

RANCANG BANGUN MESIN *SHAKER MILL* UNTUK PRODUKSI NANO-SnO₂

PROYEK AKHIR

Laporan proyek akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Aditya Rizkio	NIRM :	0011631
Maulidil Hinul Fajriansyah	NIRM :	0021647
Zikri Maulana	NIRM :	0011660

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR RANCANG BANGUN MESIN *SHAKER MILL* UNTUK PRODUKSI NANO-SnO₂

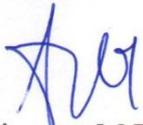
Oleh :

Aditya Rizkio	/ 0011631
Maulidil Hinul Fajriansyah	/ 0021647
Zikri Maulana	/ 0011660

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



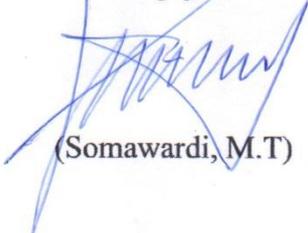
(Ariyanto, M.T)

Pembimbing 2



(M. Subhan, M.T)

Penguji 1



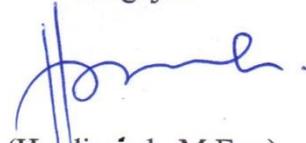
(Somawardi, M.T)

Penguji 2



(Adhe Anggry, M.T)

Penguji 3



(Hasdiansah, M.Eng)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1	: Aditya Rizkio	NIRM : 0011631
Nama Mahasiswa 2	: Maulidil Hinul Fajriansyah	NIRM : 0021647
Nama Mahasiswa 3	: Zikri Maulana	NIRM : 0011660

Dengan Judul : Rancang Bangun Mesin *Shaker Mill* Untuk Produksi
Nano-SnO₂

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

Sungailiat, September 2019

Nama Mahasiswa

1. Aditya Rizkio
2. Maulidil Hinul Fajriansyah
3. Zikri Maulana

Tanda Tangan


.....

.....

.....

ABSTRAK

Proses sintesa nanomaterial dapat dilakukan dengan cara fisika dan kimia. Teknologi paling sederhana dan simpel adalah teknologi ball mill atau secara fisika. Teknologi ini memanfaatkan energi mekanik dalam mereduksi ukuran suatu bahan. Pada awal mulanya, teknologi tersebut digunakan untuk persiapan membuat makanan seperti untuk menghaluskan rempah-rempah dan bahan dapur lainnya. Bangka Belitung merupakan daerah penghasil senyawa SnO₂ di Indonesia. Nano-SnO₂ memiliki keuntungan yang banyak karena perubahan dimensi yang dapat meningkatkan sifat magnetik, sifat elektrolit dan pengaruh optik dari pengendalian ukurannya, kemudian dimanfaatkan untuk kemajuan teknologi. Untuk menggerus SnO₂ diperlukan mesin yang diharapkan dapat menggerus SnO₂. Mesin tersebut adalah jenis shaker mill yang akan dirancang dan dibuat dengan mekanisme penumbukan posisi vertikal atau kemiringan tertentu (60°), dan mekanisme pegas yang diaplikasikan untuk meningkatkan energi impact pada wadah kapsul. Uji coba dilakukan pada 12 sampel masing-masing 13 gram SnO₂ dengan 8 dan 12 bola baja penggerus pada posisi vertikal dan kemiringan 60°. Pengujian ini dilakukan pada 3 interval waktu, yakni 5", 10", dan 15" kemudian diukur di laboratorium material menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran. Hasil yang diperoleh paling halus diproses selama 15 menit dan menggunakan 12 bola baja serta posisi penumbukan kemiringan 60°.

Kata kunci : nanomaterial, SnO₂, shaker mill.

ABSTRACT

The process of synthesizing nanomaterials can be carried out by means of physics and chemistry. The simplest and simplest technology is ball mill technology or physics. This technology utilizes mechanical energy in reducing the size of a material. In the beginning, the technology was used to prepare foods such as to spice up spices and other kitchen ingredients. Bangka Belitung is a region producing SnO₂ compounds in Indonesia. Nano-SnO₂ has many advantages because of changes in dimensions that can improve magnetic properties, electrolyte properties and optical effects of controlling its size, then used for technological advances. To grind SnO, a machine is expected to be able to grind SnO₂. The machine is a type of shaker mill that will be designed and made with a certain vertical or tilt (60 °) collision mechanism, and a spring mechanism that is applied to increase impact energy in the capsule container. Trials were carried out on 12 samples of 13 grams SnO₂ each with 8 and 12 steel grinding balls in a vertical position and 60 ° slope. This test is carried out at 3 time intervals, namely 5 ", 10", and 15 "and then measured in a material laboratory using a microscope with 2x magnification. The finest results are processed for 15 minutes and use 12 steel balls and a 60 ° tilting position.

Keywords: nanomaterial, SnO₂, shaker mill.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dihaturkan kehadirat Allah SWT, dengan karunia dan rahmat-NYA karya tulis yang diberi judul “Rancang Bangun Mesin *Shaker Mill* Untuk Produksi Nano-SnO₂” akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Serta shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad S.A.W, yang telah membawa umat manusia ke dunia yang terang dan penuh ilmu pengetahuan.

Proyek akhir “Rancang Bangun Mesin *Shaker Mill* untuk Produksi Nano-SnO₂” merupakan salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Karya tulis ini berisikan hasil penelitian yang penulis laksanakan selama program proyek akhir berlangsung. Adanya mesin *shaker mill* untuk produksi nano-SnO₂ ini diharapkan dapat mempermudah dan meringankan proses penggerusan material SnO₂ hingga skala nano.

Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak yang telah banyak membantu serta ikut memberi motivasi, sumbang saran, kritik yang tentunya sangat diharapkan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Berikut ini adalah pihak-pihak yang ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya:

1. Orang tua, keluarga, dan teman-teman yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan.
2. Bapak Sugeng Ariyono, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Ariyanto, M.T selaku dosen pembimbing 1 proyek akhir di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak M.Subhan, M.T selaku dosen pembimbing 2 proyek akhir di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Seluruh dosen dan instruktur yang telah banyak membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini.

6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa D3 Polman Babel.
7. Seluruh pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Segala usaha, tenaga dan pikiran dituangkan dalam karya tulis ini, namun demikian tidak menutup kemungkinan masih ditemukan kesalahan-kesalahan baik dari segi penulisan maupun dalam isi makalah ini sendiri. Oleh karena itu untuk tercapainya penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi, segala masukan terhadap karya tulis ini baik kritik ataupun saran dari para pembaca yang budiman akan sangat membantu dalam pengembangan teknologi di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya tulis ini dapat berguna dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Terima kasih.

Sungailiat, September 2019



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Nanomaterial.....	4
2.2. SnO ₂	4
2.3. Mesin Produksi Nanomaterial	5
2.3.1. Macam-Macam Mesin Produksi Nanomaterial	6
2.4. Aplikasi Desain <i>SolidWorks</i>	7
2.5. Pembuatan dan Pemilihan Konsep	8
2.5.1. Kriteria Penilaian	8
2.5.2. Bobot Tuntutan	8
2.5.3. Alternatif Fungsi Bagian.....	9
2.5.4. Penilaian Alternatif Fungsi	9
2.5.5. Kombinasi Fungsi Bagian	9

2.5.6. Keputusan	9
2.5.7. Perancangan Mesin	10
2.6. Elemen Mesin	13
2.6.1. Elemen Pengikat	13
2.6.2. Elemen Pemindah	15
BAB III METODE PELAKSANAAN	23
3.1. Tahapan – Tahapan Penelitian.....	23
3.1.1. Pengumpulan Data.....	25
3.1.2. Pembuatan Konsep dan Proses Perancangan.....	25
3.1.3. Pembuatan Mesin / Fabrikasi.....	26
3.1.4. Perakitan (<i>Assembling</i>)	26
3.1.5. Uji Coba.....	26
3.1.6. Analisis Hasil.....	26
3.1.7. Kesimpulan	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	28
4.1. Pengumpulan Data.....	28
4.2. Pembuatan Konsep Mesin	28
4.2.1. Daftar Tuntutan.....	29
4.2.2. Metode Penguraian Fungsi	29
4.2.3. Sub Fungsi Bagian.....	31
4.2.4. Alternatif Fungsi Bagian.....	31
4.2.5. Penilaian Alternatif Fungsi Bagian.....	36
4.3. Kombinasi Alternatif Varian Konsep	41
4.3.1. Varian Konsep 1	42
4.3.2. Varian Konsep 2	43
4.3.3. Varian Konsep 3	44
4.3.4. Penilaian Dari Aspek Teknis	45
4.3.5. Penilaian Dari Aspek Ekonomis.....	46
4.3.6. Nilai Akhir Varian Konsep.....	46
4.3.7. Keputusan Varian Konsep	47
4.4. Pembuatan Rancangan.....	47

4.4.1. Draft Rancangan	47
4.4.2. Optimasi Rancangan	51
4.4.3. Analisis Perhitungan	52
4.5. Fabrikasi / Proses Pemesinan.....	61
4.6. Perakitan	65
4.6.1. Merakit Rangka	65
4.6.2. Merakit Motor Listrik	65
4.6.3. Merakit Piston dan Sistem Penumbuk.....	66
4.6.4. Merakit Poros Eksentrik	66
4.6.5. Merakit clamping.....	66
4.6.6. Merakit Puli dan Sabuk	67
4.7. Perawatan.....	67
4.7.1. Alignment	67
4.7.2. Perawatan Bantalan	68
4.7.3. Perawatan Rangka	69
4.7.4. Perawatan Poros.....	69
4.7.5. Perawatan Motor Penggerak.....	69
4.8. Uji Coba.....	70
4.9. Analisis Hasil.....	75
4.9.1. Analisa Pengujian <i>Vertikal</i> dengan 8 Bola Baja.....	75
4.9.2. Analisa Pengujian Kemiringan 60° dengan 8 Bola Baja.....	76
4.9.3. Analisa Pengujian <i>Vertikal</i> dengan 12 Bola Baja.....	76
4.9.4. Analisa Pengujian Kemiringan 60° dengan 12 Bola Baja.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Skala Penilaian Aternatif Fungsi.....	8
Tabel 2.2 Bobot Penilaian	9
Tabel 4.1 Daftar Tuntutan	29
Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi Bagian.....	31
Tabel 4.3 Alternatif Sistem Tenaga dan Kontrol	32
Tabel 4.4 Alternatif Sistem Rangka	33
Tabel 4.5 Alternatif Sistem Transmisi	34
Tabel 4.6 Alternatif Sistem Penumbuk	35
Tabel 4.7 Kriteria Penilaian	36
Tabel 4.8 Bobot Tuntutan	36
Tabel 4.9 Penilaian Alternatif Sistem Tenaga dan Kontrol	37
Tabel 4.10 Penilaian Alternatif Sistem Rangka	38
Tabel 4.11 Penilaian Alternatif Sistem Transmisi	39
Tabel 4.12 Penilaian Alternatif Sistem Penumbuk	40
Tabel 4.13 Kotak Morfologi	41
Tabel 4.14 Kombinasi Varian Konsep 1	42
Tabel 4.15 Kombinasi Varian Konsep 2	43
Tabel 4.16 Kombinasi Varian Konsep 3	44
Tabel 4.17 Kriteria Penilaian Teknis	45
Tabel 4.18 Kriteria Penilaian Ekonomis	46
Tabel 4.19 Penilaian Akhir Variasi Konsep.....	46
Tabel 4.20 Alat yang Digunakan Untuk Merakit Mesin.....	48
Tabel 4.21 Komponen yang Dibuat	49
Tabel 4.22 Komponen Standar.....	50
Tabel 4.23 Uji Coba <i>Vertikal</i> dengan 8 Bola Baja.....	71
Tabel 4.24 Uji Coba Kemiringan 60° dengan 8 Bola Baja.....	72

Tabel 4.25 Uji Coba <i>Vertikal</i> dengan 12 Bola Baja.....	73
Tabel 4.26 Uji Coba Kemiringan 60° dengan 12 Bola Baja.....	74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Alat Tradisional Untuk Memperkecil Ukuran Bahan	2
Gambar 2.1 Spesifikasi SnO ₂	5
Gambar 2.2 Motor Listrik	11
Gambar 2.3 Puli dan Sabuk.....	12
Gambar 2.4 Momen Bengkok pada Poros	16
Gambar 2.5 Diagram Benda Bebas Poros.....	17
Gambar 2.6 Blok <i>Bearing</i>	17
Gambar 2.7 Diagram Pemilihan Sabuk-V	21
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Metode Pelaksanaan	24
Gambar 4.1 <i>Black Box</i>	30
Gambar 4.2 Hirarki Fungsi	30
Gambar 4.3 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian.....	31
Gambar 4.4 Varian Konsep 1	42
Gambar 4.5 Varian Konsep 2.....	43
Gambar 4.6 Varian Konsep.....	44
Gambar 4.7 Material	48
Gambar 4.8 Pengecatan Mesin.....	50
Gambar 4.9 Mesin <i>Shaker Mill</i>	51
Gambar 4.10 Skema Analisa Perhitungan	52
Gambar 4.11 Diagram Benda Bebas Poros.....	54
Gambar 4.12 Diagram Gaya pada Poros.....	55
Gambar 4.13 Diagram Momen Poros	55
Gambar 4.14 Piston Penahan Pegas	62
Gambar 4.15 Poros Eksentrik	63
Gambar 4.16 Tabung.....	63
Gambar 4.17 Kapsul.....	64

Gambar 4.18 Piston Bawah.....	64
Gambar 4.19 Merakit Rangka	65
Gambar 4.20 Merakit Motor Listrik	65
Gambar 4.21 Merakit Piston dan Sistem Penumbuk	66
Gambar 4.22 Merakit Poros Eksentrik.....	66
Gambar 4.23 Merakit Tiang <i>Clamping</i>	66
Gambar 4.24 Merakit Puli dan Sabuk	67
Gambar 4.25 Defleksi Pada Sabuk dan Puli	68
Gambar 4.26 Uji Coba Mesin	70
Gambar 4.27 Hasil Pengujian 12 Sampel	75

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 : *VDI 222*
- Lampiran 3 : Gambar Susunan dan Bagian
- Lampiran 4 : Tabel Bahan dan Poros
- Lampiran 5 : Ukuran Penampang Sabuk
- Lampiran 6 : Tabel Faktor Koreksi
- Lampiran 7 : Tabel Faktor Pemakaian C_B
- Lampiran 8 : Besar Gaya Peregangan
- Lampiran 9 : *Standart Operation Procedure*
- Lampiran 10 : *Maintenance*
- Lampiran 11 : Kekuatan Bahan Untuk Baja dan Jenis Pembebanan pada Poros
- Lampiran 12 : Denah Area Aman

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi material berukuran nanometer (10^{-9} m) atau nanomaterial telah berkembang pesat beberapa dekade belakangan ini. Ilmu ini fokus pada kendali ukuran material yang berdimensi 1 hingga 100 nm. Keuntungan nanomaterial antara lain memiliki luas permukaan yang besar dibandingkan dengan *bulk material* sehingga dapat meningkatkan reaktifitas kimia. Selain itu permukaan yang luas juga mampu meningkatkan kekuatan sifat elektrolit, pengaruh optikal, dan sifat magnetik material karena efek kuantum yang dibutuhkan nanomaterial tersebut.

Nanoteknologi telah berdampak pengaplikasiannya diberbagai bidang seperti ruang angkasa, material maju, lingkungan, kesehatan, makanan, kecantikan dan lainnya. Salah satu hasil pengaplikasian nanomaterial pada bidang kesehatan adalah pembuatan tulang buatan dari nanotitanium sehingga tulang buatan ini memiliki keunggulan kemampuan kolaborasi dengan sel-sel tubuh manusia tanpa efek samping yang berarti (tidak signifikan).

Nanomaterial dapat terbentuk secara alami dan buatan. Nanomaterial untuk kepentingan komersial dibuat dengan cara fisika dan kimia. Secara fisika dinamakan metode *top down* yakni dengan mereduksi ukuran material *bulk* menjadi ukuran nano atau secara mekanik (*mechanical milling*). Sedangkan secara kimia dinamakan metode *bottom up* yaitu teknik produksi material dengan cara kimiawi yakni dengan menyusun atom-atom atau molekul menjadi bentuk sesuai kehendak manusia.

Produksi nanomaterial secara fisika (*top down*) tersebut menggunakan energi mekanis. Pada awal mulanya, teknologi tersebut digunakan untuk persiapan membuat makanan seperti untuk menghaluskan rempah-rempah dan bahan dapur lainnya. Seiring dengan perkembangan industri, teknologi tersebut

diaplikasikan untuk memproduksi obat-obatan dan lainnya. Alat tradisional yang digunakan untuk memperkecil atau meperhalus ukuran bahan diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Alat Tradisional Untuk Memperkecil Ukuran Bahan

Dalam usulan ini bahan yang akan di proses menjadi ukuran nano ialah SnO_2 . Senyawa ini banyak ditemukan di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Provinsi tersebut merupakan daerah penghasil Senyawa SnO_2 di Indonesia. SnO_2 merupakan rumus senyawa anorganik Timah dioksida (Timah(IV) oksida) yang juga dikenal sebagai *stanni oksida*. Bentuk mineral SnO_2 adalah kasiterit, dan ini adalah bijih utama timah. Nano- SnO_2 memiliki keuntungan yang banyak karena perubahan dimensi yang dapat meningkatkan sifat magnetik, sifat elektrolit dan pengaruh optik dari pengendalian ukuran material ini, dengan keuntungan tersebut, para ilmuwan dan peneliti memanfaatkan nano- SnO_2 untuk kemajuan teknologi. Nano- SnO_2 biasanya digunakan sebagai material modifikasi untuk menciptakan inovasi baru pada teknologi perindustrian.

Salah satu contoh pengaplikasian pemanfaatan nano- SnO_2 yaitu *Metal Oxide Semiconductor (MOS)*, merupakan sensor gas yang menggunakan material nano- SnO_2 untuk pembuatannya, serta ada banyak lagi pengaplikasian pemanfaatan nano- SnO_2 . Untuk memproduksi nano- SnO_2 diperlukan mesin yang diharapkan dapat menggerus SnO_2 . Mesin tersebut adalah jenis *shaker mill* yang akan dirancang dan dibuat dengan mekanisme penumbukan posisi vertikal dan kemiringan 60° , serta mekanisme pegas yang diaplikasikan untuk meningkatkan energi impak dengan menggoncangkan wadah berisikan material senyawa SnO_2 serta bola baja, diharapkan mesin ini dapat menggerus dimensi SnO_2 hingga skala nano.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat mesin *shaker mill* untuk memproduksi nano-SnO₂?
2. Bagaimana mekanisme prinsip kerja mesin *shaker mill* untuk memproduksi nano-SnO₂?

1.3. Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendesain dan membuat mesin *shaker mill* dengan mekanisme pegas untuk produksi nano-SnO₂.
2. Mesin *shaker mill* dengan mekanisme pegas bisa dioperasikan dengan sistem penumbukan vertikal dan kemiringan 60° serta mampu menggerus SnO₂.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Nanomaterial

Nanomaterial atau material berukuran (10^{-9} m) merupakan material yang mempunyai ukuran dalam skala nanometer yaitu berkisar antara 1-100 nm. Dengan ukuran nano sifat material lebih menguntungkan dari pada ukuran *bulk* material. Rekayasa material nanopartikel adalah rekayasa pengendalian ukuran, bentuk, morfologi, serta penataan material pada ukuran nanometer, yang akan menentukan karakteristik nanopartikel hasil sintesis. Karakteristik material dapat menjadi berbeda setelah nanomaterial, dalam hal ini ada dua alasan. Pertama, nanomaterial memiliki surface area yang besar dari pada material awalnya. Hal ini dapat meningkatkan reaktivitas kimia dan meningkatkan kekuatan sifat elektronik, yang kedua efek kuantum yang mendominasi bahan dari nanoscale terutama pada pengaruh optikal dan sifat magnetik material. Nanomaterial dapat dibuat dengan teknik *top down* atau secara fisika (*mechanical milling*) dengan mereduksi ukuran material *bulk* menjadi ukuran nano dan *bottom up* atau secara kimia yaitu teknik produksi material dengan cara kimiawi yakni dengan menyusun atom-atom atau molekul menjadi bentuk sesuai kehendak manusia.

Nanopartikel dapat dibagi menjadi 4 golongan yaitu :

- Nol dimensi (nanopartikel oksida logam, semi konduktor, *full resenes*)
- Satu dimensi (*nanotubes, nanorods, nanowires*)
- Dua dimensi (*thin films multilayer, monolayer, self-assembled, mesoporous*)
- Tiga dimensi (*nanokomposit, nanograined, mikroporous, mesoporous, interkalasi, organik-anorganik hybrids*)

2.2. SnO₂

SnO₂ juga dikenal sebagai *stanni oksida*, adalah senyawa anorganik dengan rumus SnO₂. Bentuk mineral SnO₂ adalah kasiterit, dan ini adalah bijih

utama timah. Dengan banyaknya nama lain, oksida timah ini adalah bahan baku paling penting dalam industri timah. Pengaplikasian SnO₂ seperti *opacifiers* gelas, pigmen, keramik elektronik, kapasitor, refraktori khusus, pelapis konduktif, bahan kimia, lapidary, dan pemoles lensa. Spesifikasi SnO₂ diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Spesifikasi

Massa Molar (Stannous oxide)	134.71
Nomor RTECS	XQ3700000
Kepadatan (g / cm ³)	~ 6.45
Berat jenis	6.6- 6.9
Panas Spesifik @ 25 ° C (kal / g- ° C)	
Titik lebur (° C)	1500-1630
Titik Didih (° C)	1800-1900
Luas permukaan (m ² / g)	2-4 hingga 7-11
Konduktivitas Termal @ 20 ° C (kal / s-cm- ° C)	
Mohs Hardness @ 20 ° C	
Penampilan	kristal padat
Kristalografi	
Warna (timah murni oksida)	putih susu

Gambar 2.1 Spesifikasi SnO₂

2.3. Mesin Produksi Nanomaterial

Nanomaterial dapat terbentuk secara alami dan buatan. Nanomaterial untuk kepentingan komersial dibuat dengan cara fisika dan kimia. Secara fisika dinamakan dengan *top down mechanism* yakni dengan mereduksi ukuran material bulk menjadi ukuran nano secara mekanik (*mechanical milling*). Proses tersebut menggunakan energi mekanis. Pada awal mulanya, teknologi tersebut digunakan untuk persiapan membuat makanan seperti untuk menghaluskan rempah-rempah dan bahan dapur lainnya. Seiring dengan perkembangan industri, teknologi tersebut diaplikasikan untuk memproduksi obat-obatan dan lainnya.

