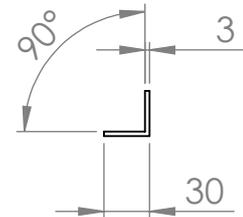
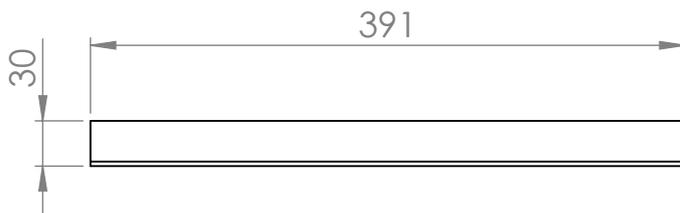
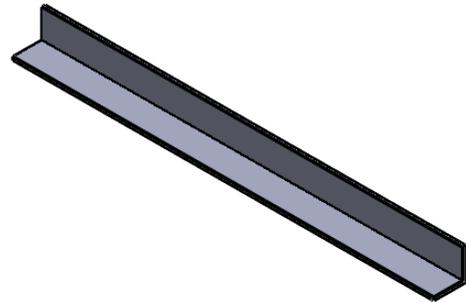
DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



| 4 | B4 | 30 x 30 x 3 LENGTH = 238 mm | 2 |
|----------|-------------|-----------------------------|------|
| 3 | B3 | 30 x 30 x 3 LENGTH = 310 mm | 2 |
| 2 | B2 | 30 x 30 x 3 LENGTH = 410 mm | 2 |
| 1 | B1 | 30 x 30 x 3 LENGTH = 391 mm | 2 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | DESCRIPTION | QTY. |

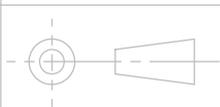
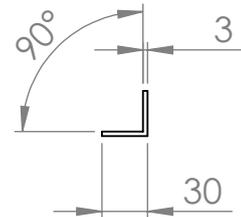
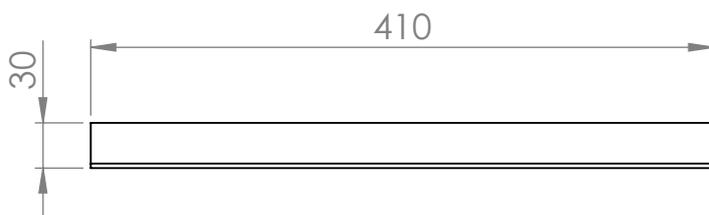
| | | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|--------------|----|
| | SKALA : 1 : 5 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI | PERINGATAN : | |
| | UKURAN : mm | NPM : 4317130036 | | |
| | TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA, S.T, M.T | | |
| JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PANCASILA | | RANGKA MOTOR | NO. 11 | A3 |



SKALA : 1:5
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

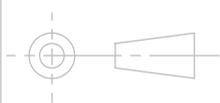
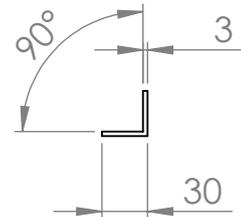
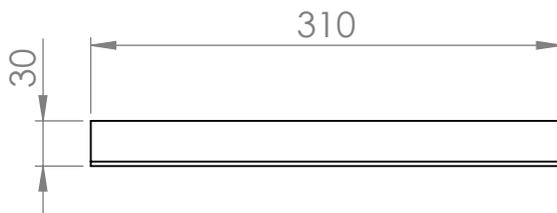
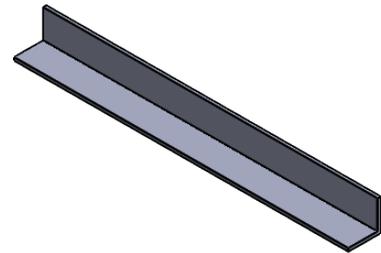
PERINGATAN :
THICKNESS = 3 mm



SKALA : 1:5
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

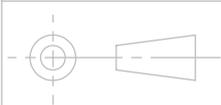
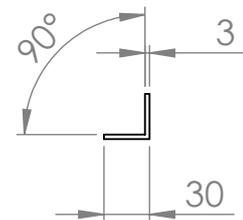
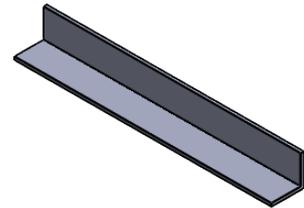
PERINGATAN :
THICKNESS = 3 mm