Mechanical Milling adalah metode untuk memperkecil ukuran bahan dalam memproduksi nanomaterial secara mekanik. Metode ini populer karena sangat sederhana. Sejak ilmu nanomaterial berkembang, teknologi nanomaterial pun mengikutinya. Mesin produksi untuk mensintesa nanomaterial secara fisika dibuat baik untuk skala laboratorium maupun industri. Pada skala laboratorium telah dikembangkan beberapa jenis/model mesin seperti *planetary mill*, *vibration mill*, dan *shaker mill*.

2.3.1. Macam-Macam Mesin Produksi Nanomaterial

Mesin produksi nanomaterial umumnya pada skala laboratorium dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu :

- *Vibratory Mill*

Vibratory mill adalah salah satu mesin yang digunakan untuk memproduksi nanomaterial dengan memanfaatkan energi impact dari bola yang bergerak bolak balik dengan frekuensi tertentu. Osilasi horizontal maupun vertikal dimanfaatkan untuk mempercepat gerakan bola di dalam tabung sehingga meningkatkan energi impact yang terjadi antara bola dengan material. Frekuensi osilasi getaran pada beberapa *vibratory mill* mencapai 30 Hz menjadikan faktor frekuensi ini menjadi salah satu kunci kecepatan produksi nanomaterial.

- *Planetary Mill*

Mesin ini dibuat dengan pemanfaatan gaya sentrifugal sebagai sumber energi impact. Tabung yang berputar berisi bola penggilas dan material ditempatkan pada piringan yang berputar. Bola-bola penggilas didalam tabung yang berputar akan menerima gaya impact yang besar akibat gaya sentrifugal piringan yang berputar. Kecepatan v_1 dan v_2 memiliki arah yang berlawanan, gaya sentrifugal yang terjadi didalam tabung juga akan berubah-ubah menyebabkan bola dan material terangkat dari dinding tabung. Pada saat itu material keluar dari lintasan sentrifugal dan bergerak bebas didalam tabung hingga saling bertabrakan dengan dinding tabung (mode impact).

- *Shaker Mill*

Shaker Mill merupakan mesin produksi nanomaterial dengan sistem *shake* atau goncangan yang mengakibatkan energi dampak terjadi pada bola baja didalam wadah yang berisikan material yang akan diproduksi. Sehingga terjadi penggerusan oleh bola baja terhadap material yang akan diproduksi menjadi nanomaterial.

2.4. Aplikasi Desain *SolidWorks*

SolidWorks adalah apa yang kita sebut “parametrik” *modelling* yang *solid* yang diperuntukan untuk pemodelan desain 3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain dan secara otomatis mengubah *part solid* dan dokumentasi terkait (*blueprint*).

SolidWorks sendiri adalah *software* program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada Microsoft Windows. File *SolidWorks* menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Ini berarti bahwa ada berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (*part file*), SLDASM (*file assembly*), dengan *bitmap preview* dan meta data sub-file.

Berbagai macam *tools* dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan *format file biner*. *SolidWorks* adalah *parasolid* yang berbasis *solid modelling*, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan *assembly* atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model.

Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti *tangen*, *paralel*, *konsentris*, *horizontal* atau *vertikal*. parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain.

2.5. Pembuatan dan Pemilihan Konsep

Pengembangan konsep produk dibuat dengan memerhatikan persyaratan yang ada sesuai dengan daftar kebutuhan. Konsep yang dibuat terdiri dari 3 konsep yang berbeda, tanpa diberi ukuran detail, tetapi hanya bentuk dan dimensi dasar produk.

Tahapan selanjutnya adalah pemilihan konsep yang akan dikembangkan dari alternatif pengembangan konsep yang telah dibuat. Dasar pemilihan konsep yang digunakan sebagai referensi secara umum dalam pemilihan konsep menggunakan pertimbangan yang berasal dari spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Penilaian pemilihan konsep ini didasari atas beberapa aspek teknik dan ekonomis agar konsep yang terpilih merupakan konsep yang terbaik sesuai dengan kebutuhan konsumen. Kriteria dalam penyeleksian diberi bobot sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya konsep diseleksi dengan cara pemberian nilai 1-4.

2.5.1. Kriteria Penilaian

Setelah menyusun alternatif fungsi keseluruhan, penilaian variasi konsep dilakukan untuk memutuskan alternatif yang akan ditindaklanjuti ke proses pembuatan draft. Kriteria aspek penilaian berdasarkan daftar tuntutan yang ada. Skala penilaian yang diberikan untuk menilai setiap varian terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skala Penilaian Alternatif Fungsi

Nilai	Keterangan
1	Kurang Baik
2	Cukup Baik
3	Baik
4	Sangat baik

2.5.2. Bobot Tuntutan

Bobot penilaian berdasarkan tuntutan yang ada yang telah disepakati bersama ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Bobot Penilaian

No	Tuntutan	Bobot
1	Primer	5
2	Sekunder	3
3	Tersier	2

2.5.3. Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahap ini tujuannya adalah untuk mendeskripsikan tuntutan yang diinginkan dari masing-masing fungsi bagian sehingga dalam pembuatan alternatif dari fungsi bagian mesin *shaker mill* sesuai dengan apa yang diinginkan.

Ada beberapa fungsi yang terdapat pada alat yang akan dibuat, diantaranya :

1. Sistem Tenaga dan Kontrol
2. Sistem Rangka
3. Sistem Transmisi
4. Sistem Penumbuk

2.5.4. Penilaian Alternatif Fungsi

Untuk memilih alternatif fungsi maka dilakukan terlebih dahulu penilaian pada tiap kriteria untuk mendapat suatu konsep yang terbaik. Untuk proses penilaian mengacu pada Tabel 2.1.

2.5.5. Kombinasi Fungsi Bagian

Mengkombinasi alternatif fungsi bagian yang akan dipilih menjadi satu sistem yang dapat digunakan.

2.5.6. Keputusan

Pada tahap ini, yang dipilih konsep yang terbaik setelah melakukan pertimbangan dari segi teknis, ekonomis, segi perawatan maupun pembuatan.

2.5.7. Perancangan Mesin

Perancangan bentuk mesin merupakan proses perbaikan dan pengembangan lebih lanjut dari konsep produk yang telah dipilih dari alternatif-alternatif konsep produk. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam proses merancang, yaitu :

1. Fungsi
2. Keterbatasan ruang
3. Bahan
4. Cara pembuatan elemen

Keempat faktor ini sangat berkaitan, setelah fungsi elemen diketahui maka dapat dirancang batas ruang yang terpakai lalu dapat dipilih material yang akan digunakan. Sebuah rancangan harus memperhatikan kesulitan pembuatan dan juga efektifitas yang akan digunakan.

Selain itu, faktor pendukung lain dalam perancangan adalah :

a) Standarisasi

Dalam merancang suatu produk sebaiknya menggunakan elemen-elemen standar untuk menghemat biaya produksi.

b) Ergonomis

Merupakan ilmu yang mempelajari tentang hubungan manusia (anatomi tubuh manusia) dengan lingkungannya. Dalam merancang suatu produk yang langsung kontak dengan tubuh manusia, harus disesuaikan dengan anatominya.

c) Perawatan

Perancangan pembuatan suatu produk harus dipertimbangkan, sehingga usia pakai bisa bertahan lama dan dapat dengan mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan pada suatu elemen didalamnya, serta identifikasi bagian-bagian yang rawan atau memerlukan perawatan khusus.

Elemen literatur untuk membantu dalam proses pemecahan masalah diambil dari teori-teori yang diperoleh selama masa perkuliahan di kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, serta buku-buku yang berkaitan dengan masalah yang diambil. Sistem-sistem utama yang digunakan pada pembuatan mesin *Shaker Mill* adalah :

1. Sistem Tenaga dan Kontrol

Motor listrik merupakan alternatif yang dipilih sebagai sistem tenaga dan kontrol yang digunakan pada mesin *shaker mill*. Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini biasanya digunakan untuk memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan *compressor*, menggerakkan *conveyor*, mengangkat bahan, dll. Motor listrik kadang kala disebut “kuda kerja“ nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik. Motor listrik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Motor Listrik

2. Sistem Rangka

Pembuatan rangka mesin terdiri dari 3 jenis, yaitu :

- Rangka yang dibuat dengan pengencangan baut

Rangka jenis ini kurang kokoh dan kurang meredam getaran karena dibuat dengan penyambungan dengan pengencangan baut dan mur, namun mudah di bongkar pasang.

- Rangka yang dibuat dengan pengelasan

Rangka jenis ini kokoh dan mudah dibuat serta bersifat permanen tidak bisa dilepas pasang, jika ingin melepas/pasang maka harus merusak rangka pada bagian yang di las.

- Rangka yang dibuat dengan kombinasi las dan baut

Rangka jenis ini kokoh dan sedikit rumit dibuat, namun mudah dilepas pasang.

3. Sistem Transmisi

Puli dan sabuk adalah sistem transmisi putaran dan daya untuk jarak poros yang cukup panjang dan bekerja gesekan sabuk yang mempunyai bahan yang fleksibel. Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk-V karena mudah dalam penanganannya dan harganya pun murah, serta mudah didapatkan di toko teknik. (Sularso & Kiyokatsu, 2004). Puli dan sabuk dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Puli dan Sabuk

Keuntungan penggunaan puli dan sabuk adalah sebagai berikut :

1. Mampu menerima putaran cukup tinggi dan beban cukup besar
2. Pemasangan untuk jarak sumbu relatif panjang
3. Murah dan mudah dalam penanganan
4. Untuk jenis sabuk datar mempunyai keleluasaan posisi sumbu
5. Meredam kejutan dan hentakan
6. Tidak perlu sistem pelumasan

Adapun juga kerugiannya adalah sebagai berikut :

1. Suhu kerja terbatas sampai 80°C
2. Jika RPM terlalu tinggi maupun terlalu rendah tidak efektif
3. Selain *timing* sabuk pada pemindahan putaran terjadi selip
Tidak cocok untuk beban berat
4. Sistem Penumbuk

Sistem penumbuk yang digunakan pada mesin *shaker mill* ini menggunakan bola baja yang diisi didalam wadah beserta bahan yang akan

ditumbuk. Kemudian menggunakan poros eksentrik dan piston untuk mendorong wadah kapsul agar bergoncang sehingga bola baja di dalam wadah kapsul bergerak bebas menumbuk/menggerus SnO₂. Adapun posisi mekanisme penumbukan antara lain :

1. Posisi penumbukan *vertikal*
2. Posisi penumbukan *horizontal*
3. Posisi penumbukan *vertikal* dan kemiringan 60°

2.6. Elemen Mesin

Elemen mesin terdiri dari elemen pengikat, elemen pemindah dan elemen penunjang.

2.6.1. Elemen Pengikat

Dalam suatu sistem pemesinan tentu akan membutuhkan suatu alat yang dapat mengikat ataupun menghubungkan antara satu bagian dengan bagian lainnya. Secara garis besar elemen pengikat dibagi dua bagian, yaitu :

2.6.1.1. Elemen Pengikat yang Dapat Dilepas

Elemen pengikat yang dapat dilepas merupakan alat atau komponen dari mesin yang digunakan untuk mengikat atau menghubungkan suatu bagian dengan bagian lainnya namun bisa dilepas ataupun dipasang kembali dan tidak merusak komponen ataupun bagian itu sendiri. Secara umum elemen pengikat yang dapat dilepas antara lain :

a) Baut

Baut adalah suatu elemen pengikat yang selalu berpasangan dengan mur atau pasangan langsung pada rumah mesin.

b) Mur

Mur adalah elemen mesin yang merupakan pasangan ulir luar pada baut yang pada umumnya sudah memiliki standar. Sering kali mur dibuat langsung pada salah satu dari dua bagian pelat yang disambung. Gerak mur terhadap baut yaitu gerak lurus dan putar.

c) Pasak

Pasak adalah elemen mesin penghubung antara dua poros dengan lubang yang bersifat semi permanen. Bentuk dasarnya berupa balok dari logam yang dibuat khusus menurut kebutuhan. Pasak juga biasanya digunakan untuk menyambung poros dengan roda gigi sehingga terjamin tidak berputar pada poros. Adapun fungsi pasak antara lain:

1. Sebagaiudukan pengarah pada kontruksi gerakan
2. Sebagai penyalur putaran dari poros ke lubang atau sebaliknya

d) Ring

Ring merupakan salah satu bagian elemen mesin yang penting dalam pengikatan yang berfungsi sebagai pelengkap peningkatan mutu pengikatan maupun sebagai pengikat atau penahan langsung pada pengikatan baut-mur.

2.6.1.2. Elemen Pengikat yang Tidak Dapat Dilepas

Elemen pengikat yang tidak dapat dilepas merupakan suatu alat atau komponen dari mesin yang digunakan untuk mengikat atau menghubungkan suatu bagian dengan bagian lainnya dan tidak bisa dilepas atau bersifat permanen. Untuk melepas elemen ini berarti merusak komponen ataupun bagian itu sendiri dan tidak bisa digunakan kembali yang berarti harus diganti baru. Secara umum elemen pengikat yang tidak dapat dilepas antara lain :

a) Keling

Keling adalah salah satu jenis elemen pengikat yang tidak bisa dilepas atau bersifat permanen dengan menggunakan paku keling. Elemen ini merupakan sambungan tetap karena sambungan ini bila dibuka harus merusak(*destructive*) paku kelingnya dan tidak bisa dipasang lagi, kecuali mengganti paku kelingnya dengan yang baru.

b) Perekat

Perekatan adalah salah satu elemen pengikat yang tidak bisa dilepas. Perekat berfungsi untuk penyambungan bahan yang sama atau bahan yang berbeda baik logam maupun bukan logam, dengan memanfaatkan kontak permukaan ditambah bahan perekat sebagai media penyambungan.

c) Las

Mengelas adalah menyambung dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu lebur dengan memakai bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi.

2.6.2. Elemen Pemindah

Elemen pemindah adalah bagian dari mesin atau peralatan sistem mekanik yang berfungsi sebagai pembawa, pemindah atau penerus, pendukung dan pengatur suatu gerak atau putaran yang bekerja antara beberapa sistem mekanik dalam suatu unit mesin.

2.6.2.1. Poros

Poros adalah komponen mesin yang biasanya memiliki penampang potong lingkaran dan menjadi tempat dipasangnya elemen-elemen mesin seperti roda gigi, puli, dan sebagainya. Poros yang beroperasi akan mengalami beberapa pembebanan seperti tarikan, tekan, bengkokan, geser, dan puntiran akibat gaya-gaya yang bekerja.

Untuk mencari gaya reaksi pada tumpuan dapat menggunakan hukum Newton III tentang kesetimbangan gaya dimana:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0 \quad \text{Persamaan 2.1}$$

Sedangkan untuk menentukan diameter poros, terlebih dahulu dihitung perhitungan momen bengkok maksimum.

1) Perhitungan Momen

a. Momen Bengkok

Rumus umum perhitungan momen bengkok adalah:

$$M_b = F \times l \quad \text{Persamaan 2.2}$$

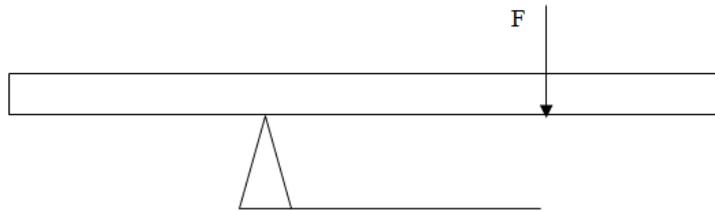
Keterangan :

M_b = Momen Bengkok (Nm)

F = Gaya yang terjadi (N)

l = Jarak (m)

Momen bengkok yang akan dihitung pada poros dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Momen Bengkok pada Poros

b. Momen Puntir

Rumus umum perhitungan momen puntir adalah:

$$M_p = 9550 \frac{cb.P}{n} \quad \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan :

- M_p = Momen puntir (Nm)
- 9550 = Faktor penyesuaian satuan
- C_b = Faktor pemakaian (lihat lampiran 2)
- P = Daya motor (Kw)
- n = Putaran motor (rpm)

c. Momen Gabungan

Rumus untuk menghitung momen gabungan adalah :

$$M_r = \sqrt{M_b^2 + 0,75 (\alpha_o . M_p)^2} \quad \text{Persamaan 2.4}$$

Keterangan :

- M_r = Momen gabungan (Nmm)
- M_b = Momen bengkok (Nmm)
- M_p = Momen puntir (Nmm)
- α_o = Faktor beban (lihat lampiran 3)

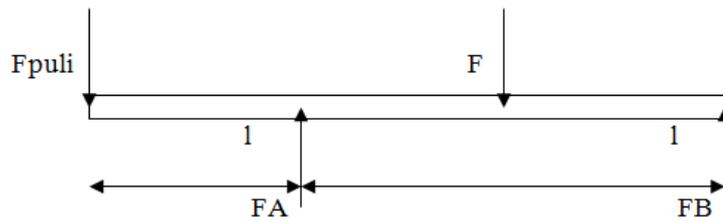
2) Perhitungan Poros

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_r}{0.1 . \sigma_{bijin}}} \quad \text{Persamaan 2.5}$$

Keterangan :

- M_r = Momen gabungan
- Σ_{bijin} = Tegangan bengkok izin sesuai material yang digunakan

Keterangan yang akan dihitung pada poros dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram Benda Bebas Poros

2.6.2.2. *Bearing* atau Bantalan

Bantalan/*Bearing* merupakan bagian elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan poros dapat berlangsung dengan halus dan tidak bersuara, aman dan umur pakai dari poros dapat dipakai dalam jangka waktu yang lama.

- Blok bearing

Blok *bearing* biasanya dipasang di lingkungan yang relatif bersih dan umumnya digunakan untuk beban yang lebih rendah dari industri umum. Ini berbeda dari "blok Plummer" yang merupakan rumah bearing yang dibuat tanpa bearing didalamnya (rumah dan bearing terpisah) dan biasanya digunakan untuk penggunaan beban yang lebih tinggi dan lingkungan industri yang korosif. Namun istilah blok *bearing* dan blok plummer digunakan secara bergantian di negara-negara tertentu. Aplikasi mendasar dari kedua jenis tersebut adalah sama yaitu untuk memegang bantalan/*bearing* antara bagian luar yang diam (*stator*) terhadap bagian dalam yang berputar (rotasi cincin *bearing*) agar tetap pada posisinya masing-masing. blok *bearing* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Blok *Bearing*

Umur bantalan dipengaruhi oleh:

1) Keausan (*wear life*)

Usia bantalan sebelum mengalami keausan yaitu jangka waktu selama bantalan masih berfungsi dengan baik sesuai dengan fungsi dengan penggunaannya.

2) Kelelahan (*Fatigue*)

Sebab utama kelelahan pada bantalan adalah karena adanya tegangan dalam yang sangat besar yang terjadi pada bagian bantalan yang menggelinding sehingga berakibat merusak bagian luncur baik luar maupun dalam. Dalam pemilihan bantalan ada beberapa perhitungan yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis bantalan gelinding yang digunakan, yaitu:

1. Beban yang diterima
2. Putaran (rpm)
3. Jenis peralatan
4. Dimensi bantalan

Rumus menentukan umur bearing adalah:

$$F_n = \left[\frac{33.3}{n} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Persamaan 2.6}$$

$$F_h = F_n \frac{C}{p}$$

$$L_h = 500 F_h^3 \quad \text{Persamaan 2.7}$$

Keterangan:

F_n = Faktor kecepatan

F_h = Faktor umur

L_h = Umur minimal

n = Jumlah putaran per menit (rpm)

C = Beban dinamis spesifik (kg) (lihat lampiran 4)

p = Beban ekivalen dinamis (kg)

2.6.2.3. Sabuk dan Puli

Sabuk-V merupakan solusi yang dapat digunakan karena termasuk salah satu elemen transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai

penampang trapesium. Dalam penggunaannya sabuk-V dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V pula.

Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga melebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Putaran puli penggerak dan yang digerakkan berturut-turut adalah n_1 rpm dan n_2 rpm dan diameter nominal masing-masing adalah d_p (mm) dan D_p (mm), maka perbandingan putaran yang umum dipakai ialah perbandingan reduksi (i) dimana :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p} \quad \text{Persamaan 2.8}$$

Keterangan :

- i = Perbandingan reduksi
- n_1 = Putaran motor (rpm)
- n_2 = Putaran keluar (rpm)
- D_p = Diameter puli besar (mm)
- d_p = Diameter puli kecil (mm)

Sabuk-V banyak digunakan karena sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu sabuk-V juga memiliki keunggulan lain dimana sabuk-V akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tidak bersuara. Sedangkan salah satu kelemahan yang dimiliki sabuk-V dapat memungkinkan untuk terjadi slip.

Oleh karena itu, perencanaan sabuk-V perlu dilakukan untuk memperhitungkan jenis sabuk yang digunakan dan panjang sabuk yang digunakan. Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan dalam perancangan sabuk-V antara lain:

1). Daya Rencana:

$$P_d = f_c \times P \quad \text{Persamaan 2.9}$$

Keterangan :

- f_c = faktor koreksi (lihat lampiran 5)
- P = daya (kW)
- P_d = daya rencana (kW)

2). Momen rencana (T1, T2)

$$Pd = \frac{(T/1000)(2\pi n_1/60)}{102}$$

$$T = \frac{60 \times 1000 \times 102 \times Pd}{2\pi n_1}$$

Sehingga mendapatkan formula seperti dibawah ini

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{Pd}{n_1}\right) \text{ (kg.mm)} \quad \text{Persamaan 2.11}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{Pd}{n_2}\right) \text{ (kg.mm)} \quad \text{Persamaan 2.12}$$

Keterangan:

P_d = Daya rencana (kw)

n_1 = Putaran poros penggerak (rpm)

n_2 = Putaran poros yang digerakkan (rpm)

3). Kecepatan sabuk

$$V = \frac{d_p \times n}{60 \times 1000} \quad \text{Persamaan 2.13}$$

Keterangan:

V = Kecepatan puli (m/s)

d_p = Diameter puli (mm)

n_1 = Putaran puli (rpm)

4). Panjang keliling (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{1}{4C} (D_p + d_p)^2 \quad \text{Persamaan 2.14}$$

5). Jarak sumbu poros (C)

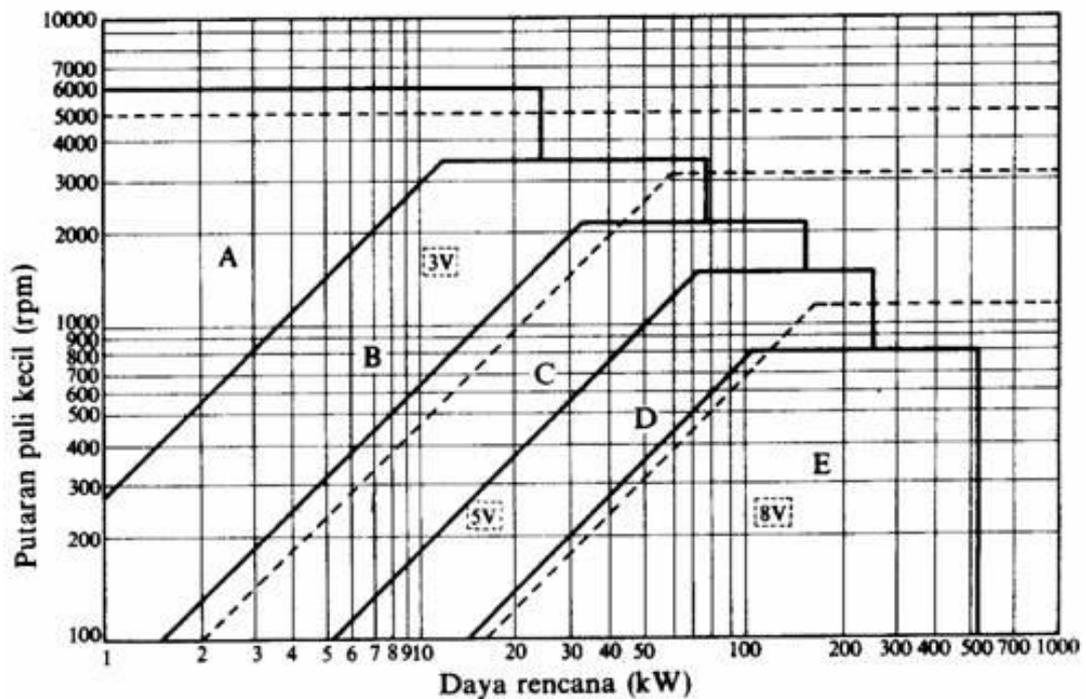
$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad \text{Persamaan 2.13}$$

$$\text{Dimana } b = 2L - 3,14(D_p + d_p) \quad \text{Persamaan 2.14}$$

6). Sudut kontak (θ)

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(D_p - d_p)}{c} \quad \text{Persamaan 2.15}$$

Pemilihan sabuk-V dilihat dari daya rencana dan putaran pulinya. Cara memilihnya ialah menarik garis lurus dari daya rencana dan putaran puli kemudian dipertemukan. Setelah itu kita bisa melihat tipe sabuk apa yang kita gunakan. Diagram pemilihan sabuk-V dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Pemilihan Sabuk-V

2.6.2.4. Pegas

Pegas adalah benda elastis yang digunakan untuk menyimpan energi mekanis. Pegas biasanya terbuat dari baja. Ada beberapa rancangan pegas. dalam pemakaian sehari-hari, istilah ini mengacu pada *coil springs*. Pegas juga ditemukan di sistem suspensi mobil. Pada mobil, pegas memiliki fungsi menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung. Selain itu, pegas juga berguna untuk menambah daya cengkraman ban terhadap permukaan jalan.

Bila pegas konvensional, tanpa fitur variabilitas kekakuan, ditekan atau ditarik dari posisi bebasnya, akan menggunakan gaya yang berlawanan kira-kira sebanding dengan perubahan panjangnya (perkiraan ini akan berbeda pada defleksi yang lebih besar). Laju pegas atau konstanta pegas adalah perubahan gaya yang diberikannya, dibagi dengan perubahan defleksi pegas. Artinya, ini adalah gradien gaya versus kurva defleksi. Tingkat peregangan ataupun tingkat kompresi pegas

dinyatakan dalam satuan gaya yang dibagi dengan jarak, misalnya N/m atau (dalam sistem satuan imperial) lbf/in.

Tipe-tipe pegas antara lain adalah:

1. Pegas tensi (menjadi lebih panjang jika tidak bebas)
2. Pegas kompresi (menjadi lebih pendek jika tidak bebas)
3. Pegas torsi (*torsion spring*). Pegas jenis ini dibentuk dari batang baja yang elastis terhadap *torsi* (puntiran)
4. Pegas konstan
5. Pegas variabel

Berdasarkan bentuk, pegas dibagi dalam:

1. Pegas ulir yang dibuat dari batang baja dan memiliki bentuk spiral.
2. Pegas daun dibuat dari bilah baja yang bengkok dan lentur.
3. Pegas yang dibentuk dengan mesin (*Machined spring*)

BAB III

METODE PELAKSANAAN

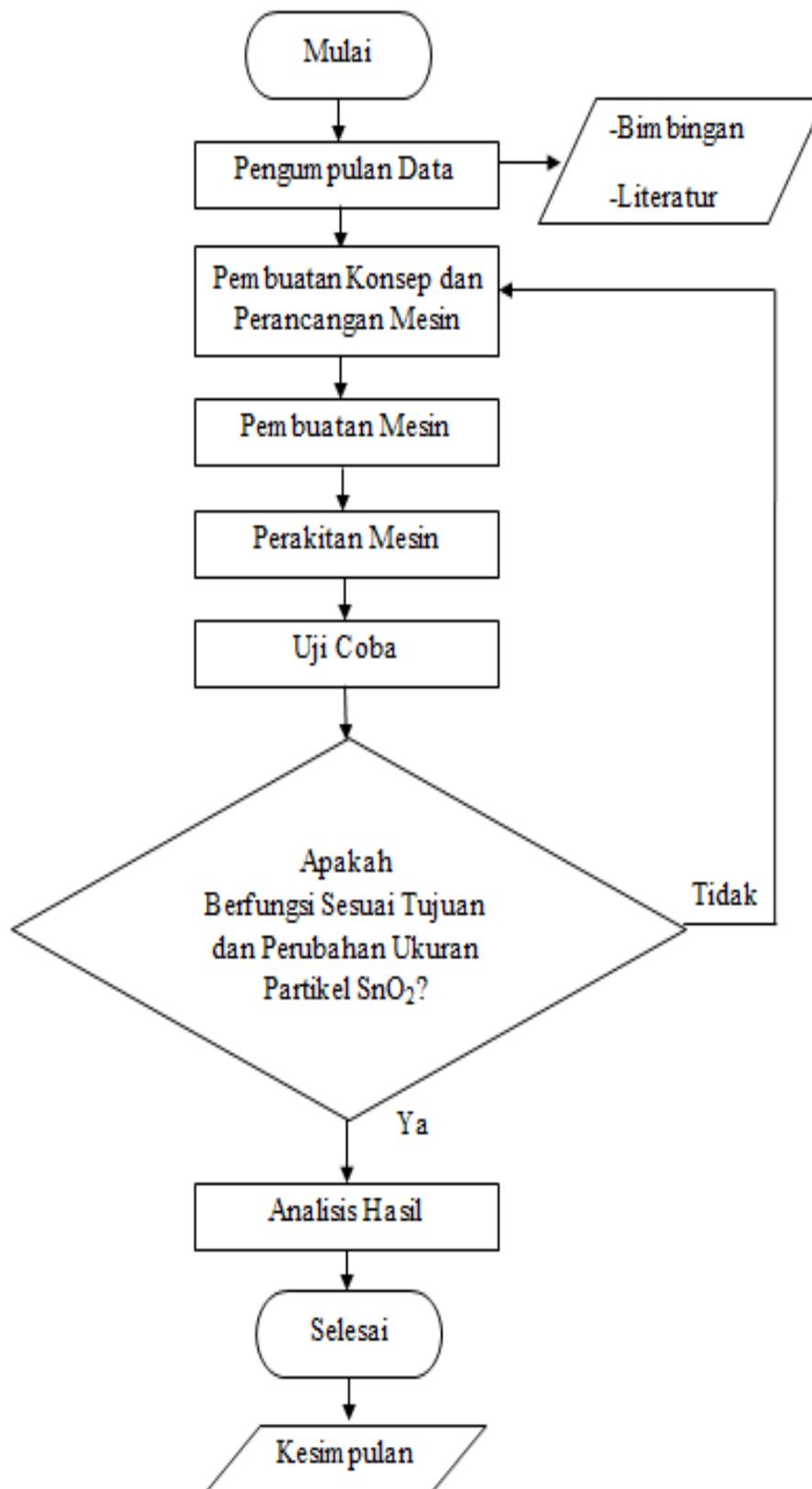
Metode pelaksanaan yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah dengan merancang kegiatan-kegiatan dalam bentuk diagram alir, dengan tujuan agar tindakan yang dilakukan lebih terarah dan terkontrol serta sebagai pedoman pelaksanaan proyek akhir agar target yang diharapkan dapat tercapai. Metode pelaksanaan yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam menyelesaikan proyek akhir ini mengacu pada metode perancangan *VDI (Verein Deutsche Ingenieuer) 2222*. *VDI 2222* merupakan salah satu metode yang paling tepat untuk dijadikan acuan dalam melakukan penelitian, Karena di dalam metode ini terdapat beberapa tujuan yang harus terpenuhi, diantaranya : Analisa, Mengkonsep, Merancang, dan Penyelesaian.

Metodelogi ini memberikan pedoman konseptual desain dengan beberapa pertimbangan:

- Metode ini mengakomodasi banyak metode sebelumnya yang kemudian dikembangkan menjadi lebih padat dalam kesatuan yang padu.
- Metode ini sudah menjadi dasar untuk pengembangan metode selanjutnya,
- Metode ini secara luas dapat diimplementasikan dalam proses perancangan produk dalam berbagai sektor

3.1. Tahapan – Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan data, pembuatan konsep dan perancangan mesin, setelah itu proses pembuatan mesin dan perakitan, kemudian dilakukan uji coba, jika berhasil mesin berfungsi maka dilakukan analisa hasil mesin. Namun jika gagal, dilakukan pembuatan dan perbaikan ulang hingga berhasil. Diagram alir proses pembuatan mesin *shaker mill* untuk produksi nano-SnO₂ ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Metode Pelaksanaan

3.1.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yang bertujuan untuk mendapatkan data-data yang mendukung untuk pembuatan mesin *shaker mill* untuk produksi nano-SnO₂. Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan adalah:

1). Bimbingan dan Konsultasi

Metode pengumpulan data untuk mendukung pemecahan masalah, dari pembimbing dan pihak-pihak lain, agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

2). Literatur

Pembuatan alat ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber yang terkait dengan masalah-masalah yang akan dibahas. Sumber tersebut berasal dari buku-buku referensi serta internet. Data-data yang telah berhasil dikumpulkan, diolah serta dianalisa untuk menentukan dan menyesuaikan dengan kebutuhan.

3.1.2. Pembuatan Konsep dan Proses Perancangan

Pada tahap ini akan dibuat beberapa konsep atau sketsa dari mesin berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan. Semakin banyak konsep yang dapat dibuat, semakin baik. Hal ini disebabkan karena desainer dapat memilih alternatif - alternatif konsep. Konsep produk tidak diberi ukuran detail, tetapi hanya bentuk dan dimensi dasar produk. Pada tahap evaluasi setiap konsep produk dibandingkan dengan konsep produk lain, satu per satu secara berpasangan dalam hal kemampuan memenuhi dan kemudian memberi skor pada hasil perbandingan lalu menjumlahkan skor yang diperoleh setiap konsep produk. Konsep produk dengan skor tertinggi adalah yang terbaik.

Dari konsep yang terpilih akan dirancang komponen pelengkap produk. Perhitungan desain secara menyeluruh akan dilakukan, misalnya perhitungan gaya-gaya yang bekerja, momen yang terjadi, daya yang dibutuhkan (pada transmisi), kekuatan bahan (material), pemilihan material, pemilihan komponen penunjang, faktor penting seperti faktor keamanan, keandalan, dan lain-lain.

3.1.3. Pembuatan Mesin / Fabrikasi

Setelah rancangan telah selesai maka dilanjutkan ke proses pemesinan. Pembuatan mesin yang telah dianalisis dan dihitung berdasarkan hasil tahapan perancangan yang telah dianalisis dan dihitung sehingga mempunyai arah yang jelas dalam proses pembuatannya. Proses pemesinan yang dilakukan dalam pembuatan bagian-bagian menggunakan mesin *bubut*, *milling*, *welding*, dan *gerinda*.

3.1.4. Perakitan (*Assembling*)

Proses perakitan adalah proses penggabungan komponen-komponen dalam suatu bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk mekanisme kerja sesuai dengan yang diinginkan. Proses perakitan mesin dilakukan setelah proses pemesinan dilakukan selanjutnya dengan memasang dan merakit semua komponen yang telah dibuat, baik komponen utama, komponen pendukung, maupun komponen standar menggunakan metode penyambungan secara permanen dan non permanen.

3.1.5. Uji Coba

Setelah mesin sudah selesai di tahapan perakitan, dilanjutkan ke tahapan uji coba. Dalam suatu percobaan sebuah alat biasanya mengalami kegagalan sehingga sebelum dilakukan proses percobaan alat sebaiknya dipersiapkan semaksimal mungkin agar alat yang akan dicoba dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Apabila dalam uji coba alat ini mengalami kegagalan maka sebaiknya dilakukan evaluasi tentang apa yang menyebabkan kegagalan tersebut, kemudian lakukan perbaikan. Setelah itu lakukan uji coba kembali, jika berhasil sesuai dengan yang diinginkan maka pembuatan alat telah selesai.

3.1.6. Analisis Hasil

Analisis dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan ketika menggunakan mesin dan melihat hasilnya apakah sudah mencapai target atau belum.

3.1.7. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan suatu gambaran umum dari semua proses dan hubungannya dengan tujuan serta hasil yang diharapkan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya dengan melakukan studi literatur baik melalui bimbingan/konsultasi, referensi buku, jurnal dan penelusuran di internet. Data dan referensi tersebut berupa jurnal ataupun makalah tentang pembuatan dan pengembangan mesin untuk produksi nanomaterial dari berbagai macam jenis dan mekanisme mesin produksi nanomaterial. Data tersebut dianalisa dan diolah kemudian dilakukan bimbingan dan konsultasi untuk dikembangkan ide mekanisme mesin agar terpilih mekanisme atau prinsip kerja yang tepat dan lebih baik dalam perancangan dan pembuatan mesin produksi nanomaterial untuk produksi nano-SnO₂. Mesin yang dibuat lebih memiliki keunggulan dalam memproduksi nano- SnO₂, sebelumnya jenis mesin yang dibuat berdasarkan data dan referensi ini dibuat menggunakan metode *ball mill* yaitu penggerusan material menggunakan bola baja pada posisi *horizontal*. Setelah dianalisa dan dirumus permasalahan sesuai latar belakang, mesin ini akan dikembangkan dengan metode *shaker mill* dengan mekanisme pegas dan posisi penumbukan *vertikal* atau kemiringan tertentu 60°, diharapkan sistem pegas dan posisi penumbukan *vertikal* / kemiringan tertentu 60° dapat meningkatkan energi impak osilasi bola baja di dalam wadah kapsul agar penggerusan material hingga skala nano lebih optimal.

4.2. Pembuatan Konsep Mesin

Dalam mengkonsep mesin produksi nano-SnO₂ ini dimulai dengan tahap penguraian fungsi mesin sesuai daftar tuntutan dan tujuan yang diinginkan, sub fungsi mesin, alternatif fungsi hingga didapatkan varian konsep yang memiliki nilai bobot yang paling baik sesuai tujuan yang diinginkan. Beberapa tahap mengkonsep tersebut antara lain :

4.2.1. Daftar Tuntutan

Tahap pertama dalam mengkonsep adalah mengumpulkan daftar tuntutan. Beberapa tuntutan yang harus dipenuhi mesin yang dirancang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar Tuntutan

No.	Jenis Tuntutan	Daftar Tuntutan
1.	Tuntutan Utama /Primer	<ul style="list-style-type: none">a. Rancang bangun di pengaruhi dengan getaran kapsul, jumlah bola baja, dan posisi wadah kapsul vertikal atau kemiringan tertentu.b. Hasil mesin <i>shaker mill</i> dapat diukur di lab tertentu untuk memastikan ukuran hasil produk.
2.	Tuntutan Sekunder	<ul style="list-style-type: none">a. Hasil penggerusan material dapat dilihat secara visualb. Bahan yang di proses bisa selain SnO₂c. Hemat daya
3.	Tuntutan Tersier	<ul style="list-style-type: none">a. Dapat dipindahkan (<i>portable</i>)b. Dapat dioperasikan dengan mudahc. Terjangkau dan tidak sulit dalam perawatan

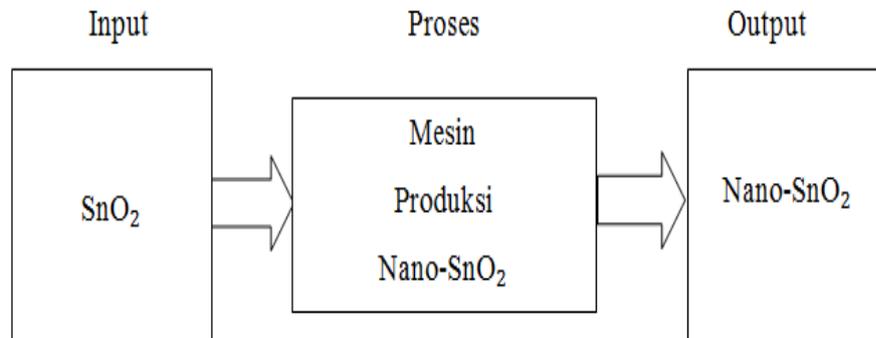
4.2.2. Metode Penguraian Fungsi

Pada tahapan ini dilakukan proses penguraian sistem mesin untuk pemecahan masalah dengan menggunakan *black box* untuk menentukan fungsi bagian utama pada mesin *shaker mill* untuk produksi nano-SnO₂.

Dari uraian fungsi mesin tersebut dapat di buat alternatif sub fungsi mesin berdasarkan masing-masing fungsi mesin yang akan dirancang sehingga diperoleh konsep mesin *shaker mill* untuk produksi nano-SnO₂ yang paling tepat dan optimal.

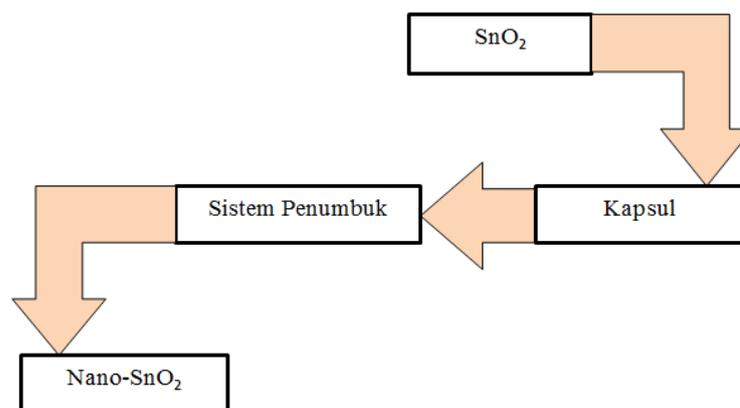
- *Black Box*

Mesin produksi nano-SnO₂ yang dirancang pada proyek akhir ini secara umum menggunakan metode *black box* yang menggambarkan input dan output dari proses yang terjadi di mesin produksi nano-SnO₂. Diagram *black box* ditunjukkan pada Gambar 4.1.



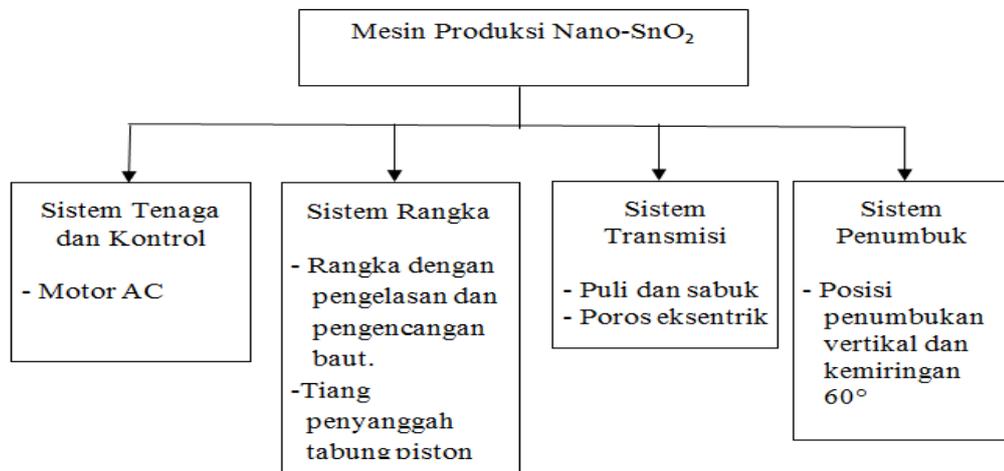
Gambar 4.1 *Black Box*

Alur perancangan dari mesin produksi nano-SnO₂ menerangkan tentang bagian yang dirancang pada mesin produksi nano-SnO₂. Hirarki fungsi alur perancangan ini ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hirarki Fungsi

Berdasarkan diagram struktur fungsi bagian, selanjutnya dirancang alternatif solusi perancangan mesin produksi nano-SnO₂ berdasarkan sub fungsi bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian

4.2.3. Sub Fungsi Bagian

Pada tahapan ini mendeskripsikan tuntutan yang diinginkan dari masing-masing fungsi bagian (Gambar 4.3) sehingga dalam pembuatan alternatif dari fungsi bagian sesuai dengan keinginan. Deskripsi fungsi bagian mesin produksi nano-SnO₂ dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi Bagian

No	Sistem	Fungsi/Deskripsi
1	Tenaga dan kontrol	Sebagai sumber tenaga menggerakkan keseluruhan sistem yang ada pada mesin.
2	Rangka	Menahan beban yang terdapat pada mesin disaat proses maupun tidak agar kondisi mesin tetap stabil.
3	Transmisi	Berfungsi sebagai media penyalur daya dari motor.
4	Penumbuk	Sebagai penggilas/penghancur material.

4.2.4. Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahapan ini disusun alternatif masing-masing fungsi bagian dari mesin yang akan dirancang. Pengelompokan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian dengan dilengkapi gambar serta keuntungan dan kerugian.

1) Sistem Tenaga dan Kontrol

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan Gambar 4.3 dan dilengkapi gambar rancangan beserta kelebihan dan kekurangan. Adapun alternatif sistem tenaga dan kontrol ditunjukkan pada Tabel 4.3.