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

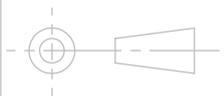
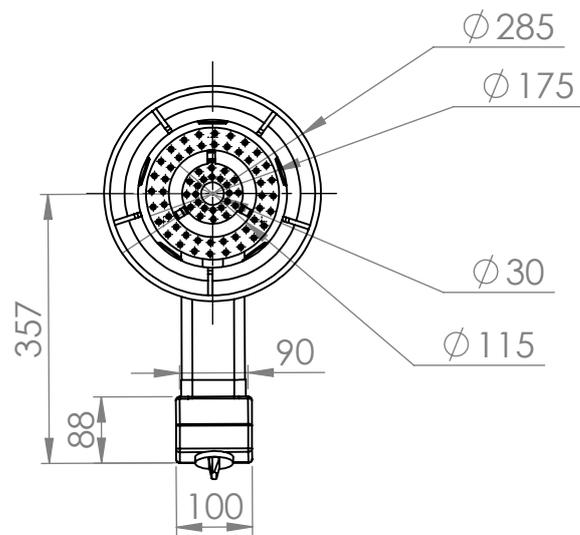
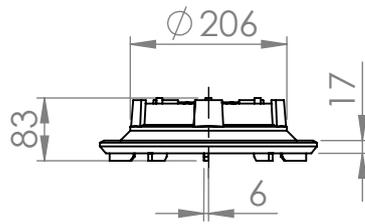
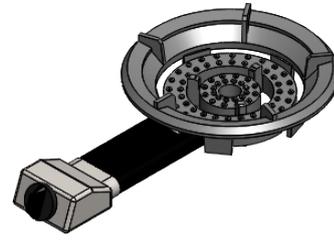
PERINGATAN :
 THICKNESS = 3 mm



SKALA : 1:5
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

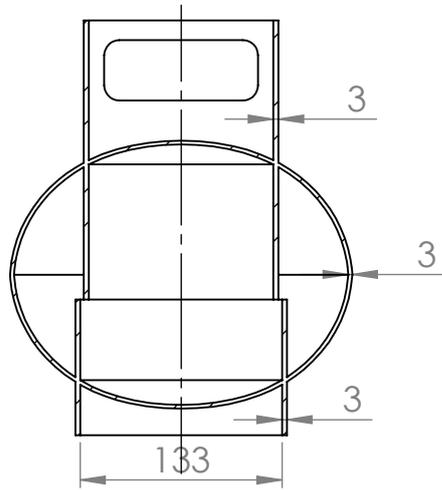
PERINGATAN :
THICKNESS = 3 mm



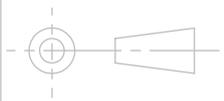
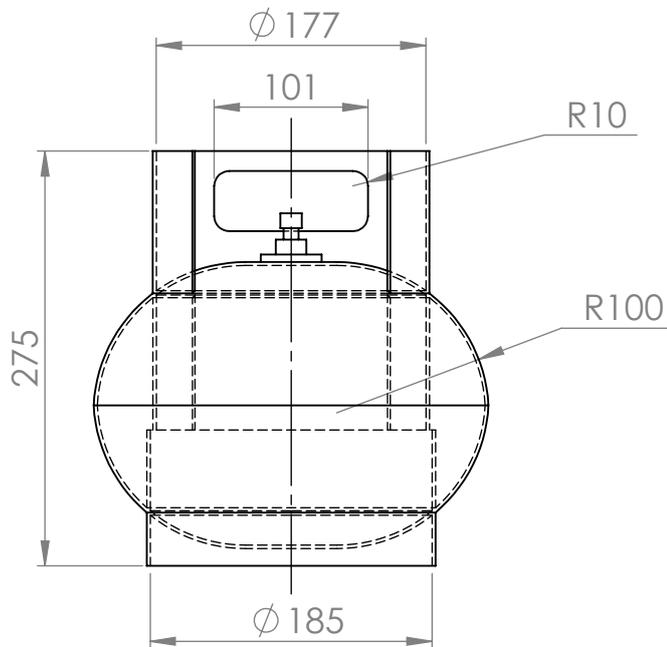
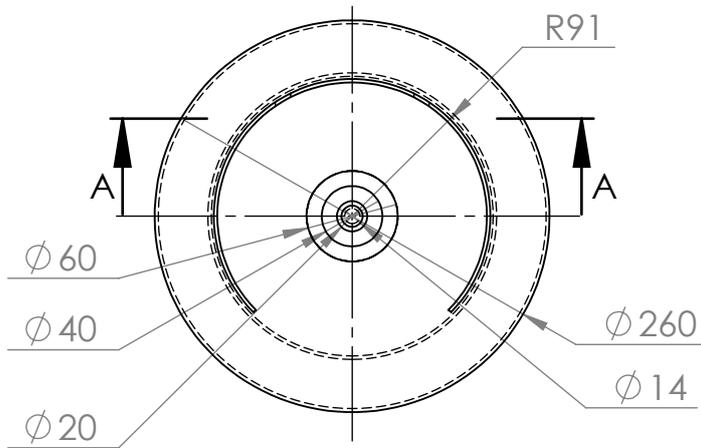
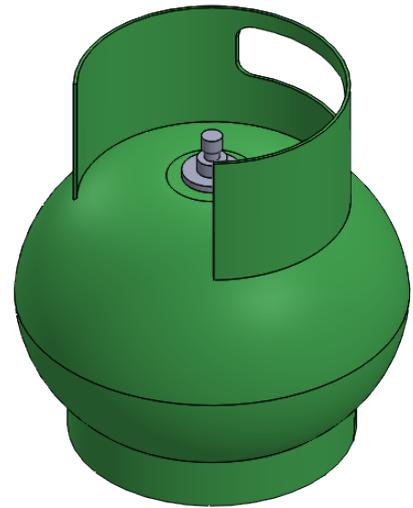
SKALA : 1:10
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