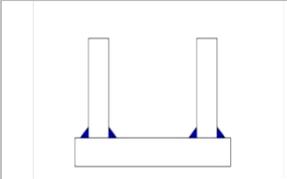
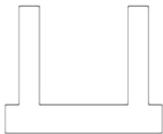
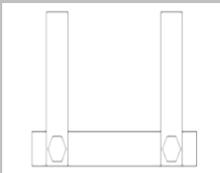
Tabel 4.3 Alternatif Sistem Tenaga dan Kontrol

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
A.1	 Motor DC	<ul style="list-style-type: none"> - Harga yang relatif murah - Rpm rendah dan tidak tetap sehingga bisa dikendalikan - Dimensi kecil - Berdaya rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah - Membutuhkan perawatan ekstra
A.2	 Motor AC	<ul style="list-style-type: none"> - Harga murah - Rpm tetap menengah - Dimensi tidak terlalu besar mudah dipindahkan - Berdaya cukup rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Motor yang tidak linier, sehingga sistem pengaturannya tidak semudah motor DC - Perawatan sedikit rumit jika terjadi kerusakan
A.3	 Motor Bakar	<ul style="list-style-type: none"> - Harga cukup mahal sesuai konstruksi dan torsi - Rpm bisa diatur sesuai stasioner - Dimensi besar cocok untuk mesin yang besar - Berdaya besar cocok untuk beban besar 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemungkinan gangguan kerusakan lebih besar - lebih banyak membutuhkan pemeliharaan dan perbaikan - Membutuhkan perawatan ekstra

2) Sistem Rangka

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan Gambar 4.3 dan dilengkapi gambar rancangan beserta kelebihan dan kekurangan. Adapun alternatif sistem rangka ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Alternatif Sistem Rangka

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
B.1	Pengelasan 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok pada beban yang berat karena lebih kokoh tidak mudah dibongkar - Minim perawatan pada elemen pengikat 	<ul style="list-style-type: none"> - Kontruksi rumit dan membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatan - Sulit dibongkar - Banyak memerlukan material
B.2	Pengelasan dan Baut 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah dalam pembongkaran untuk komponen tertentu - Dimensi rangka tidak terlalu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Penyimpangan ukuran dapat terjadi saat perakitan - Memerlukan banyak elemen pengikat
B.3	Baut 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah dalam bongkar pasang untuk komponen tertentu - Proses <i>assembly</i> rangka lebih mudah - Bentuk rangka lebih simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Material yang dibutuhkan banyak - Tidak cocok untuk beban yang lumayan berat dan getaran tinggi - Banyak memerlukan elemen pengikat

3) Sistem Transmisi

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan Gambar 4.3 dan dilengkapi gambar rancangan beserta kelebihan dan kekurangan. Adapun alternatif sistem transmisi ditunjukkan pada Tabel 4.5.

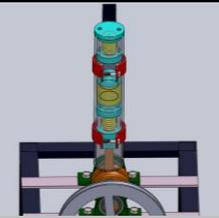
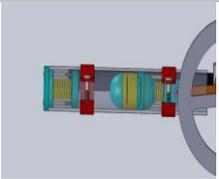
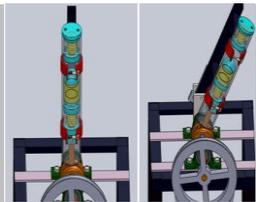
Tabel 4.5 Alternatif Sistem Transmisi

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
C.1	 <p>Roda gigi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mampu mencegah slip - Daya yang ditransmisikan lebih besar - Dapat digunakan pada temperatur tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak bisa mentransmisikan jarak yang jauh - Biaya pembuatan lebih mahal
C.2	 <p>Rantai dan Sproket</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat meneruskan daya tanpa slip serta mampu meneruskan daya besar - Dapat digunakan pada temperatur lebih tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Berisik - Terjadi variasi kecepatan - Cepat terjadi keausan pada rantai dan roda gigi - Tidak dapat dipakai untuk kecepatan tinggi
C.3	 <p>Sabuk dan Puli</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mampu menerima putaran cukup tinggi dan daya beban cukup besar tetapi bisa selip - Pemasangan untuk jarak sumbu relatif panjang - Mudah dan murah dalam penanganan 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu kerja agak terbatas - Jika rpm terlalu tinggi maupun rendah tidak efektif - Tidak cocok untuk beban berat

4) Sistem Penumbuk

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan Gambar 4.3 dan dilengkapi gambar rancangan beserta kelebihan dan kekurangan. Adapun alternatif sistem transmisi ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Alternatif Sistem Penumbuk

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
D.1	 <p>Tabung Diposisikan Vertikal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proses penumbukan menjadi lebih optimal karena gaya grafitasi lebih besar pada posisi tabung vertikal 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensi mesin menjadi lebih tinggi - Getaran mesin cukup kuat
D.2	 <p>Tabung Diposisikan Horizontal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Posisi tabung penumbukan <i>horizontal</i> sehingga dimensi mesin tidak terlalu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensi mesin tidak tinggi namun posisi <i>horizontal</i> energi impact tidak efektif
D.3	 <p>Tabung Diposisikan Vertikal dan Kemiringan (60°)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proses penumbukan menjadi lebih optimal karena gaya grafitasi lebih besar pada posisi tabung <i>vertical</i> - Dapat di <i>setting</i> kemiringan tabung penumbuk 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensi mesin menjadi lebih tinggi - Getaran mesin cukup kuat

4.2.5. Penilaian Alternatif Fungsi Bagian

Penilaian alternatif fungsi bagian dilakukan untuk memutuskan alternatif yang akan ditindaklanjuti ke proses pembuatan draft. Kriteria aspek penilaian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu penilaian aspek teknis dan aspek ekonomis. Skala kriteria penilaian yang diberikan untuk menilai setiap varian bisa dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kriteria Penilaian

Nilai	Keterangan
1	Kurang Baik
2	Cukup Baik
3	Baik
4	Sangat baik

Bobot penilaian dipilih berdasarkan tuntutan yang telah disepakati bersama. Bobot tuntutan diberikan untuk menilai setiap varian. Adapun bobot tuntutan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Bobot Tuntutan

No	Tuntutan	Bobot
1	Primer	5
2	Sekunder	3
3	Tersier	2

Setelah kriteria penilaian dan bobot tuntutan dibuat selanjutnya ialah menentukan skala penilaian alternatif fungsi bagian transmisi. Angka 5 pada bobot jika tuntutan primer, angka 3 pada bobot jika tuntutan sekunder dan angka 2 pada bobot jika tuntutan tersier dapat dilihat dari Tabel 4.8 Bobot Penilaian. Sedangkan angka 1,2,3,dan 4 pada fungsi bagian diperoleh dari hasil skala kriteria penilaian alternatif fungsi.

1) Penilaian Alternatif Fungsi Sistem Tenaga dan Kontrol

Penilaian alternatif fungsi sistem tenaga dan kontrol disesuaikan dengan daftar tuntutan dan bobot kriteria penilaian pada masing-masing varian alternatif. Penilaian alternatif ini dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Penilaian Alternatif Sistem Tenaga dan Kontrol

No.	Daftar Tuntutan	Bobot	Fungsi Bagian					
			Alt 1	Alt 2	Alt 3			
1.	Posisi wadah kapsul vertikal atau kemiringan tertentu.	5	-	-	-	-	-	-
2.	Hasil mesin <i>shaker mill</i> dapat diukur di lab tertentu	5	-	-	-	-	-	-
3.	Hasil penggerusan material dapat dilihat secara visual	3	-	-	-	-	-	-
4.	Bahan yang di proses bisa selain SnO ₂	3	-	-	-	-	-	-
5.	Hemat daya	3	4	12	3	9	3	9
6.	Dapat dipindahkan (<i>portable</i>)	2	3	6	4	8	4	8
7.	Dapat dioperasikan dengan mudah	2	2	4	4	8	4	8
8.	Terjangkau dan tidak sulit perawatan	2	3	6	4	8	3	6
Jumlah Total				28		33		31

2) Penilaian Alternatif Fungsi Sistem Rangka

Penilaian alternatif fungsi sistem rangka disesuaikan dengan daftar tuntutan dan kriteria penilaian pada masing-masing varian alternatif. Penilaian alternatif ini dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Penilaian Alternatif Sistem Rangka

No.	Daftar Tuntutan	Bobot	Fungsi Bagian					
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
1.	Posisi wadah kapsul vertikal atau kemiringan tertentu.	5	3	15	4	20	1	5
2.	Hasil mesin <i>shaker mill</i> dapat diukur di lab tertentu	5	-	-	-	-	-	-
3.	Hasil penggerusan material dapat dilihat secara visual	3	-	-	-	-	-	-
4.	Bahan yang di proses bisa selain SnO ₂	3	-	-	-	-	-	-
5.	Hemat daya	3	-	-	-	-	-	-
6.	Dapat dipindahkan (<i>portable</i>)	2	4	8	4	8	4	8
7.	Dapat dioperasikan dengan mudah	2	-	-	-	-	-	-
8.	Terjangkau dan tidak sulit perawatan	2	3	6	4	8	2	4
Jumlah Total				29		36		17

3) Penilaian Alternatif Fungsi Sistem Transmisi

Penilaian alternatif fungsi sistem transmisi disesuaikan dengan daftar tuntutan dan kriteria penilaian pada masing-masing varian alternatif. Penilaian alternatif ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Penilaian Alternatif Sistem Transmisi

No.	Daftar Tuntutan	Bobot	Fungsi Bagian					
			Alt 1	Alt 2	Alt 3			
1.	Posisi wadah kapsul vertikal atau kemiringan tertentu.	5	-	-	-	-	-	-
2.	Hasil mesin <i>shaker mill</i> dapat diukur di lab tertentu	5	-	-	-	-	-	-
3.	Hasil penggerusan material dapat dilihat secara visual	3	-	-	-	-	-	-
4.	Bahan yang di proses bisa selain SnO ₂	3	-	-	-	-	-	-
5.	Hemat daya	3	4	12	4	12	4	12
6.	Dapat dipindahkan (<i>portable</i>)	2	4	8	4	8	4	8
7.	Dapat dioperasikan dengan mudah	2	2	4	2	4	4	8
8.	Terjangkau dan tidak sulit perawatan	2	1	2	2	4	4	8
Jumlah Total				24		28		36

4) Penilaian Alternatif Fungsi Sistem Penumbuk

Penilaian alternatif fungsi sistem penumbuk disesuaikan dengan daftar tuntutan dan kriteria penilaian pada masing-masing varian alternatif. Penilaian alternatif ini dapat dilihat pada Tabel 4.12.

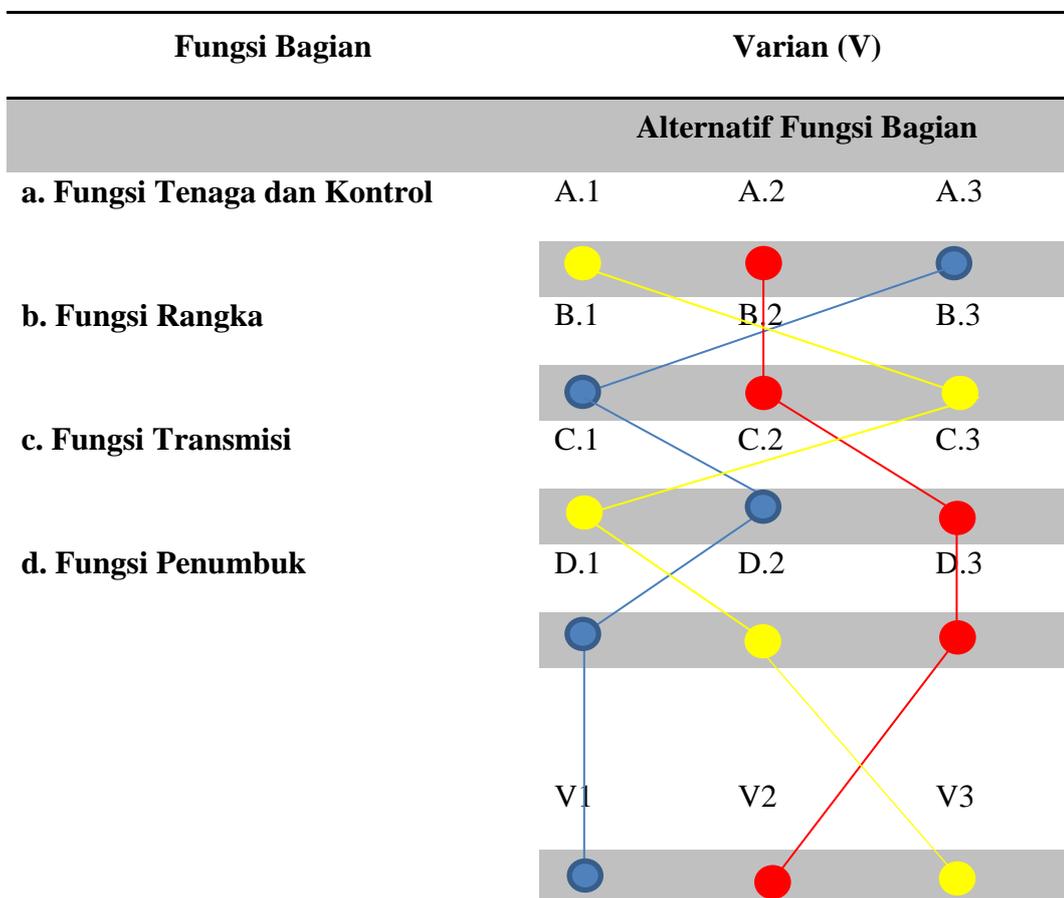
Tabel 4.12 Penilaian Alternatif Sistem Penumbuk

No.	Daftar Tuntutan	Bobot	Fungsi Bagian					
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
1.	Posisi wadah kapsul vertikal atau kemiringan tertentu.	5	4	20	1	20	4	20
2.	Hasil mesin <i>shaker mill</i> dapat diukur di lab tertentu	5	4	20	4	20	4	20
3.	Hasil penggerusan material dapat dilihat secara visual	3	3	9	2	6	4	12
4.	Bahan yang di proses bisa selain SnO ₂	3	4	12	4	12	4	12
5.	Hemat daya	3	-	-	-	-	-	-
6.	Dapat dipindahkan (<i>portable</i>)	2	3	6	3	6	4	8
7.	Dapat dioperasikan dengan mudah	2	4	8	4	8	4	8
8.	Terjangkau dan tidak sulit perawatan	2	4	8	4	8	4	8
Jumlah Total				86		80		88

4.3. Kombinasi Alternatif Varian Konsep

Dari masing –masing penilaian alternatif fungsi bagian, pada tahapan ini alternatif dari masing-masing fungsi bagian dipilih dan digabung satu sama lain sehingga terbentuk sebuah varian konsep mesin produksi nano-SnO₂ dengan jumlah varian minimal 3 jenis varian konsep. Hal ini dimaksudkan agar dalam proses pemilihan terdapat pembandingan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan. Pembuatan alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kotak Morfologi



Dengan menggunakan metode kotak morfologi, alternatif – alternatif fungsi bagian tersebut dikombinasikan menjadi alternatif fungsi keseluruhan. Untuk mempermudah dalam membedakan varian konsep yang telah disusun disimbolisasikan dengan huruf “V” yang berarti varian.

4.3.1. Varian Konsep 1

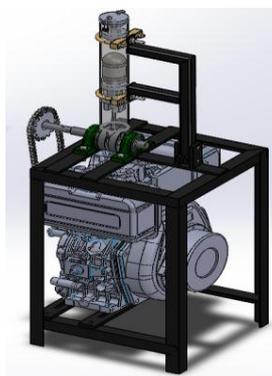
Varian konsep 1 menggunakan sistem tenaga dan kontrol berupa motor bakar, dan rangka yang dibuat dengan pengelasan. Selanjutnya sistem transmisi pada varian konsep ini menggunakan rantai dan sprocket. Pada sistem penumbuk dioperasikan pada posisi horizontal. Kombinasi konsep ini dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Kombinasi Varian Konsep 1

Alt	Bagian
A.3	Motor Bakar
B.1	Rangka dengan Pengelasan
C.2	Transmisi Rantai dan Sproket
D.1	Tabung Diposisikan <i>Vertikal</i>

Sistem kerjanya pada saat motor bakar dihidupkan maka putaran dari motor bakar akan diteruskan ke poros *eksentrik* dengan rantai dan sproket, dari poros *eksentrik* putaran tersebut dirubah menjadi gerak lurus, kemudian diteruskan ke piston hingga piston mendorong wadah kapsul dan terjadi guncangan di dalam wadah kapsul serta tabung penumbukan.

Keuntungan dari varian konsep ini yaitu rpm dapat mudah diatur dan torsi yang besar dari motor bakar serta tanpa selip pada sistem transmisi dan kerangka yang kokoh. Namun, kekurangan varian konsep ini yaitu tidak hemat daya serta konstruksi lebih rumit dan tidak ekonomis. Varian konsep 1 ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Varian Konsep 1

4.3.2. Varian Konsep 2

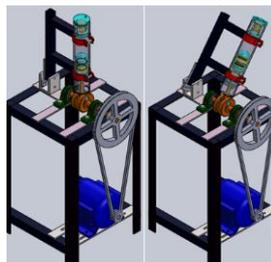
Varian konsep 2 menggunakan motor AC sebagai sistem penggerak dan rangka yang dibuat dengan pengencangan baut dan pengelasan. Selanjutnya sistem transmisi pada varian konsep ini menggunakan puli dan belt. Pada sistem penumbuk dioperasikan pada posisi *vertikal* dan kemiringan 60° . Kombinasi konsep ini dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Kombinasi Varian Konsep 2

Alt	Bagian
A.2	Motor AC
B.2	Rangka dengan Pengencangan Baut dan Pengelasan
C.3	Transmisi Puli dan Sabuk
D.3	Tabung Diposisikan <i>Vertikal</i> dan Kemiringan 60°

Sistem kerjanya pada saat sakelar ON, maka motor AC akan hidup dan berputar, putaran dari poros motor AC tersebut akan diteruskan ke poros *eksentrik* dengan puli dan sabuk, dari poros *eksentrik* putaran tersebut dirubah menjadi gerak lurus, kemudian diteruskan ke piston hingga piston mendorong wadah kapsul dan terjadi guncangan di dalam wadah kapsul serta tabung penumbukan.

Keuntungan dari varian konsep ini yaitu rpm yang tetap, hemat daya, serta rangka yang kokoh, mudah perawatan, murah/ekonomis dan terdapat variasi posisi penumbukan. Namun, kekurangan varian konsep ini yaitu kemungkinan terjadi slip pada puli dan sabuk serta konstruksi yang sedikit rumit. Varian konsep 2 ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Varian Konsep 2

4.3.3. Varian Konsep 3

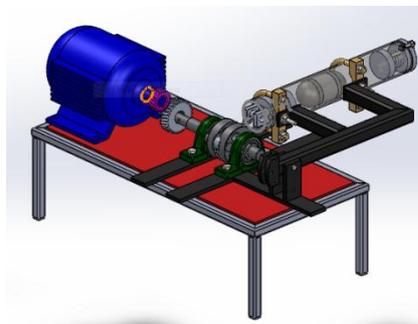
Varian konsep 3 menggunakan motor DC sebagai sistem penggerak dan rangka yang dibuat dengan pengencangan baut. Selanjutnya sistem transmisi pada varian konsep ini menggunakan roda gigi. Pada sistem penumbuk dioperasikan pada posisi *horizontal*. Kombinasi konsep ini dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Kombinasi Varian Konsep 3

Alt	Bagian
A.1	Motor DC
B.3	Rangka dengan Baut
C.1	Transmisi Roda Gigi
D.2	Tabung Diposisikan <i>Horizontal</i>

Sistem kerjanya pada saat sakelar ON, maka motor DC akan hidup dan berputar, putaran dari poros motor DC tersebut akan diteruskan ke poros *eksentrik* dengan roda gigi, dari poros *eksentrik* putaran tersebut dirubah menjadi gerak lurus, kemudian diteruskan ke piston hingga piston mendorong wadah kapsul dan terjadi guncangan di dalam wadah kapsul serta tabung penumbukan.

Keuntungan dari varian konsep ini yaitu rpm yang tetap, hemat daya, mudah perawatan konstruksi sederhana dan rangka yang bisa dilepas. Namun, kekurangan varian konsep ini yaitu material yang dibutuhkan banyak untuk rangka dengan pengencangan baut, serta kurang kokoh. Varian konsep 3 ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Varian Konsep

4.3.4. Penilaian Dari Aspek Teknis

Kriteria dari penilaian teknis dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kriteria Penilaian Teknis

No.	Kriteria Penilaian Teknis	Bobot	Varian Konsep 1	Varian Konsep 2	Varian Konsep 3	Total Nilai Ideal				
1.	Fungsi utama									
	- Output	3	3	9	3	9	3	9	4	12
	- Kemampuan penumbukan	3	3	9	4	12	3	9	4	12
	- Pengoperasian	3	3	9	3	9	3	9	4	12
2.	Kehandalan	3	2	6	4	12	3	9	4	12
3.	Konstruksi dan perakitan	3	3	9	3	9	3	9	4	12
4.	Perawatan	4	3	12	4	16	3	12	4	16
5.	Ergonomis	4	4	16	4	16	3	12	4	16
	Total	31	70	83	69	92				
	% Nilai		76	90	75	100%				
			%	%	%					

Keterangan $Nilai \% = \frac{Total\ nilai\ VK}{Total\ nilai\ ideal} \times 100\%$

4.3.5. Penilaian Dari Aspek Ekonomis

Kriteria penilaian dari aspek ekonomis dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Kriteria Penilaian Ekonomis

No.	Kriteria Penilaian Ekonomis	Bobot	Varian Konsep 1	Varian Konsep 2	Varian Konsep 3	Total Nilai Ideal				
1.	Material	3	3	9	3	9	3	9	4	12
2.	Proses pengerjaan	3	3	9	3	9	3	9	4	12
3.	Jumlah komponen	3	3	9	4	12	4	12	4	12
4.	Elemen standar	4	3	12	4	16	3	12	4	16
Total		13	39	46	42	52				
% Nilai			75	88	80	100				
			%	%	%	%				

$$\text{Keterangan Nilai \%} = \frac{\text{Total nilai VK}}{\text{Total nilai ideal}} \times 100\%$$

4.3.6. Nilai Akhir Varian Konsep

Tabel penilaian akhir dari variasi konsep yang sudah dibuat dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Penilaian Akhir Variasi Konsep

Variasi	Nilai Teknis	Nilai Ekonomi	Nilai Gabungan	Peringkat
V1	70	39	109	3
V2	83	46	129	1
V3	69	42	111	2

4.3.7. Keputusan Varian Konsep

Dari penilaian kotak morfologi di atas, varian yang dipilih adalah varian konsep (V2) yaitu dengan menggunakan sistem tenaga dan kontrol motor AC, rangka yang dibuat dengan pengelasan dan baut, dan sistem transmisi puli dan sabuk serta sistem penumbukan diposisikan vertikal dan kemiringan tertentu 60° sehingga diperoleh nilai total terbesar 129. Dari varian konsep tersebut kemudian dioptimasi sub fungsi yang ada sehingga diperoleh hasil rancangan yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan.

4.4. Pembuatan Rancangan

Dalam merancang kita menghasilkan draft dan rancangan yang akan dibuat menjadi mesin. Tahap-tahap pembuatan rancangan sebagai berikut:

4.4.1. Draft Rancangan

Setelah kombinasi varian konsep didapat, langkah selanjutnya adalah membuat gambar draft rancangan mesin *shaker mill*. Beberapa komponen dioptimasi untuk menghasilkan rancangan dengan detail konstruksi yang ringkas dan mudah dalam pemesinannya.

Aspek-aspek dalam merancang dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Ergonomi

Ergonomi memfokuskan diri pada manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan dimana sehari-hari manusia hidup dan bekerja. Salah satu hal yang berhubungan pada rancangan mesin *shaker mill* ini adalah: memudahkan dalam pelepasan tabung silinder karena menggunakan clamping sebagai pengikat tabung ke tiang penyanggah.

2) Merakit

Dalam melaksanakan kerja merakit, dimaksudkan benda yang akan dirakit tidak susah dan tidak memerlukan alat khusus. Seperti merakit mesin ini hanya menggunakan alat seperti kunci pas dan kunci ring serta kunci L dan peralatan merakit pada umumnya. Peralatan yang digunakan pada saat merakit mesin bisa dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Alat yang Digunakan Untuk Merakit Mesin

Benda	Gambar
Kunci Pas Ring	
Kunci L	

3) Material

Material yang dipakai harus terjangkau dan mudah didapat. Daftar material yang digunakan dapat diperhatikan pada Gambar 4.7.

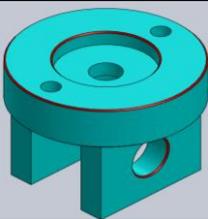
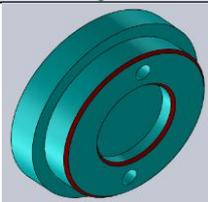
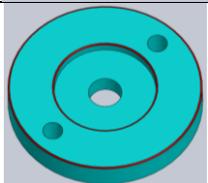


Gambar 4.7 Material

4) Pembuatan

Mesin atau alat dibuat bisa dengan mesin yang tersedia di bengkel Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Komponen yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Komponen yang Dibuat

Gambar	Komponen	Mesin
	Rangka, Dudukan Motor, Dudukan <i>Pillow Block</i> <i>Bearing, Dudukan</i> Tiang <i>Clamping</i>	Las, <i>Milling</i>
	Poros <i>eksentrik</i>	Las, <i>Bubut</i>
	Kapsul	<i>CNC, Bubut</i>
	Piston Bawah	<i>Bubut, Milling</i>
	Piston Atas Tutup	<i>Bubut, Milling</i>
	Piston Penahan Pegas	<i>Bubut, Milling</i>
	Tiang <i>Clamping</i> Tabung	Las

5) Estetika

Estetika mencakup apakah mesin atau alat yang dibuat enak dilihat dan sesuai. Maka untuk itu mesin *shaker mill* ini kita beri warna dengan dilakukan pengecatan seperti pada Gambar 4.8.

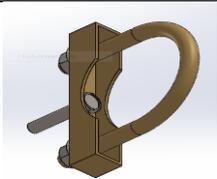


Gambar 4.8 Pengecatan Mesin

6) Standardisasi

Pemilihan *part-part* juga kalau bisa benda yang sudah ada dijual di pasaran dan mengurangi proses pemesinan. Seperti baut, bearing, kopling, dan poros yang sudah standar. Komponen-komponen standardisasi yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Komponen Standar

Gambar	Nama
	Baut, Ring dan Mur
	<i>Bearing</i>
	<i>Clamping</i>

7) Ekonomi

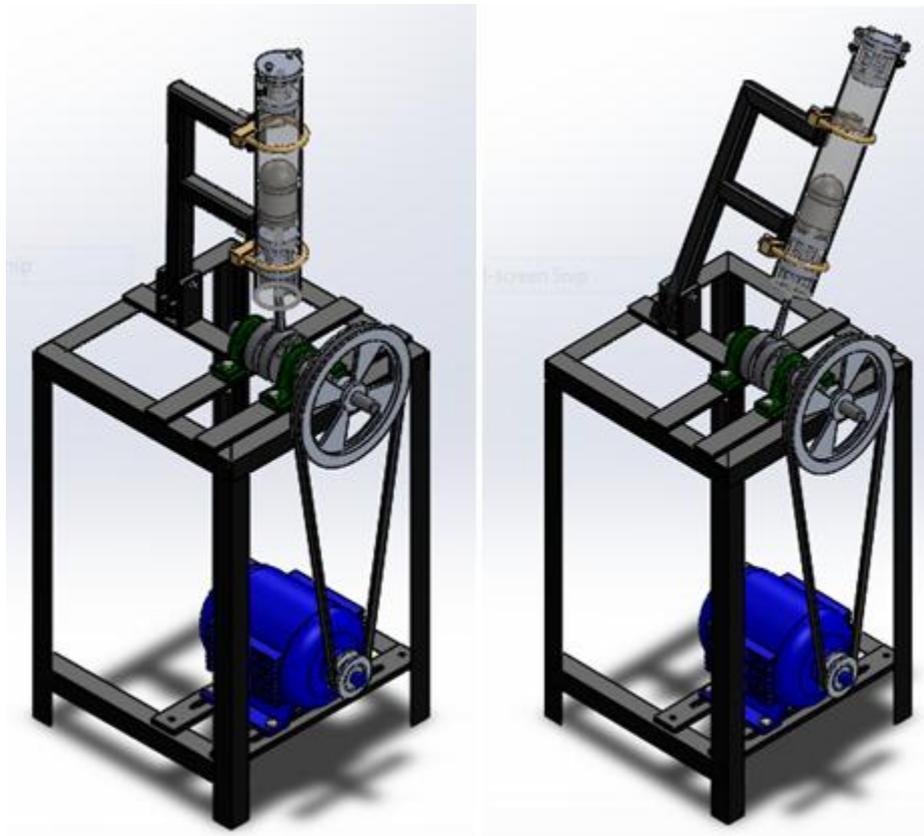
Pemilihan *part* standar juga mempengaruhi harga yang murah. *Part-part* standar dapat dilihat pada Tabel 4.22.

8) Elemen Mesin.

Mesin *shaker mill* yang dibuat harus berdasarkan perhitungan elemen mesin yang relevan. Perhitungan poros, puli, dan bantalan menggunakan perhitungan elemen mesin.

4.4.2. Optimasi Rancangan

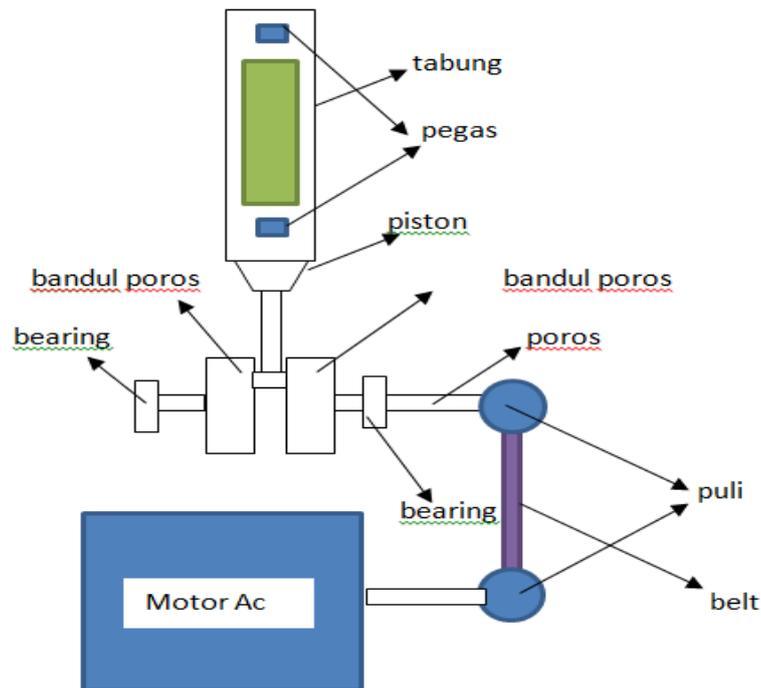
Pada tahapan ini, beberapa alternatif fungsi dioptimasi diantaranya fungsi transmisi, fungsi rangka sehingga sesuai dengan kondisi sesungguhnya ketika komponen tersebut dibuat. Beberapa komponen dapat ditambahkan atau dikurangi sesuai dengan pertimbangan perancangan dan tingkat kesulitan dalam pembuatan komponen itu sendiri. Optimasi rancangan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Mesin *Shaker Mill*

4.4.3. Analisis Perhitungan

Analisa perhitungan diperlukan dalam merancang mesin *shaker mill* supaya tujuan pembuatan mesin dapat tercapai dengan optimal dan berhasil. Skema analisa perhitungan yang dilakukan pada mesin *shaker mill* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Skema Analisa Perhitungan

4.4.3.1. Menentukan Daya Motor

Mesin ini mempunyai penumbuk dengan sistem poros eksentrik, putaran yang diinginkan 350 Rpm dan berat yang akan ditanggung sistem penumbuk ini adalah 8 kg. Maka daya penyelesaian sebagai berikut:

Diketahui :

$$r = 0,041 \text{ m}$$

$$n = 1400 \text{ Rpm}$$

$$m = 8 \text{ Kg}$$

Ditanya : P(Daya Motor).....?

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot T$$

a) Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= m.g.r \\ &= 8 \text{ Kg}.10.0,041 \\ &= 3,28 \text{ N.m} \end{aligned}$$

b) Daya

$$\begin{aligned} P &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot T \\ &= \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1400}{60} \cdot 3,28 \\ &= 480,6 \text{ Watt} = 0,48 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Karena 1 Hp = 746 Watt, maka daya yang digunakan sebesar $0.644 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$.

4.4.3.2. Menentukan Gaya pada Puli Digerak

Untuk menentukan gaya yang berkerja di puli yang digerak kita harus menghitung torsi terlebih dahulu agar dapat menghitung gaya yang terjadi pada puli yang digerakkan. Perhitungan tersebut dapat diselesaikan seperti berikut.

Diketahui :

$$P = 1 \text{ Hp} = 746 \text{ w}$$

$$n_1 = 1400 \text{ Rpm}$$

$$n_2 = 350 \text{ Rpm}$$

$$cb = 1$$

$$i = \frac{1}{4}$$

$$d = 201,6 \text{ mm}$$

Ditanya : F_p?

$$F_p = \frac{T}{r}$$

a) Torsi

$$\begin{aligned} T_1 &= 9550 \frac{P \cdot cb}{n_1} \\ &= 9550 \frac{0,746 \cdot 1,2}{240} \\ &= 8549,16 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

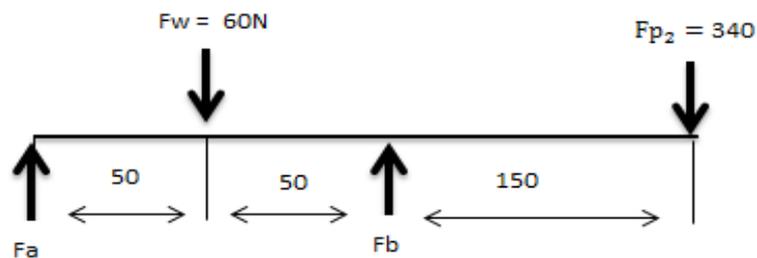
$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 \cdot i \\ &= 8549,16 \cdot 4 \\ &= 34179,64 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

b) Gaya Puli

$$\begin{aligned}
 F_p &= \frac{T}{r} \\
 &= \frac{34179,64}{100,53} \\
 &= 340,1 \text{ N (Gaya pada puli, digunakan untuk menghitung DBB)}
 \end{aligned}$$

4.4.3.3. Perhitungan Gaya Tumpuan pada Poros

Untuk dapat mengerjakan gaya tumpuan dengan baik maka harus dibuat diagram benda bebas seperti Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Benda Bebas Poros

Gaya tumpuan dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

a) Persamaan Momen

$$\begin{aligned}
 \sum M_a &= 0 \\
 &= (F_w - 3000) + (F_b 100) - (F_p 85000) \\
 &= 3000 + 85000 \\
 &= 88000 \\
 F_b &= \frac{88000}{100} \\
 &= 880 \text{ N}
 \end{aligned}$$

b) Persamaan Gaya

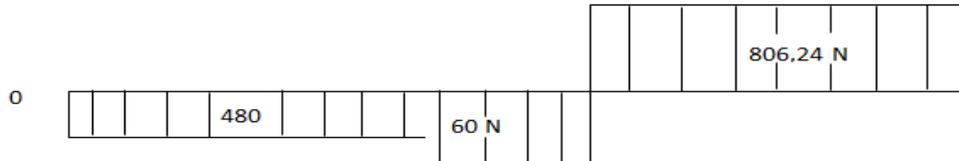
$$\begin{aligned}
 \sum F &= 0 \\
 F_A &= F_w + F_p - F_b \\
 &= 60\text{N} + 340 \text{ N} - 880 \\
 &= 480 \text{ N (Gaya tumpuan untuk dipakai di diagram gaya)}
 \end{aligned}$$

4.4.3.4. Perhitungan Momen Bengkok Maksimum

Untuk mencari momen bengkok maksimum langkah-langkahnya sebagai berikut:

a) Diagram Gaya

Diagram gaya yang terjadi pada poros akan terlihat seperti Gambar 4.12.

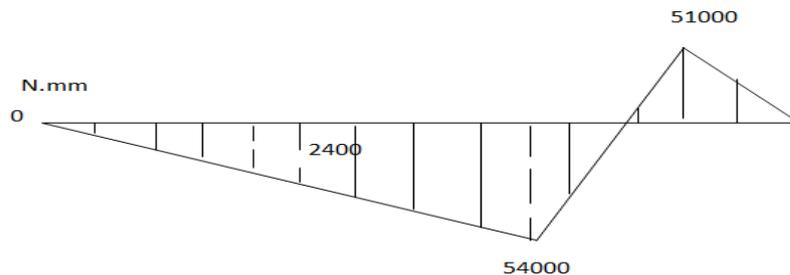


Gambar 4.12 Diagram Gaya pada Poros

b) Diagram Momen

Momen yang terjadi pada poros seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.

$M_b \text{ max} = 54.000$ (Untuk menentukan tegangan bengkok dan diameter poros)



Gambar 4.13 Diagram Momen Poros

c) Momen Puntir Poros

Momen puntir poros dapat dicari dengan tahapan berikut.

Diketahui :

$$C_b = 1,5$$

$$P = 1 \text{ Hp} = 746 \text{ W}$$

$$n = 350 \text{ Rpm}$$

Ditanya : M_p?

$$M_p = 9550 \frac{746}{350}$$

$$= 20355.14 \text{ N.mm (Torsi poros)}$$

4.4.3.5. Perhitungan Diameter Poros

Untuk menghitung diameter poros dapat diselesaikan dengan langkah-langkah berikut ini :

a) Momen Gabungan

Diketahui :

$$M_b \text{ max} = 54.000 \text{ N.mm}$$

$$T_2 = 34196,64 \text{ N.mm}$$

$$\alpha_0 = 0,69 \text{ (Bahan poros St-60 lihat pada lampiran V)}$$

Ditanya : MR.....?

$$\begin{aligned} MR &= \sqrt{M_b \text{ max}^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T_2)^2} \\ &= \sqrt{(54000)^2 + 0,75 \cdot (0,69 \cdot 34196)^2} \\ &= 18.263,4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

b) Diameter Poros

Diketahui :

$$MR \text{ (Momen Gabungan)} = 18.263,4 \text{ N.mm}$$

$$\sigma_{b \text{ ijin}} \text{ (Tegangan bengkok ijin)} = 40 \text{ (Harga sesuai dengan lampiran V)}$$

$$CB \text{ (Faktor pembebanan bengkok)} = 1,5$$

$$P \text{ (Daya motor)} = 746 \text{ w}$$

Ditanya : d.....?

$$\begin{aligned} d &= ce^3 \sqrt[3]{\frac{CB \cdot p}{n}} \\ &= 15^3 \sqrt[3]{\frac{895,2}{350}} = 23,9 \text{ mm} = 25 \text{ mm (Diameter poros yang digunakan)} \end{aligned}$$

4.4.3.6. Perhitungan Kekuatan Poros

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam kekuatan poros seperti hal berikut:

a) Perhitungan Tegangan Bengkok

Diketahui :

$$M_b \text{ max} = 54000 \text{ N.mm}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_b?

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{M_b \cdot c}{I} \\ &= \frac{M_b \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{64}(d)^4} \\ &= \frac{5400 \cdot 12,5}{\frac{3,14}{64}(25)^4} \\ &= \frac{675.000}{19165,03} \\ &= 35,22 \text{ N/mm}^2 \text{ (Tegangan bengkok untuk mencari tegangan gabungan)}\end{aligned}$$

b) Menentukan Tegangan Puntir

Diketahui :

$$M_p \text{ (moment puntir)} = 20355,14 \text{ N.mm}$$

$$r = 12,5$$

Ditanya : τ_p?

$$\begin{aligned}\tau_p &= \frac{M_p \cdot r}{I} \\ &= \frac{20355 \cdot 12,5}{\frac{3,14}{64}(25)^4} \\ &= \frac{254439,55}{38281,25} \\ &= 6,65 \text{ N/mm}^2 \text{ (Tegangan Puntir yang terjadi pada poros)}\end{aligned}$$

c) Menentukan Tegangan Gabungan

Diketahui :

$$\sigma_b \text{ (tegangan bengkok)} = 35,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_p \text{ (tegangan puntir)} = 6,65 \text{ N/mm}^2$$

Ditanya : σ gab.....?

$$\begin{aligned}\sigma \text{ gab} &= \frac{\sigma_b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau_p^2} \\ &= \frac{35,22}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{35,22}{2}\right)^2 + 6,65^2} \\ &= 17,61 \pm 18,823\end{aligned}$$

σ gab = 36,45 (Tegangan keseluruhan yang ada pada poros, untuk dibandingkan dengan tegangan izin apakah aman/tidak)

4.4.3.7. Perhitungan Sabuk Dan Puli

Untuk menentukan puli dan sabuk harus direncanakan data dan perhitungan supaya tepat pemilihannya dan optimal. Data dan rencana tersebut dapat menggunakan tahapan-tahapan berikut:

a) Data Yang Berkaitan

Data yang sudah dikumpulkan seperti dibawah ini :

$$P = 1 \text{ Hp} = 746 \text{ W}$$

$$n_1 = 1400 \text{ Rpm}$$

$$n_2 = 350 \text{ Rpm}$$

$$i = \frac{1}{4}$$

$$F_c = 1,2$$

$$C = 500 \text{ mm}$$

b) Menentukan Daya Rencana

Untuk menentukan daya rencana dapat diselesaikan dengan tahapan berikut :

$$P_d = F_c \cdot P$$

$$= 1,2 \cdot 746$$

$$= 0,8952 \text{ Kw}$$

c) Menentukan Penampang Sabuk-V

Berdasarkan daya rencana dan rpm yang digunakan pada puli maka penampang Sabuk yang dipilih adalah sabuk tipe-A.

d) Menentukan Diameter Puli

Untuk diameter puli yang digunakan karena rasio (i) maka puli penggerak (d_p) = 50,8 mm dan diameter puli digerak (D_p) = 201,6 mm

e) Menentukan Kecepatan Linier Sabuk-V

Untuk menentukan kecepatan linier puli dapat menggunakan rumus berikut.

$$V = \frac{\pi}{60} \cdot \frac{d_p \cdot n_1}{1000}$$

$$= \frac{3,14}{60} \cdot \frac{50,8 \cdot 1400}{1000} = 3,698 \text{ m/detik} \approx 3.7 \text{ m/det (Kecepatan yang dialami sabuk)}$$

f) Menentukan Panjang Keliling Sabuk (L)

Untuk menentukan panjang keliling sabuk dapat menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} L &= 2.C + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4.C} \\ &= 2.500 + \frac{3,14}{2} (201,6 + 50,8) + \frac{(201,6 - 50,8)^2}{4.500} \\ &= 1000 + 396,286 + 11,370 \\ &= 1407,638 \text{ mm} \\ &= 55 \text{ inc (Panjang sabuk yang akan digunakan)} \end{aligned}$$

g) Menentukan Jarak Poros Sebenarnya (C)

Untuk menentukan Jarak Poros Sebenarnya dapat menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} b &= 2.L - (\pi (D_p - d_p)) \\ &= 2.1407,638 - (3,14 (201,6 - 50,4)) \\ &= 2341,764 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk mencari nilai C (Jarak Poros Sebenarnya) maka digunakanlah rumus seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} C &= \frac{b + \sqrt{b^2 - 8 (D_p - d_p)}}{8} \\ &= \frac{2341,764 + \sqrt{2341,764^2 - 8 (201,6 - 50,8)}}{8} \\ &= 585,4 \text{ mm (Jarak poros sebenarnya)} \end{aligned}$$

4.4.3.8. Perhitungan Pada Bearing

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat perhitungan perencanaan pemilihan pada *bearing* yaitu :

a) Diameter *Bearing*

Diameter *bearing* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{MR}{0,1.\sigma_{bijin}}} \\ d &= \sqrt[3]{\frac{18.263,4 \text{ N.mm}}{0,1.70}} \\ &= 13,7 \text{ mm (Diameter minimal bearing yang dipakai)} \end{aligned}$$

b) Faktor Kecepatan

Faktor kecepatan dapat diselesaikan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}f_n &= \left(\frac{33,3}{n^2}\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= \left(\frac{33,3}{350}\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,285\end{aligned}$$

4.4.3.9. Perhitungan pada Pegas

Beberapa hal yang harus diperhitungkan dalam merencanakan dan pemilihan pegas yaitu dengan mengetahui terlebih dahulu gaya yang akan diterima pegas. Tahapan tersebut sebagai berikut:

a) Menghitung Percepatan Piston (A)

Diketahui :

$$L = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{m}$$

$$N_2 = 350 \text{ rpm}$$

$$V = \frac{L.N}{30}$$

$$V = \frac{0,25 \times 1400}{30}$$

$$= 2,91 \text{ m/s (Kecepatan pada piston)}$$

b) Menghitung Gaya yang Terjadi Pada Kapsul

Diketahui :

$$\text{masaa} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{percepatan} = 2,91 \text{ m/s}$$

$$F = m.a$$

$$= 1 \times 2,91$$

$$= 2,91 \text{ N (Gaya yang diterima kapsul dari piston)}$$

c) Gaya pada Pegas

Diketahui :

$$F = 2,91 \text{ N}$$

$$\Delta X = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{m}$$

$$F = \Delta X \times K$$

$$2,91 = K \times 0,02$$

$$K = 2,91 \text{ N} / 0,02$$

$$K = 146 \text{ N/m (Beban yang diterima pegas)}$$

4.4.3.10. Perhitungan Pada Kapsul

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan diameter dan ketebalan wadah kapsul *stainless* yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$D2 = 45 \text{ (Diameter tabung yang diketahui)}$$

$$A = \frac{1}{4}\pi \cdot (D1^2 - D2^2)$$

$$D1^2 - D2^2 = \frac{4A}{\pi} + D2^2$$

$$\begin{aligned} D1^2 &= \sqrt{\frac{4A}{\pi}} + D2^2 \\ &= \sqrt{\frac{4 \cdot 1,981}{3,14}} + (45)^2 \\ &= \sqrt{2,5237 + 2025} \\ &= 45,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{D1 - D2}{2} \\ &= 0,012 \text{ mm (Ketebalan minimal kapsul)} \end{aligned}$$

4.5. Fabrikasi / Proses Pemesinan

Pembuatan konstruksi mesin dilakukan berdasarkan rancangan konstruksi yang telah dianalisis dan dihitung sehingga mempunyai arah yang jelas dalam proses pemesinannya. Proses pemesinan dilakukan dibengkel yang meliputi:

1. Proses *Bubut* dilakukan untuk membuat poros eksentrik, tabung, kapsul, dan piston.
2. Proses *Frais* dan *Bor* dilakukan untuk membuat lubang pada rangka, alur pasak dan piston.
3. Proses Las dilakukan untuk pembuatan konstruksi rangka.