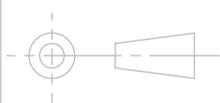
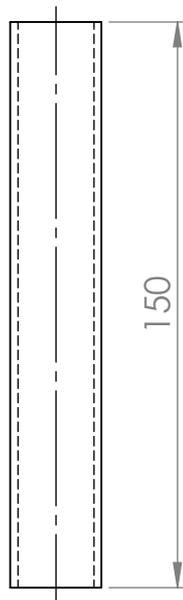
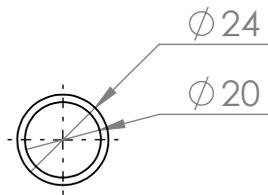
SECTION A-A



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

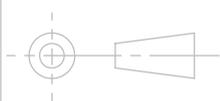
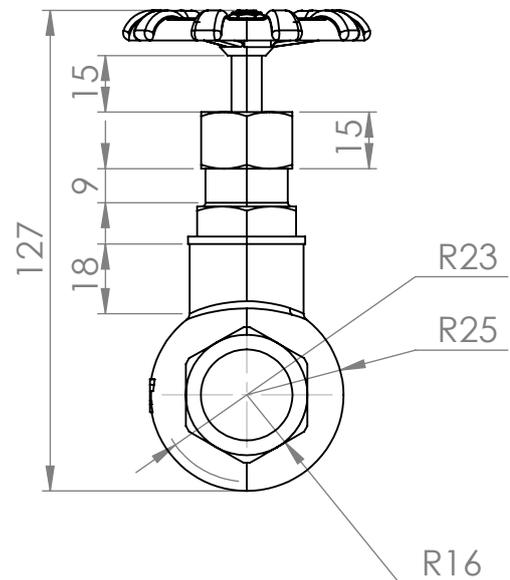
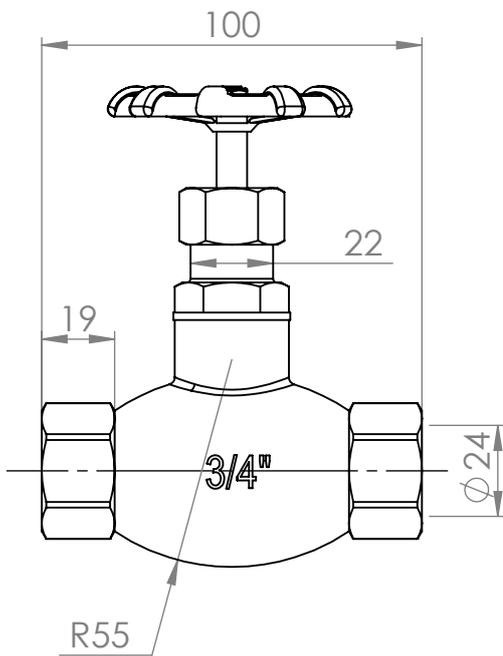
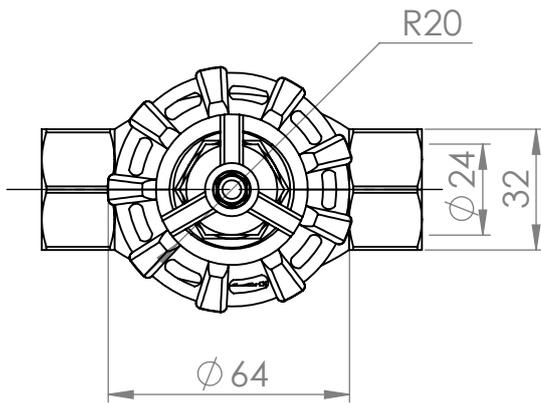
PERINGATAN :