Sebelum melakukan proses di atas, dapat dilihat OP di bawah ini :

1) Proses Pembuatan Piston Penahan Pegas

Proses pada mesin bubut

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (pahat tepi rata, rpm 234/mendekati).
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pemakanan (hingga $\text{Ø}58 \times 15$)
- 2.04 Proses pemakanan (hingga $\text{Ø}40 \times 35$)
- 2.05 Proses pemakanan kolam ($\text{Ø}30 \times 5$)

Proses mengulir M6 pada piston penahan

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (pahat ulir luar, rpm 125/mendekati)
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pemakanan ulir M6 ($\text{Ø}6 \times 10$)

Bentuk piston penahan pegas dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Piston Penahan Pegas

2) Proses Pembuatan Poros Eksentrik

Proses pada mesin bubut

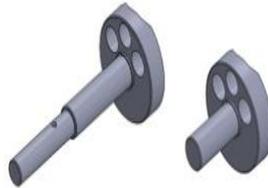
- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (pahat tepi rata, rpm 218/mendekati)
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pemakanan ($\text{Ø}25 \times 175$)
- 1.06 Proses pemakanan ($\text{Ø}25 \times 60$)

Proses pemakanan poros eksentrik dengan mesin frais

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (Mata bor 6, rpm 560/mendekati)

- 1.03 Marking out
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Pengerjaan alur pasak

Bentuk poros dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Poros Eksentrik

3) Proses Pembuatan Tabung

Proses pada mesin bubut

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (pahat tepi rata, rpm 140/mendekati)
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pengerjaan ($\varnothing 69 \times 350$)
- 1.06 Proses pengelasan mur pengunci

Bentuk tabung dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Tabung

4) Proses Pembuatan Kapsul

Proses pada mesin CNC

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (pahat tepi rata, rpm 218/mendekati)
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Pengerjaan ($\varnothing 58 \times 120$)

Proses pengelasan pada mesin las listrik

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (elektroda dan setting api)
- 1.03 Marking benda kerja
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pengerjaan (melekatkan tutup kapsul bawah)
- 1.06 Proses perataan permukaan (dengan gerinda)

Bentuk kapsul dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Kapsul

5) Proses Pembuatan Piston Bawah

Proses pada mesin bubut

- 1.01 Periksa gambar kerja
- 1.02 Setting mesin (Mata pahat tepi rata, rpm 120/mendekati)
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.01 Proses pembubutan($\text{Ø}58 \times 15$)

Proses pengaluran dengan mesin Frais

- 1.02 Periksa gambar kerja
- 1.03 Setting mesin (cutter endmill $\text{Ø}20$)
- 1.04 Marking benda kerja
- 1.05 Cekam benda kerja
- 1.06 Pengaluran benda kerja

Bentuk piston bawah dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Piston Bawah

4.6. Perakitan

Setelah membuat bagian mesin selesai, bagian dirakit sehingga menjadi alat yang sesuai dengan rancangan. Proses perakitan merupakan proses penggabungan bagian-bagian dari komponen satu dengan komponen yang lainnya sehingga menjadi sebuah mesin yang utuh. Urutan perakitan adalah sebagai berikut:

4.6.1. Merakit Rangka

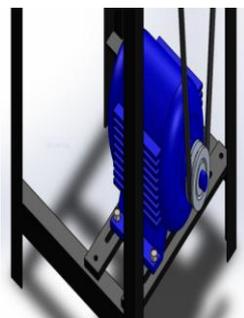
Proses pertama yang dilakukan adalah proses merakit kerangka dengan menggunakan elemen pengikat pengelasan (elemen permanen). Kemudian ada bagian tertentu yang diproses dengan bor tangan untuk membuat lubang dudukan *bearing* dan membuat alur dudukan motor. Kerangka yang sudah dirakit dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Merakit Rangka

4.6.2. Merakit Motor Listrik

Setelah proses merakit kerangka selesai, kemudian melakukan proses merakit motor listrik menggunakan pengencangan baut dan mur. Perakitan motor listrik dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Merakit Motor Listrik

4.6.3. Merakit Piston dan Sistem Penumbuk

Proses selanjutnya merakit piston dan sistem penumbuk. Proses merakit piston dan sistem penumbuk dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Merakit Piston dan Sistem Penumbuk

4.6.4. Merakit Poros Eksentrik

Kemudian melakukan proses merakit poros eksentrik. Proses ini dilakukan dengan proses *Alignment* (kesejajaran) untuk melihat kesejajaran poros motor. Perakitan kopling dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Merakit Poros Eksentrik

4.6.5. Merakit clamping

Proses merakit *clamping* dengan cara memasukkan tabung ke dalam *clamping* kemudian dikencangkan mur pada *clamping* tersebut. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Merakit Tiang *Clamping*

4.6.6. Merakit Puli dan Sabuk

Langkah selanjutnya yaitu memasang puli kecil diporos motor listrik dan memasang puli besar ke poros eksentrik, kemudian dilanjutkan dengan memasang sabuk pada puli tersebut. Proses merakit ini dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Merakit Puli dan Sabuk

4.7. Perawatan

Melakukan tindakan perawatan terhadap suatu benda merupakan kegiatan yang secara tidak langsung akan dilakukan manusia untuk menjaga benda tersebut dari kerusakan atau memperpanjang usia pakainya. Perawatan juga dapat sebagai suatu kombinasi dari semua tindakan yang akan dilakukan dalam rangka mempertahankan atau mengembalikan suatu peralatan pada kondisi yang dapat diterima.

4.7.1. Alignment

Alignment dapat meminimalisir atau menghindari kemungkinan terjadinya proses memperpendek umur mesin yang tentu akan mengurangi beban operasional perbaikan mesin. Berikut kegiatan *inspeksi* (pemeriksaan) pada *alignment* sabuk puli:

1. Periksa kesebarisan puli penggerak dan puli yang digerakkan.
2. Periksa kondisi fisik sabuk (tidak rusak).
3. Periksa kekencangan tegangan sabuk, jangan sampai terlalu kendur atau terlalu kencang.
4. Periksa Kesumbuan poros.

5. Periksa kekencangan tegangan sabuk, agar dalam pemutarannya lebih mudah dan tidak terjadi slip. Besar defleksi pada ukuran *puli* dan sabuk ditentukan oleh jarak antara sumbu poros. Secara umum besar defleksi/kekencangan sebesar 1” dari jarak antara sumbu poros setiap 64”.

Diketahui :

Jarak sumbu poros A ke B = 570mm = 22”

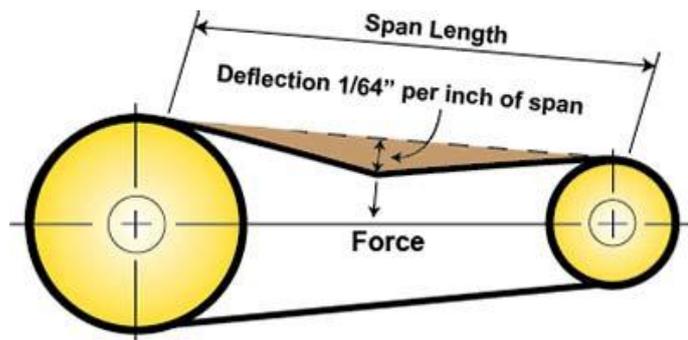
Jarak sumbu poros A ke B

$$= \frac{1''}{64''} \times \text{jarak sumbu}$$

$$= \frac{1''}{64''} \times 22''$$

$$= 0.3475 = 8,73125 \text{ mm}$$

Jadi besar defleksi izin pada sabuk 8.373125 mm dengan jarak poros 540 mm. Kekencangan puli dan sabuk ditunjukkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Defleksi Pada Sabuk dan Puli

4.7.2. Perawatan Bantalan

Untuk perawatan komponen bantalan harus diperhatikan oleh operator. Perawatan harian atau mingguan yang dapat dilakukan adalah dengan memberi pelumasan dengan *oil gun* pada setiap lubang *nozzle* pada *house bearing* tergantung waktu pakai alat. Selain itu juga melakukan pembersihan kotoran atau debu yang menempel yang dapat merusak bantalan (*bearing*). Pemeriksaan putaran *bearing* dan pemeriksaan kebersihan rumah *bearing* atau pergantian bantalan dilakukan dalam jangka waktu 6000 jam. Adapun cara merawat bantalan adalah sebagai berikut :

- Pemeriksaan putaran bantalan, bantalan yang baik jika tidak ada bunyi berisik yang ditimbulkan dari bola bantalan akibat keausan, rumah bantalan tidak longgar, bantalan yang buruk apabila sudah terdengar bunyi berisik karena keausan bantalan, dan rumah bantalan terjadi kelonggaran. Maka bantalan tersebut harus diganti.
- Pemberian pelumasan pada bantalan secara berkala. Jenis pelumasan yang diberikan berupa gemuk.
- Pemeriksaan pembersihan rumah bantalan dengan cara saat mesin akan digunakan bersihkan terlebih dahulu debu yang berada pada rumah bantalan untuk menghindari debu yang masuk kedalam rumah bantalan melalui gemuk sehingga mencegah keausan.
- Pemeriksaan keausan bantalan dengan cara memeriksa kelonggaran dan bunyi berisik pada bantalan. Apabila sudah mengalami bunyi berisik segera diberi pelumasan.

4.7.3. Perawatan Rangka

Rangka mesin yang terbuat dari siku KS (Krakatau *Steel*) sering kali mengalami korosi akibat pengaruh air, zat asam dan udara. Oleh karena itu harus selalu membersihkannya setelah mempergunakannya.

Lakukan pengecatan ulang terhadap rangka setelah penggunaan mesin dalam jangka waktu lama atau setelah cat mulai terkelupas.

4.7.4. Perawatan Poros

Perawatan poros disini dilakukan tiap minggunya dengan cara mengecek poros tersebut apakah mengalami korosi atau pembengkokkan pada poros tersebut.

4.7.5. Perawatan Motor Penggerak

Motor juga merupakan alat yang paling vital karena motor berfungsi untuk menggerakkan poros. Motor listrik merupakan motor yang sangat sensitif karena pada motor terdapat kumparan yang digerakkan oleh listrik akibat

pengaruh kemagnetan. Apabila kumparan ataupun magnet yang terdapat pada motor tersebut terkena air maka akan terjadi hubungan singkat (konsleting). Oleh karena itu harus memperhatikan letak motor dari air atau sejenisnya, bila perlu ditutupi *cover*. Perawatan yang dilakukan dengan mengganti kabel yang mengalami hubungan singkat (konsleting) tiap bulannya.

4.8. Uji Coba

Uji coba terhadap kerja mesin *Shaker Mill* dilakukan pada 12 sampel, dibagi menjadi uji coba dengan penumbukan *vertikal* dan kemiringan 60° . Uji coba ini dilakukan pada 3 interval waktu, yakni 5", 10", dan 15". Pada pengujian ini 3 sampel pertama ditumbuk menggunakan 12 bola baja dan 3 sampel kedua ditumbuk dengan 8 bola baja pada posisi penumbukan *vertikal*, setelah itu dilanjutkan uji coba dengan penumbukan kemiringan 60° pada 6 sampel yang tersisa. Uji coba ini dapat dilihat pada Gambar 4.26.

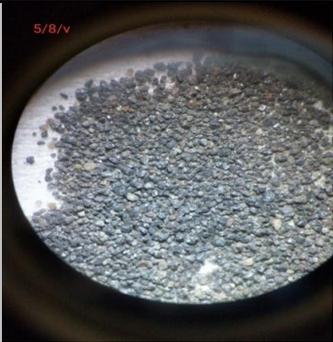
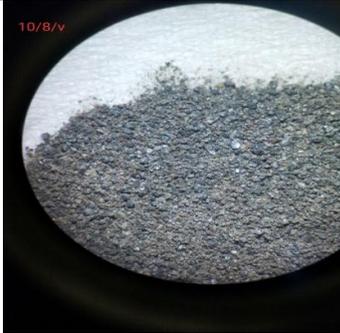
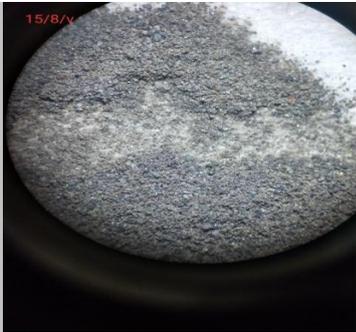


Gambar 4.26 Uji Coba Mesin

1) Pengujian *Vertikal* dengan 8 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel masing-masing 13 gram dengan posisi penumbukan *vertikal* yang menggunakan 8 bola baja penumbuk kemudian diuji pada 3 interval waktu yakni 5", 10", dan 15". Uji coba tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.23.

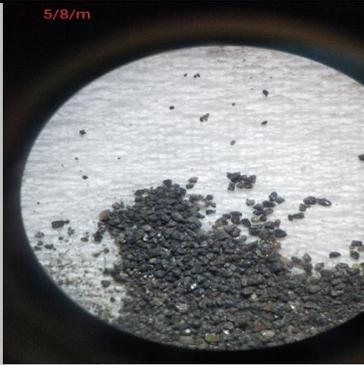
Tabel 4.23 Uji Coba *Vertikal* dengan 8 Bola Baja

No	Waktu yang ditentukan	Kapasitas	Gambar	Parameter
1	Waktu 5 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
2	Waktu 10 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
3	Waktu 15 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop

2) Pengujian Kemiringan 60° dengan 8 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel masing-masing 13 gram dengan posisi penumbukan kemiringan 60° yang menggunakan 8 bola baja penumbuk, kemudian diuji pada 3 interval waktu yakni 5", 10", dan 15". Uji coba tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.24.

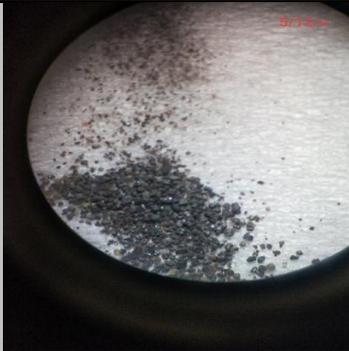
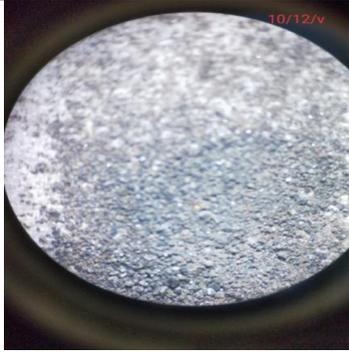
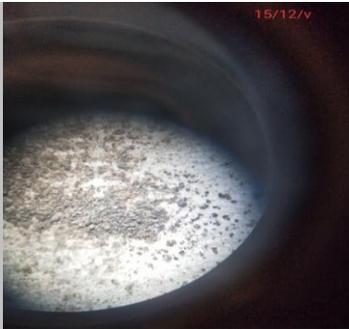
Tabel 4.24 Uji Coba Kemiringan 60° dengan 8 Bola Baja

No	Waktu yang ditentukan	Kapasitas	Gambar	Parameter
1	Waktu 5 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
2	Waktu 10 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
3	Waktu 15 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop

3) Pengujian *Vertikal* dengan 12 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel masing-masing 13 gram dengan posisi penumbukan *vertikal* yang menggunakan 12 bola baja penumbuk, kemudian diuji pada 3 interval waktu yakni 5", 10", dan 15". Uji coba tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.25.

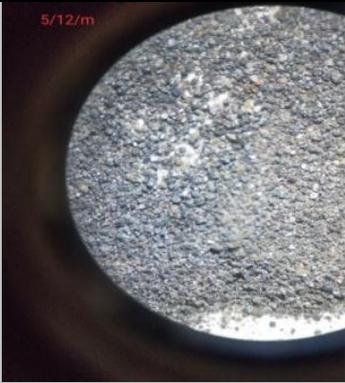
Tabel 4.25 Uji Coba *Vertikal* dengan 12 Bola Baja

No	Waktu yang ditentukan	Kapasitas	Gambar	Parameter
1	Waktu 5 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
2	Waktu 10 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
3	Waktu 15 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop

4) Pengujian Kemiringan 60° dengan 12 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel masing-masing 13 gram dengan posisi penumbukan kemiringan 60° yang menggunakan 12 bola baja penumbuk, kemudian diuji pada 3 interval waktu yakni 5”, 10”, dan 15”. Uji coba tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Uji Coba Kemiringan 60° dengan 12 Bola Baja

No	Waktu yang ditentukan	Kapasitas	Gambar	Parameter
1	Waktu 5 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
2	Waktu 10 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop
3	Waktu 15 menit	13 gram		2x pembesaran mikroskop

4.9. Analisis Hasil

Hasil sampel setelah di uji coba yang dilakukan pada 12 sampel dengan posisi penumbukan berbeda dan jumlah bola baja berbeda serta 3 kali interval waktu dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Hasil Pengujian 12 Sampel

Setelah dilakukan uji coba maka selanjutnya dilakukan analisis hasil yang dimaksudkan untuk menganalisa hasil uji yang telah dilakukan dengan melihat perubahan material dan mencari tau hal-hal apa saja yang mempengaruhi hasil perubahan material, kemudian membandingkan setiap hasil uji sesuai tabel yang dibuat. Setelah di analisa didapatkan hasil yang paling halus dari setiap pengujian yaitu diuji pada posisi penumbukan kemiringan 60° dengan 12 bola baja dalam waktu 15 menit. Analisa hasil setiap tabel tersebut sebagai berikut:

4.9.1. Analisa Pengujian *Vertikal* dengan 8 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel dengan kapasitas masing-masing 13 gram yang diuji menggunakan 8 bola baja penumbuk pada posisi *vertikal*. Berdasarkan Tabel 4.23 yang telah di lakukan pengujian menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran pada laboratorium material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat dianalisa bahwa pengujian yang dilakukan selama 15 menit akan memperoleh hasil yang lebih halus dibandingkan 5 menit, dan 10 menit. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu proses penggerusan akan mempengaruhi hasil tingkat kehalusan material.

4.9.2. Analisa Pengujian Kemiringan 60° dengan 8 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel dengan kapasitas masing-masing 13 gram yang diuji menggunakan 8 bola baja penumbuk pada posisi kemiringan 60°. Berdasarkan Tabel 4.24 yang telah dilakukan pengujian menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran pada laboratorium material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat dianalisa bahwa pengujian yang dilakukan selama 15 menit akan memperoleh hasil yang lebih halus serta posisi penumbukan dengan kemiringan 60° lebih halus dibandingkan posisi penumbukan *vertikal*. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu proses penggerusan dan posisi penumbukan dengan kemiringan 60° akan menyebabkan gaya gesek yang meningkatkan titik kontak penggerusan bola baja terhadap material sehingga penggerusan lebih efektif. Maka, hal ini akan mempengaruhi hasil tingkat kehalusan material.

4.9.3. Analisa Pengujian *Vertikal* dengan 12 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel dengan kapasitas masing-masing 13 gram yang diuji menggunakan 12 bola baja penumbuk pada posisi *vertikal*. Berdasarkan Tabel 4.25 yang telah dilakukan pengujian menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran pada laboratorium material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat dianalisa bahwa pengujian yang dilakukan selama 15 menit, dengan 12 bola baja akan memperoleh hasil yang lebih halus dibandingkan pengujian sebelumnya. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu dan jumlah bola baja saat proses penggerusan akan mempengaruhi hasil tingkat kehalusan material.

4.9.4. Analisa Pengujian Kemiringan 60° dengan 12 Bola Baja

Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel dengan kapasitas masing-masing 13 gram yang diuji menggunakan 12 bola baja penumbuk pada posisi kemiringan 60°, kemudian berdasarkan Tabel 4.26 yang telah dilakukan pengujian menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran pada laboratorium material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat dianalisa bahwa pengujian

yang dilakukan selama 15 menit akan memperoleh hasil lebih halus serta posisi penumbukan dengan kemiringan 60° yang menggunakan 12 bola baja penumbuk lebih halus dibandingkan posisi penumbukan sebelumnya. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu proses, jumlah bola baja penumbuk dan posisi penumbukan kemiringan 60° akan mempengaruhi hasil tingkat kehalusan material.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dengan menindaklanjuti dan mengoptimasi varian konsep 2, mesin *Shaker Mill* telah selesai dirancang. Hasil perancangan dan pembuatan mesin *Shaker Mill* adalah sebagai berikut:

- Mesin menggunakan Motor AC 1HP, rangka dengan pengencangan baut dan pengelasan, sistem transmisi puli dan sabuk, serta sistem penumbuk *vertikal* dan kemiringan 60°.
- Mesin dapat di operasikan dengan rpm 350 pada posisi penumbukan *vertikal* dan dapat dimiringkan 60° serta mekanisme gaya pegas efektif dalam meningkatkan energi impak.
- Mesin dapat menggerus SnO₂ setelah diuji pada 2 posisi penumbukan, dengan sampel sebanyak 13 gram yang menggunakan 2 varian jumlah bola baja, yakni 8 dan 12 bola baja (dia.11mm) pada 3 interval waktu, yakni 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.
- Hasil setiap sampel dilakukan analisa dan di uji di laboratorium material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung menggunakan mikroskop dengan 2x pembesaran untuk melihat hasil perbandingan ukuran awal dan ukuran setelah diproses dimesin *shaker mill*, dari pengujian itu dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat kehalusan yang paling halus diperoleh pada pengujian selama 15 menit menggunakan 12 bola baja pada posisi penumbukan kemiringan 60°.
- Waktu penumbukan, jumlah bola baja penumbuk serta posisi penumbukan dapat mempengaruhi tingkat kehalusan dan keefektifan penggerusan material.

5.2. Saran

Dalam pembahasan proyek akhir ini ada banyak sekali kekurangan terhadap mesin dan hasil produk, beberapa saran ingin disampaikan yaitu:

- Untuk pengoptimalan lebih lanjut, disarankan untuk membuat sistem pengeluaran kapsul karena pengambilan kapsul masih menggunakan tangan.
- Berdasarkan rancangan bentuk kapsul yang tanpa ulir akan menyusahkan saat uji coba ketika membuka dan menutup kembali kapsul, sebaiknya dibuat dengan ulir agar mudah.
- Variasi rpm disarankan karena mungkin rpm akan mempengaruhi tingkat kehalusan material dan keefektifan penggerusan material.
- Karena keterbatasan alat ukur untuk mengukur hasil ukuran material partikel, maka pengujian hanya dilihat dan diuji dengan mikroskop dengan 2x pembesaran, yang berarti tidak dapat diukur dalam skala nano ataupun mesh disarankan kedepannya ukuran material dapat terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Gaflet, E. & Caer, L. (2007). *Mechanical Milling*. Nanomaterials and nanochemistry. Springer.
- Magnetic, D. & Strukil, V. (2016). Practical Considerations in Mechanochemical Organic Synthesis. *Mechanochemical Organic Synthesis*. 323-342.
- Mohanty, S., Gupta, K. K., & Raju, K. S. (2015). Vibration feature extraction and analysis of industrial ball mill using MEMS accelerometer sensor and synchronized data analysis technique. In Second International Symposium on Computer Vision and Internet. *Procedia Computer Science*. 58: 217-224.
- Wikipedia Foundation, Nanomaterial [Online], diakses pada 11 Juni 2019, Available : <http://material-sciences.blogspot.com/2010/03/sekilas-tentang-nanomaterial-dan.html>
- Wikipedia Foundation, SnO₂ [Online], diakses pada 15 Juni 2019, Available : https://id.wikipedia.org/wiki/Timah_dioksida
- Wikipedia Foundation, Pegas [Online], diakses pada 19 Juni 2019, Available : <https://id.wikipedia.org/wiki/Pegas>
- Suga Kiyokatsu, Sularso, 2004. *Dasar Perancangan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Kresna Prima Persada
- POLMAN TIMAH. 1996, *Metoda Perancangan*, Sungailiat : Politeknik Manufaktur Timah
- POLMAN TIMAH. 1996, *Elemen Mesin 1*, Sungailiat : Politeknik Manufaktur Timah
- POLMAN TIMAH. 1996, *Elemen Mesin 4*, Sungailiat : Politeknik Manufaktur Timah
- Dewi Izza. 2015, *Elemen Mesin 3*, Malang : Universitas Negeri Malang
- Rosanani Ginting. 2010, *Perancangan Produk*, Jakarta : Graha Ilmu



LAMPIRAN 1
Daftar Riwayat Hidup Penulis

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Aditya Rizkio
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 09 Mei 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jl.RE Martadinata, Kel. Sugailiat,
Kec.Sungailiat, Kab. Bangka,
Prov. Kepulauan Bangka Belitung
No. HP : +62857-0966-1863
e-mail : rizkioaditya09@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

Pendidikan	Tahun	Jurusan
SDN 4 Sungailiat	2004 - 2010	-
SMPN 5 Sungailiat	2010 - 2013	-
SMKN 1 Sungailiat	2013 - 2016	Multimedia
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2016 – Sekarang	Teknik Mesin

3. Pengalaman Kerja

Tempat Kerja	Periode Kerja
PT. DS. Jaya Abadi, Kec. Pangkalbalam, Pangkalpinang	Februari – April 2015
Pratik Kerja Lapangan di PT. Prima Komponen Indonesia, Tanggerang Selatan	September 2018 – Januari 2019

Sungailiat, September 2019

Aditya Rizkio

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Maulidil Hinul Fajriansyah
Tempat & Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 25 April 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jln RE.Martadinata kel.Ampui
No. HP : +62898-7770-094
e-mail : avengedmaulidil@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

Pendidikan	Tahun	Jurusan
SDN 48 Pangkalpinang	2004 - 2010	-
SMPN 4 Pangkalpinang	2010 - 2013	-
SMKN 3 Pangkalpinang	2013 - 2016	Akomodasi Perhotelan
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2016 – Sekarang	Teknik Mesin

3. Pengalaman Kerja

Tempat Kerja	Periode Kerja
Novotel, Pangkalpinang	Agustus – November 2015
PT. Smart Teknik Utama, Bandung, Indonesia	September 2018 – Januari 2019

Sungailiat, September 2019

Maulidil

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Zikri Maulana
Tempat & Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 05 Agustus 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Bawal, RT/01, RW/01,
Kel. Ampui, Kec. Pangkalbalam,
Kota. Pangkalpinang, Prov. Bangka Belit
No. HP : +62821-2223-3529
e-mail : jikri.maulana84@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

Pendidikan	Tahun	Jurusan
MIN 1 Pangkalpinang	2004 - 2010	-
SMPN 4 Pangkalpinang	2010 - 2013	-
SMKN 2 Pangkalpinang	2013 - 2016	Teknik Otomotif Sepeda Motor
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2016 – Sekarang	Teknik Mesin

3. Pengalaman Kerja

Tempat Kerja	Periode Kerja
Showroom Yamaha Deny Motor, Pangkalpinang	Februari – Maret 2015
ADR Group (PT Selamat Sempurna Tbk.) Tangerang, Indonesia	September 2018 – Januari 2019

Sungailiat, September 2019

Zikri Maulana



LAMPIRAN 2

VDI 2222

Fase - Fase Proses Perancangan

TAHAPAN PERANCANGAN (menurut VDI 2222¹)

ANALISA/MERENCANA

- Pemilihan pekerjaan (studi kelayakan, analisa pasar, hasil penelitian, konsultasi pemesan, pengembangan awal, hak paten, kelayakan lingkungan)
- Penentuan pekerjaan

MEMBUAT KONSEP

- Memperjelas pekerjaan
- Membuat daftar tuntutan
- Keputusan
- Menyimpulkan, menguraikan fungsi keseluruhan ke dalam grup bagian
- Mencari prinsip-prinsip pemecahan masalah untuk memenuhi kebutuhan fungsi keseluruhan (Pemilihan gabungan prinsip pemecahan yang sesuai)
- Membuat alternatif konsep untuk gabungan prinsip pemecahan yang terpilih (sketsa dan skema dengan skala kasar)
- Menilai alternatif konsep berdasarkan aspek-aspek teknis-ekonomis (Pemilihan solusi konsep)
- Keputusan

MERANCANG

- Membuat pradesain berskala (sebaiknya skala 1 : 1)
- Menilai pradesain berdasarkan aspek teknis-ekonomis (menghilangkan bagian kritis)
- Membuat perbaikan pradesain (pemilihan daerah yang perlu diolah)
- Optimasi daerah olahan
- Menentukan pradesain yang telah disempurnakan
- Keputusan

PENYELESAIAN

- Pembuatan gambar kerja dan gambar susunan
- Penyelesaian dokumen (gambar-gambar, daftar bagian, petunjuk dsb.)
- Pembuatan dan pengujian prototip, misalnya untuk produk masal
- Pemeriksaan biaya
- Keputusan

PENYERAHAN KE PROSES PRODUKSI

¹ VDI adalah singkatan dari *Verein Deutsche Ingenieuer* yang artinya adalah Persatuan Insinyur Jerman

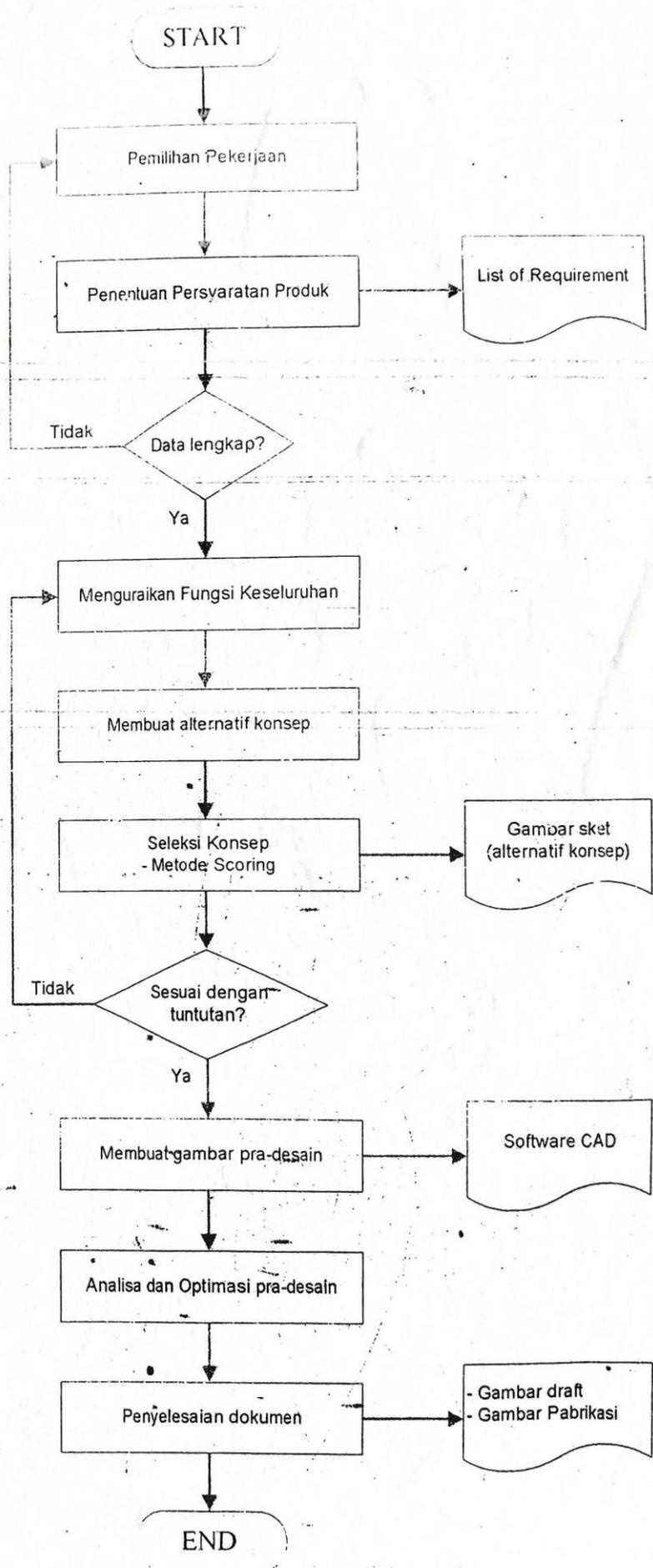
Diagram Alir Proses Perancangan*

MERENCANA

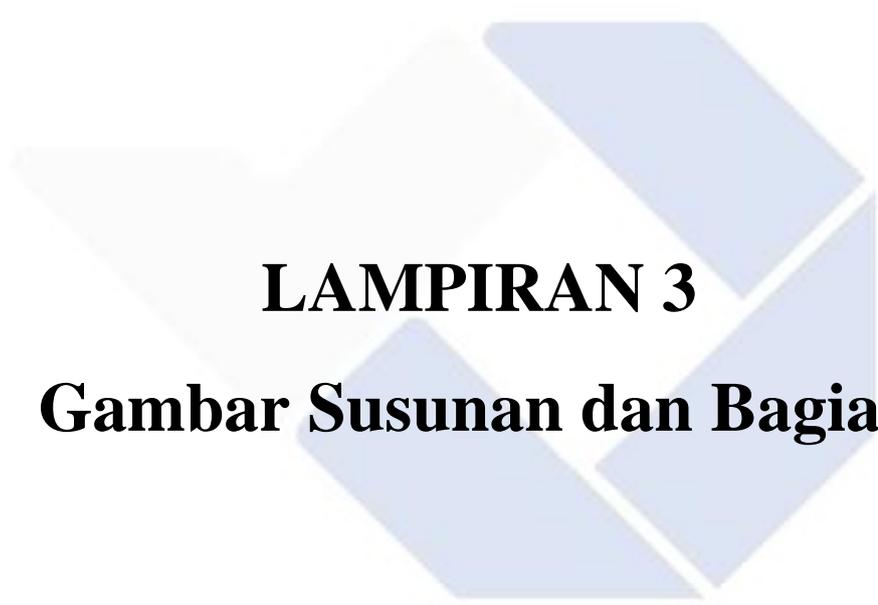
MENGGONSEP

MERANCANG

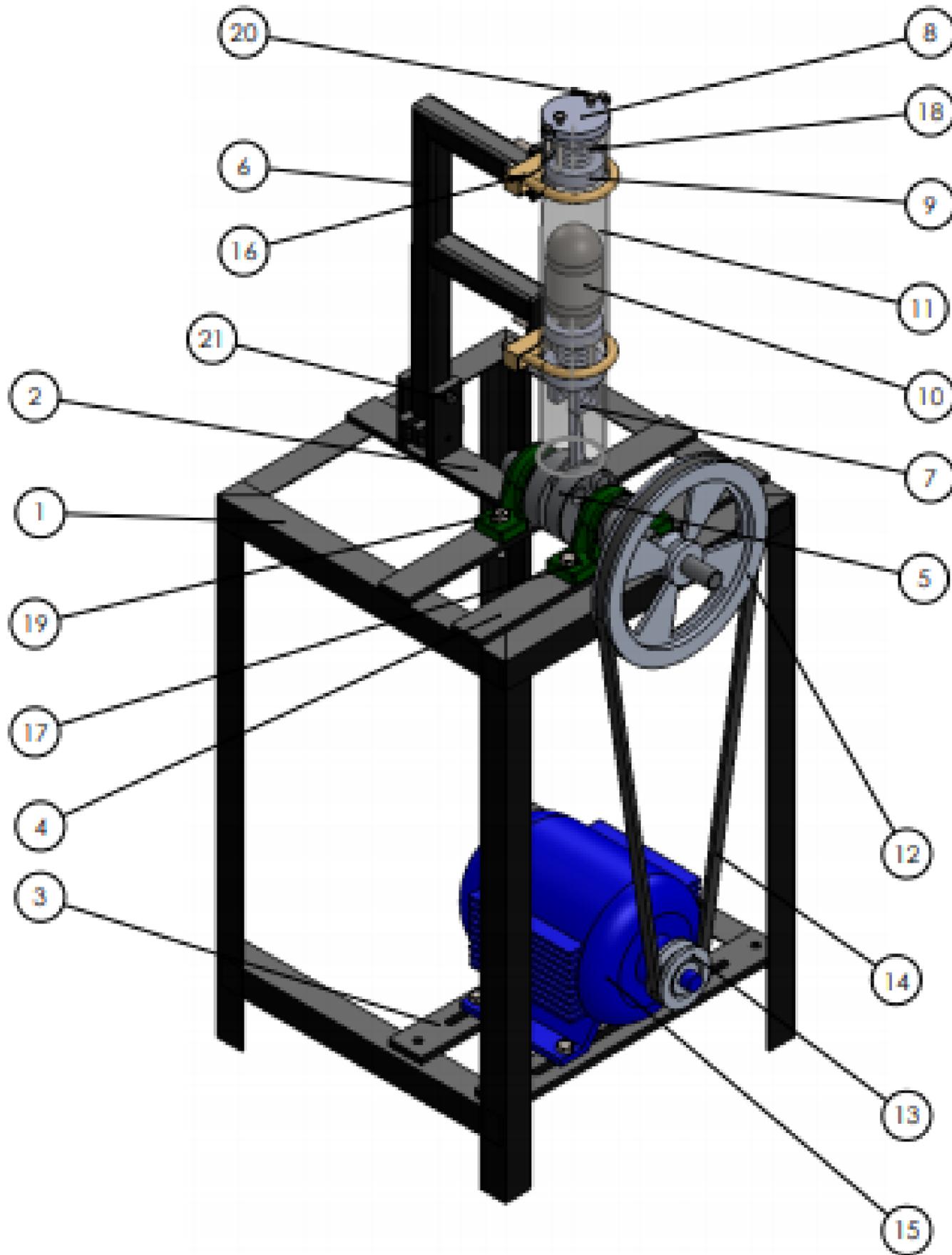
PENYELESAIAN



*ref: VDI 2222 (Verein Deutsche Ingenieure) artinya Persatuan Insinyur Jerman



LAMPIRAN 3
Gambar Susunan dan Bagian



	5	Baut inbus M6	21	st	M6x50	
	8	Baut M8	20	st	M8x30	
	4	Baut M10	19	st	M10x40	
	2	Pegas	18	oil tempered	⌀ 40x40	
	2	Pillow Block Bearing	17	st	a 025	
	2	Clamping	16	st	-	
	1	Motor Listrik AC	15	Cast iron	-	
	1	Belt	14	Rubber	A54	
	1	Drive Pulley	13	st	2"	
	1	Driven Pulley	12	st	8"	
	1	Tabung	11	st	⌀ 95x290	
	1	Kapsul	10	st	⌀ 50x120	
	2	Piston Penahan Pegas	9	st	⌀ 80x10	
	1	Piston Atas Tutup	8	st	⌀ 120x30	
	1	Piston Bawah	7	st	⌀ 90x45	
	1	Tiang Clamping Tabung	6	st	310x75x35	
	1	Poros Eksentrik	5	st	⌀ 82x300	
	2	Dudukan Pillow Block Bearing	4	st	190x55x10	
	2	Dudukan Motor Listrik AC	3	st	190x55x10	
	1	Dudukan Tiang Clamping	2	st	190x127x10	
	1	Rangka	1	Plat siku	356x238x190	
	Jumlah	Nama bagian	No. bagian	Bahan	Ukuran	ket

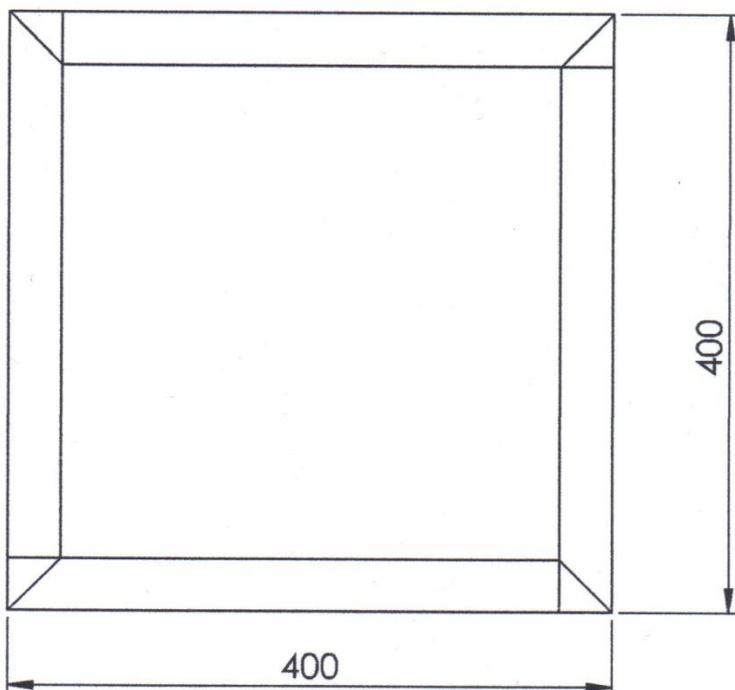
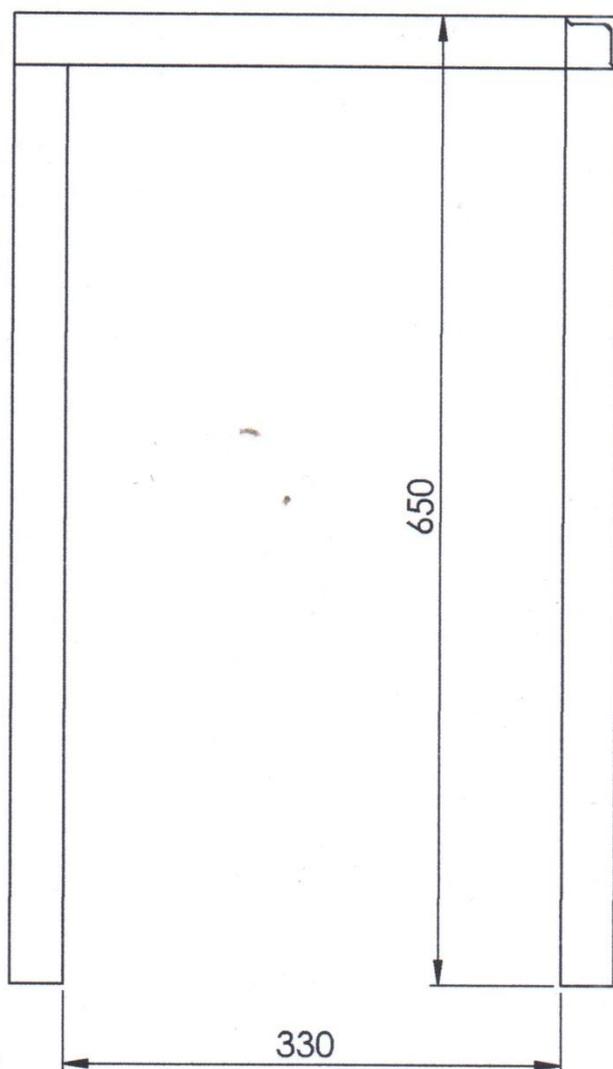
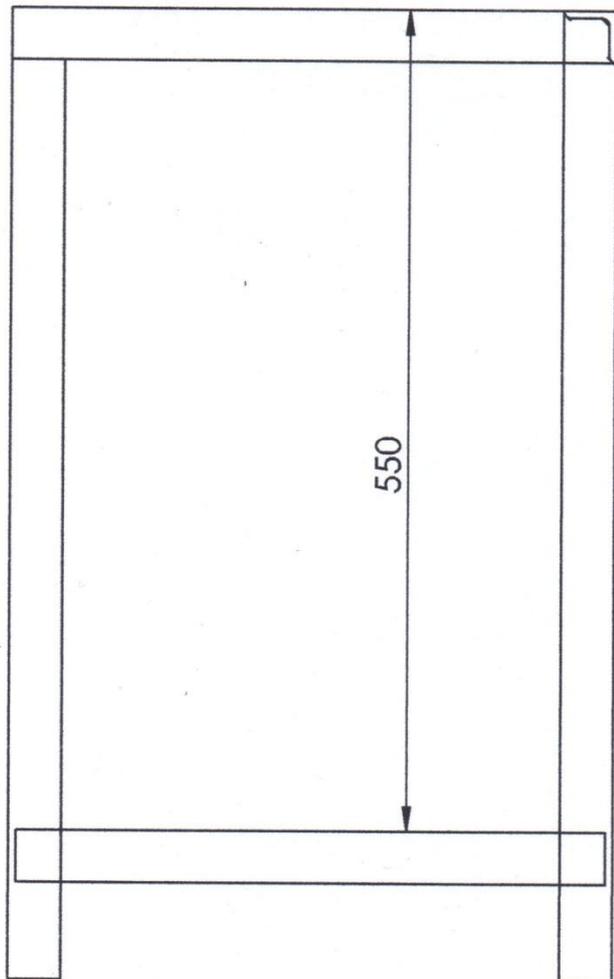
Revisi	1	Perubahan	Pengganti dari Diganji dengan		
			DIUMBAH	REVISI	REVISI
			DIUMBAH		
			DIUMBAH		