SKALA : 1:2
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

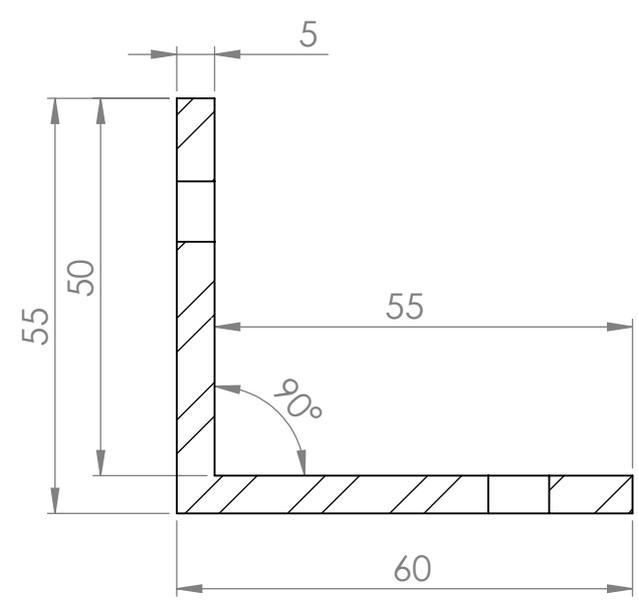
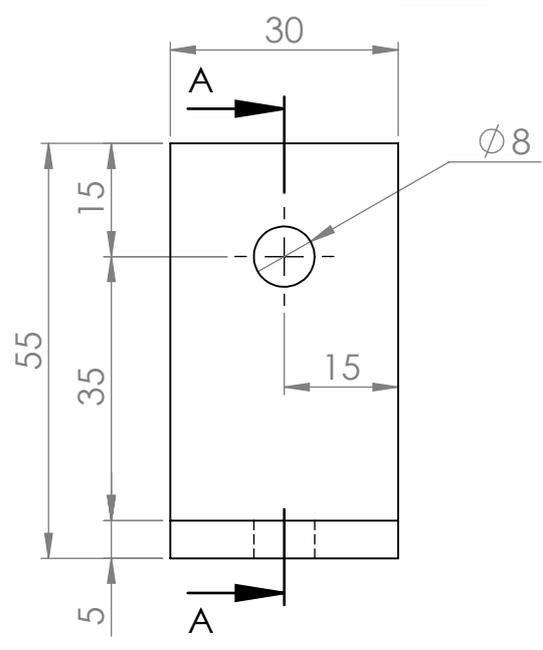
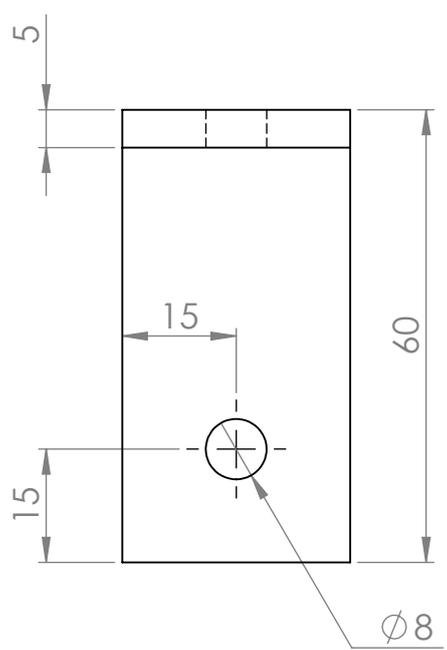
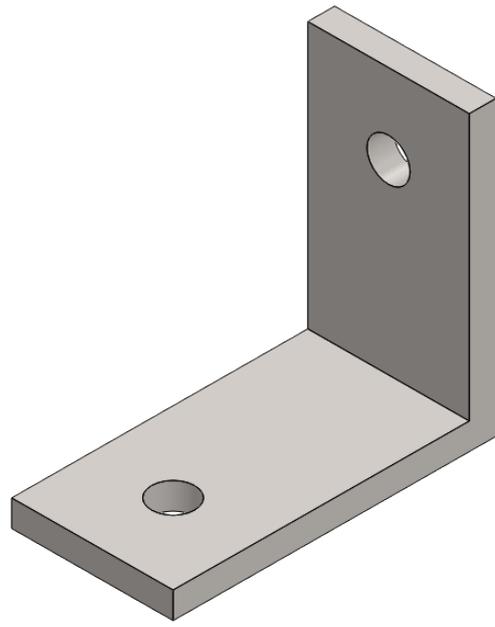
PERINGATAN :



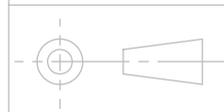
SKALA : 1:2
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



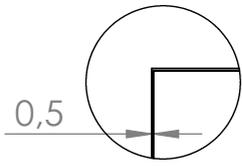
SECTION A-A



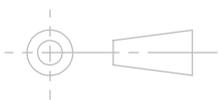
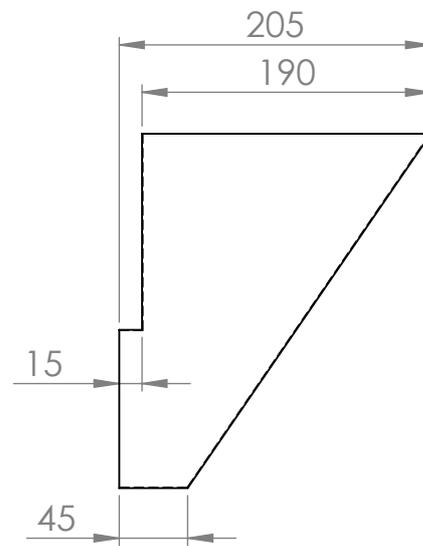
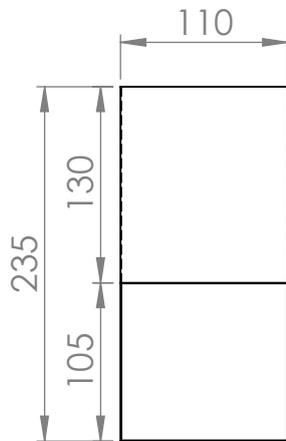
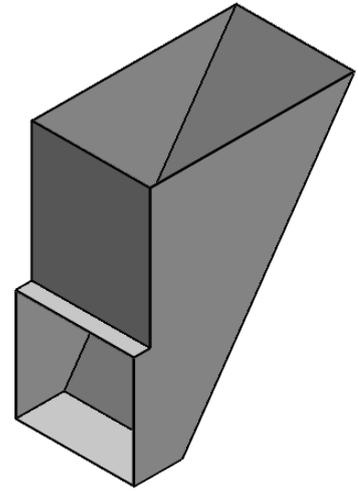
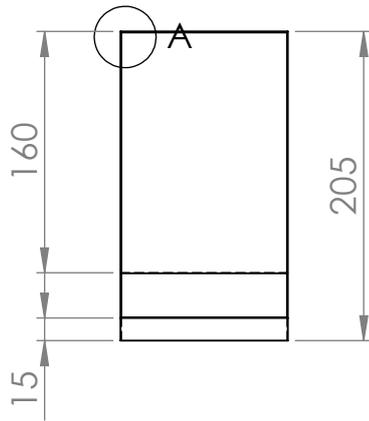
SKALA : 1:1
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



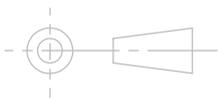
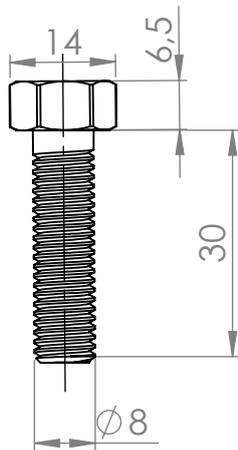
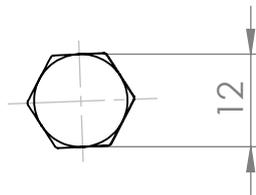
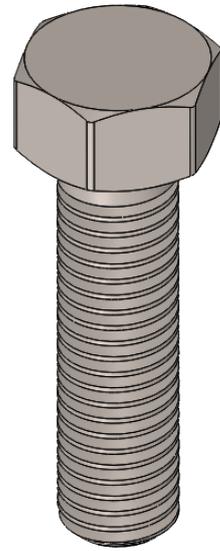
DETAIL A
SCALE 1 : 2



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

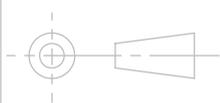
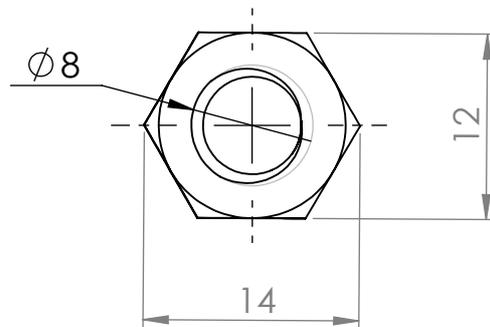
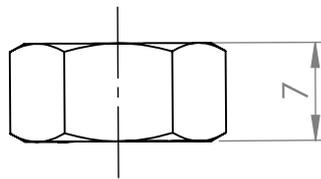
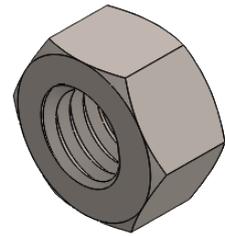
PERINGATAN :



SKALA : 1:1
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

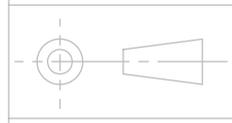
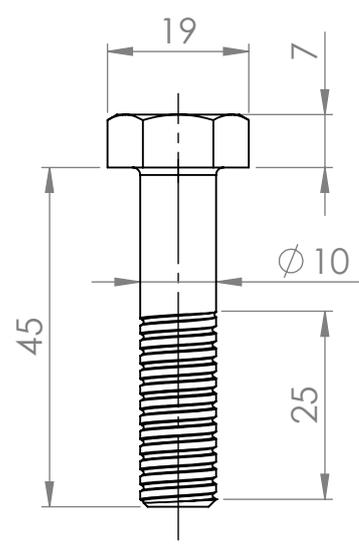
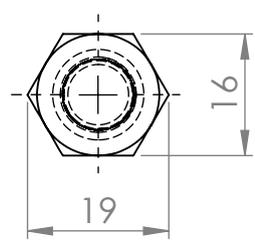
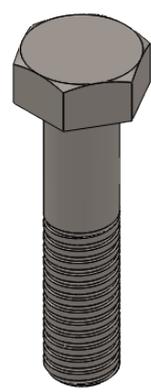
PERINGATAN :



SKALA : 2 : 1
UKURAN : mm
TANGGAL : 22-07-2020

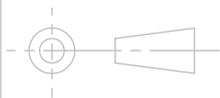
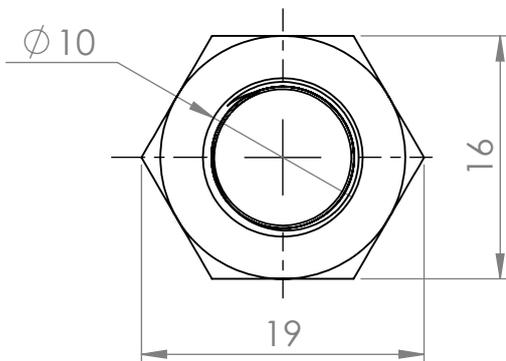
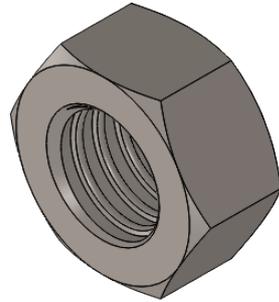
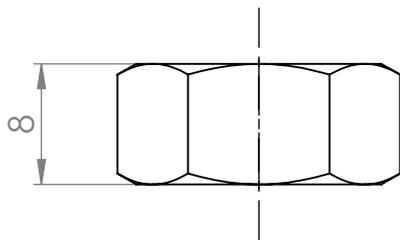
DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
NPM : 4317130036
DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



| | |
|----------------------|----------------------------------|
| SKALA : 1:1 | DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI |
| UKURAN : mm | NPM : 4317130036 |
| TANGGAL : 22-07-2020 | DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T |

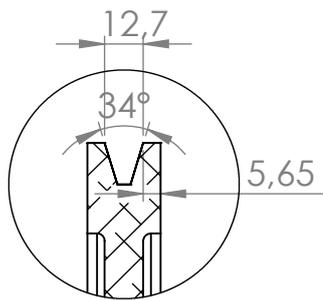
PERINGATAN :



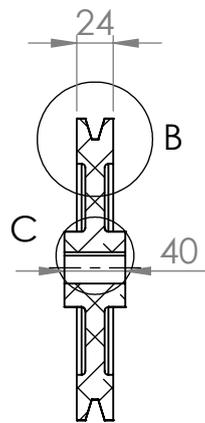
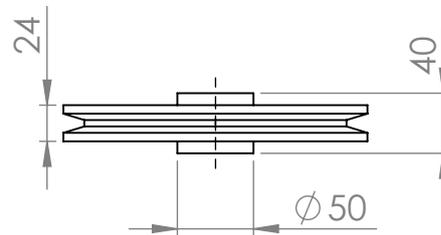
SKALA : 2:1
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

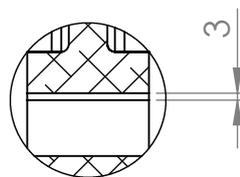
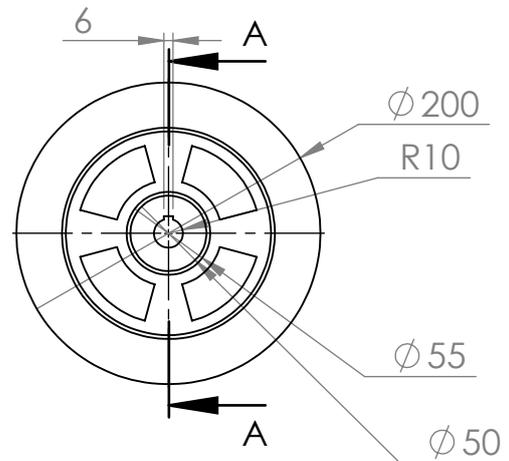
PERINGATAN :



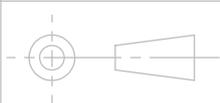
DETAIL B
SCALE 2 : 5



SECTION A-A



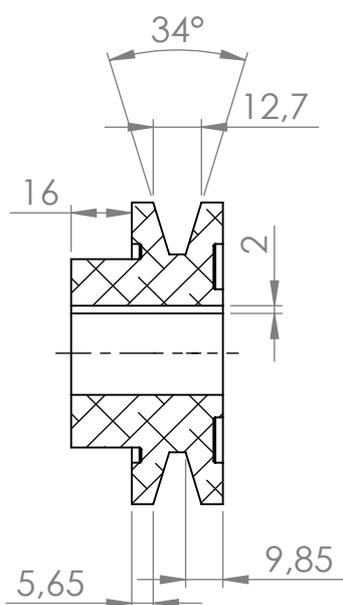
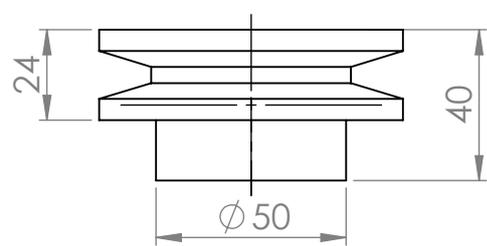
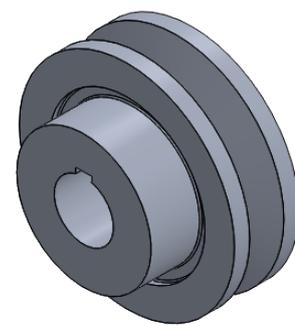
DETAIL C
SCALE 2 : 5



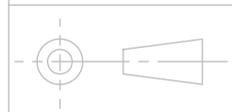
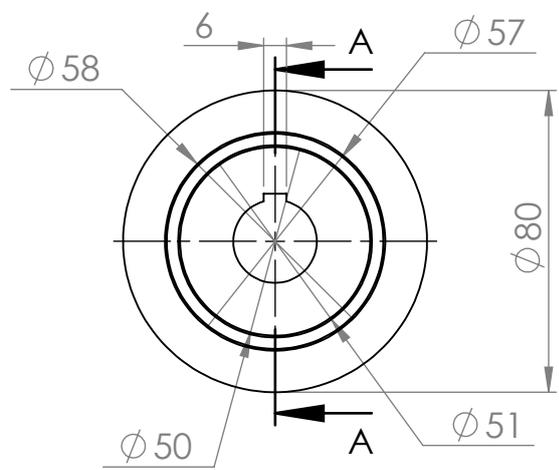
SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



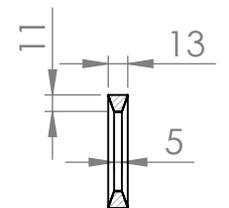
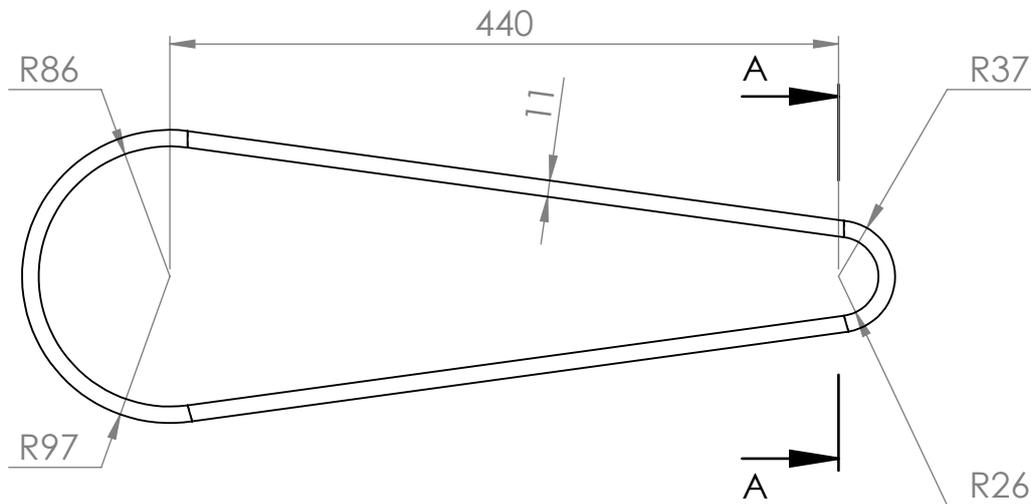
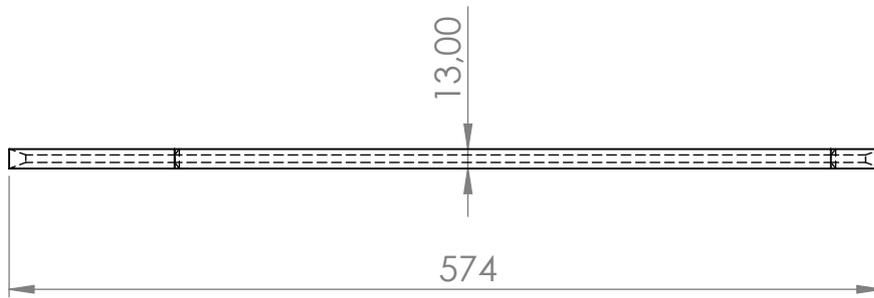
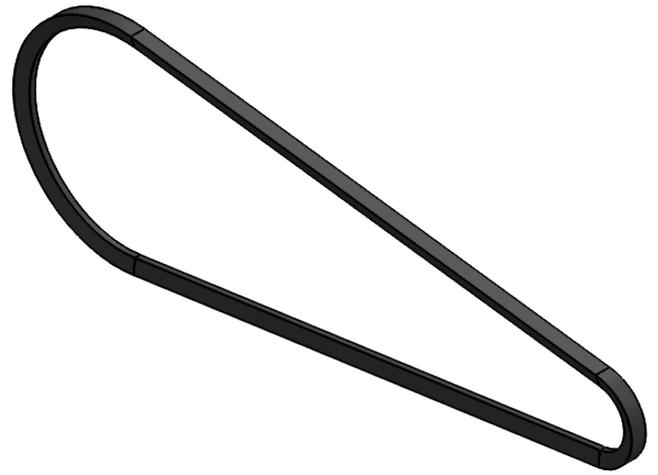
SECTION A-A



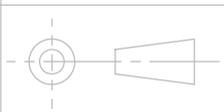
SKALA : 1:2
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :



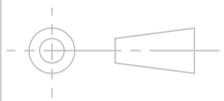
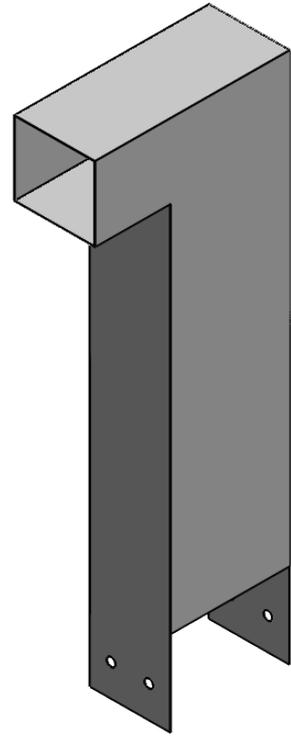
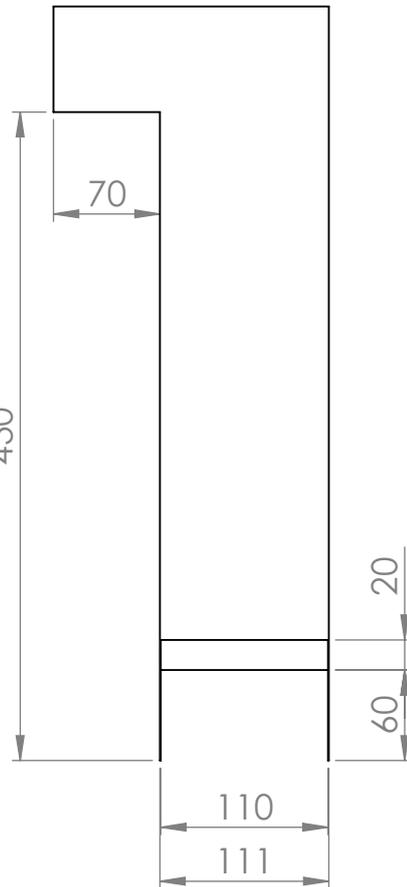
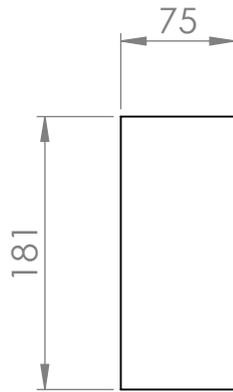
SECTION A-A
SCALE 1 : 5



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

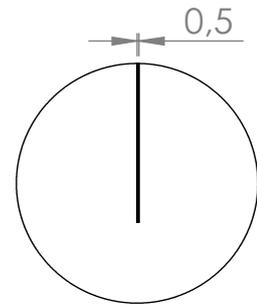
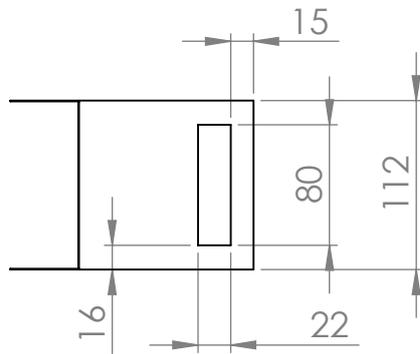
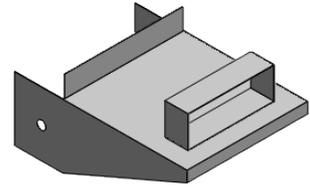
PERINGATAN :



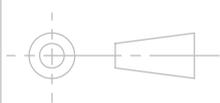
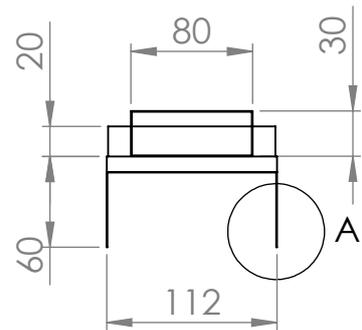
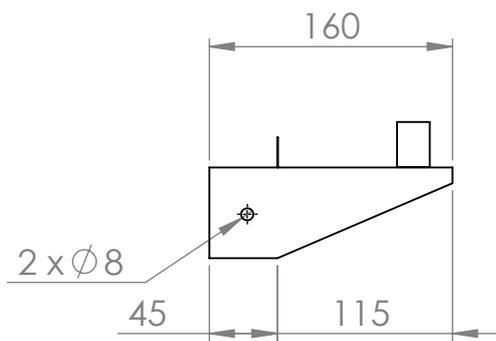
SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :
 THICKNESS : 0,5 mm



DETAIL A
SCALE 1 : 2



SKALA : 1:5
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 22-07-2020

DIGAMBAR : ARDIFAN RISDAMAJI
 NPM : 4317130036
 DILIHAT : HENDRI SUKMA , S.T M.T

PERINGATAN :

LAMPIRAN 3

[HASIL UJI COBA PENCETAKAN PAVING BLOCK]



Gambar Hasil Pencetakan Limbah Plastik Leleh ke Dalam Cetakan



Gambar Pengeluaran Produk Paving Block Berbahan Dasar Limbah Plastik Dari Cetakan



Gambar Produk Paving Block Berbahan Dasar Limbah Plastik