SHAKER MILL



NO. 1

BESI SIKU 40X40X2



RANGKA

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

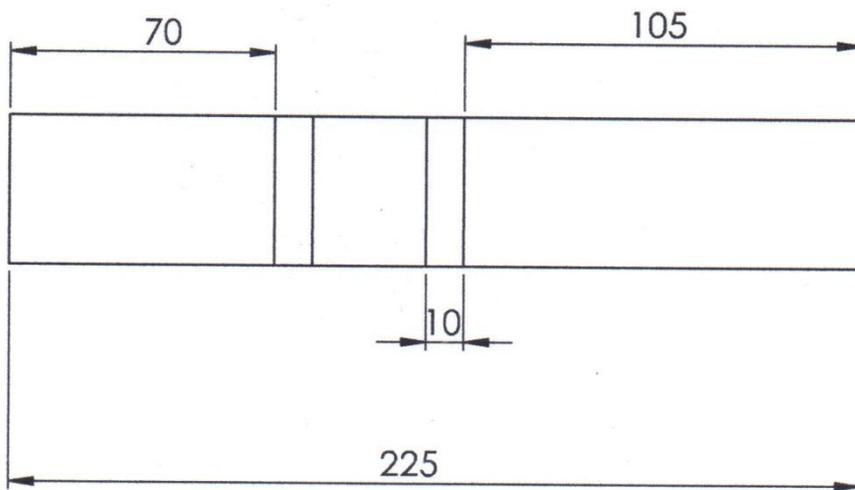
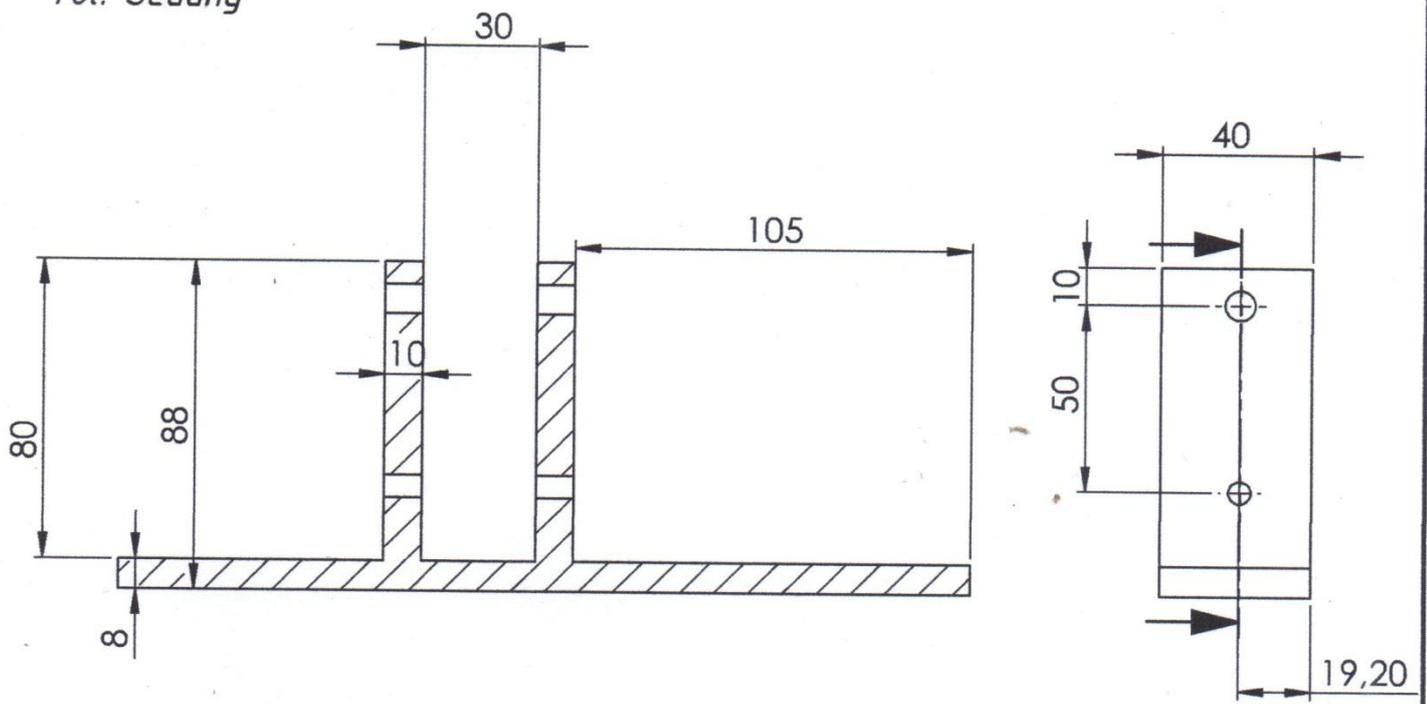
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 2

Tol. Sedang



DUDUKAN TIANG CLAMPING

SKALA
1 : 2

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

DILIHAT

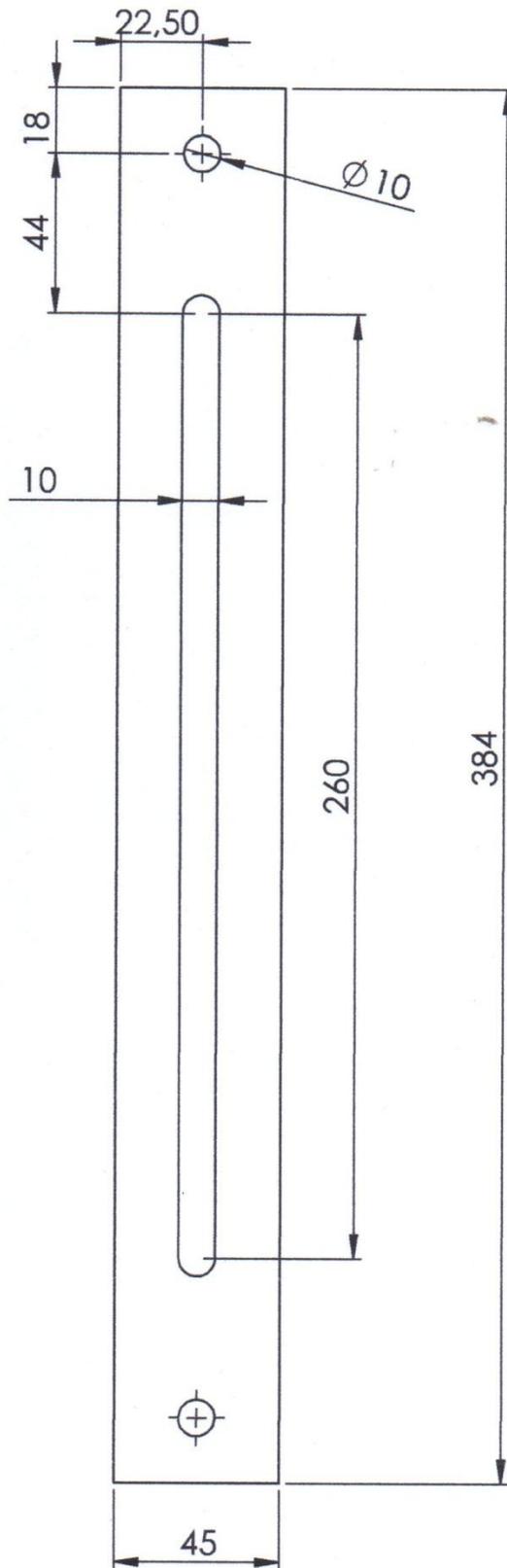
POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 3

Tol. Sedang

TEBAL 10 mm



DUDUKAN MOTOR LISTRIK AC

SKALA
1 : 2

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

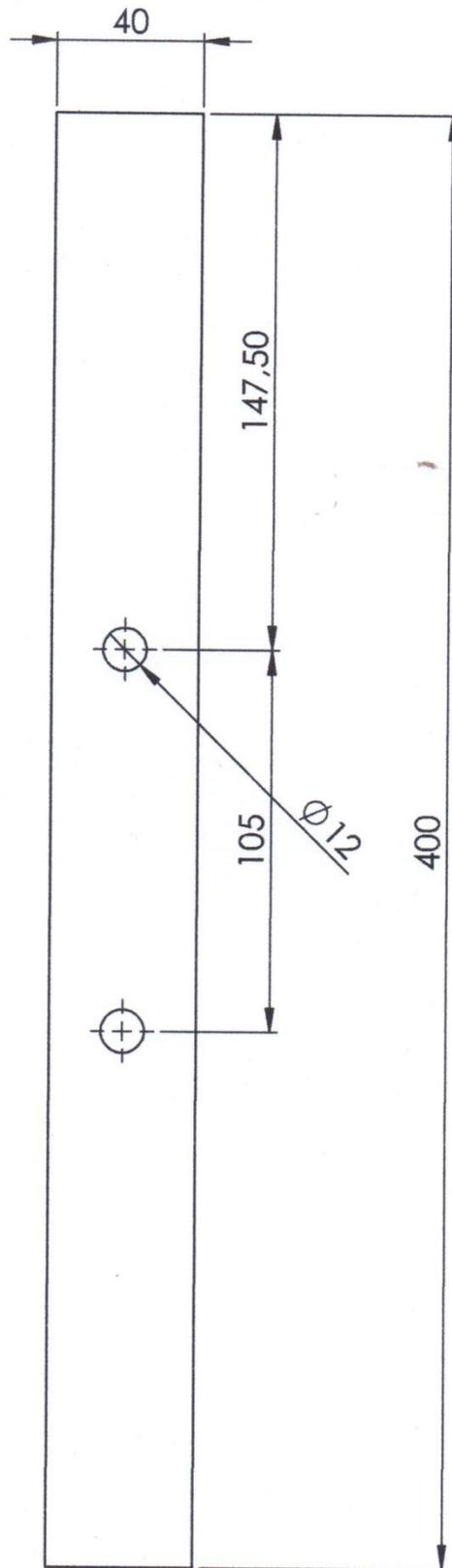
DIPERIKSA

DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 4
Tol. Sedang
TEBAL 10 mm



DUDUKAN PILLOW BLOCK BEARING

SKALA
1 : 2

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

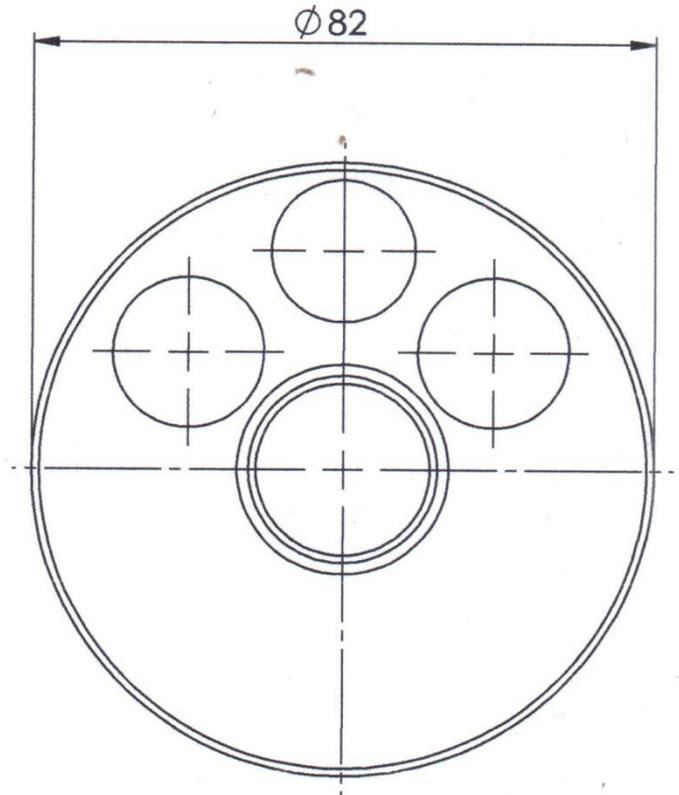
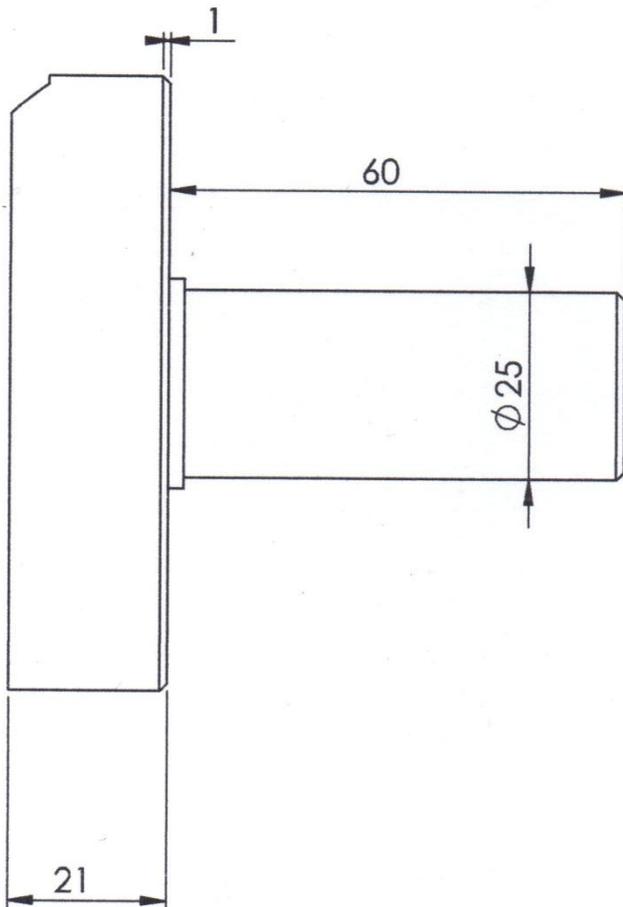
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 5

Tol. Sedang



POROS EKSENTRIK

SKALA
1 : 2

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

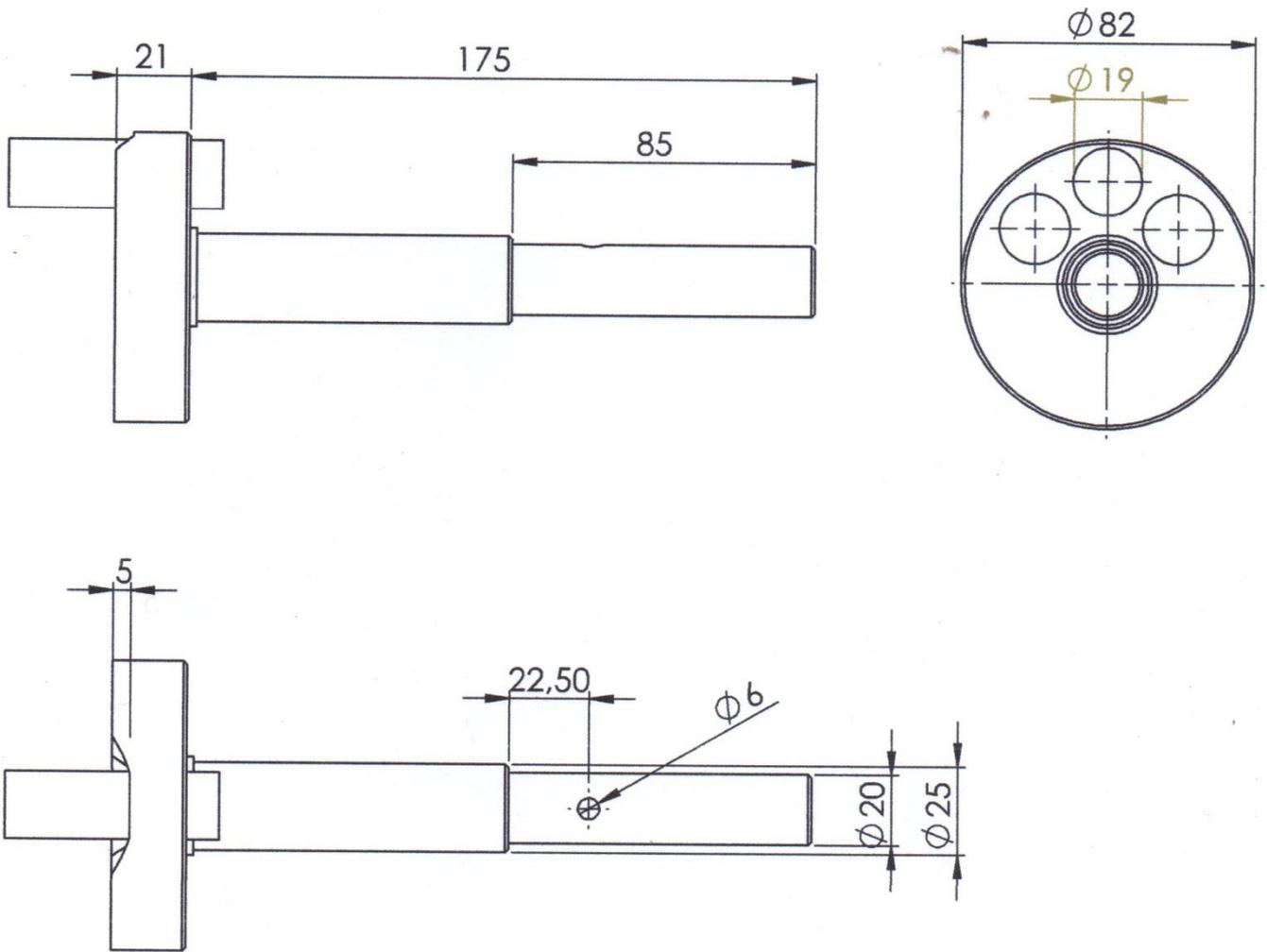
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 5

Tol. Sedang



Eksentrik

SKALA
1 : 2

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

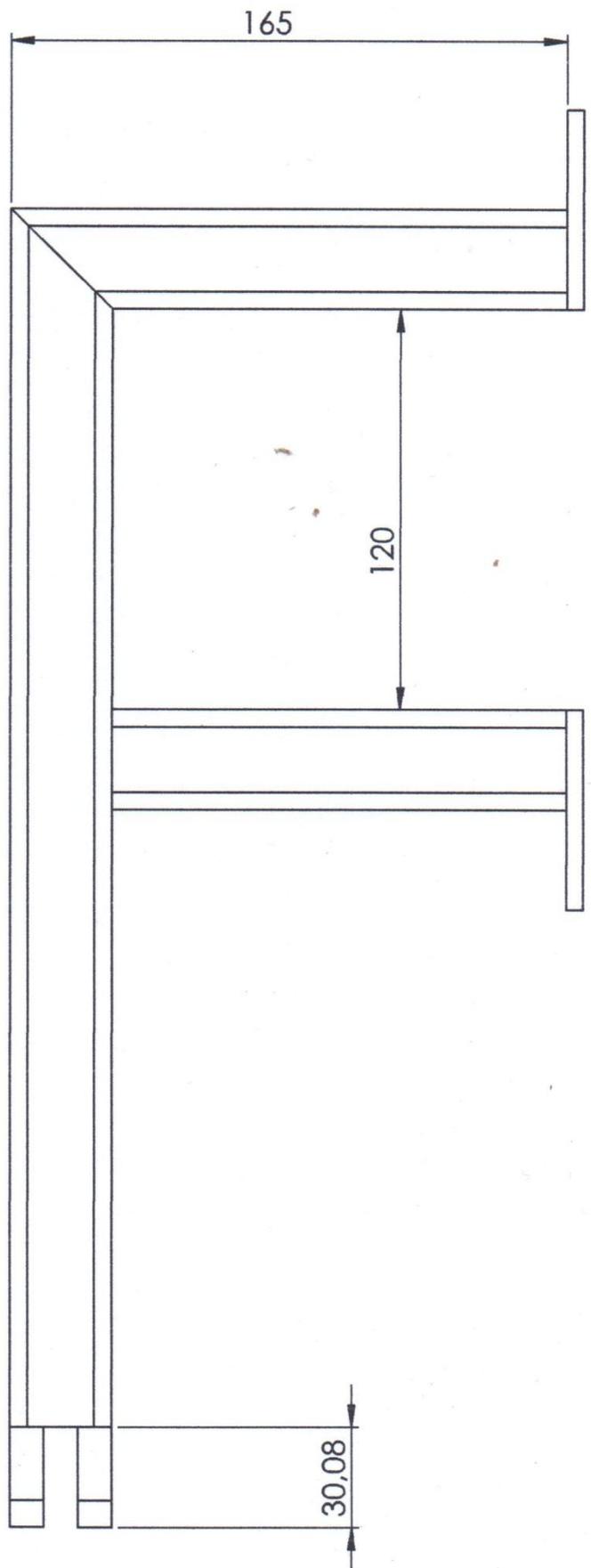
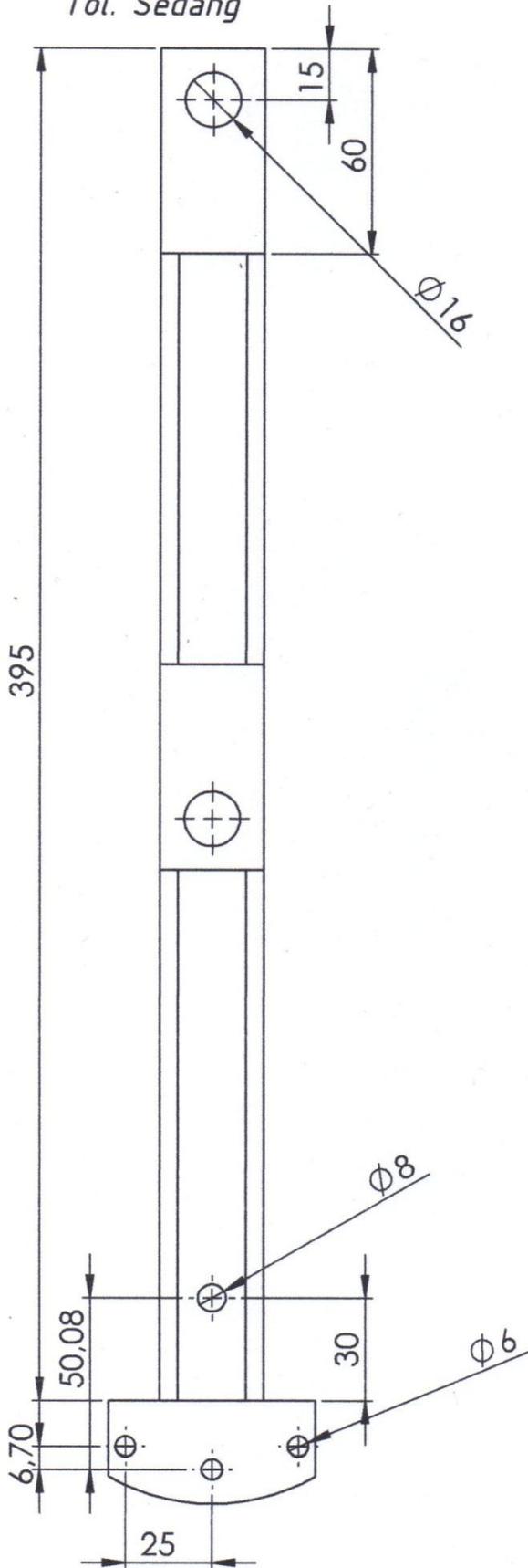
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 6

Tol. Sedang



TIANG CLAMPING TABUNG

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

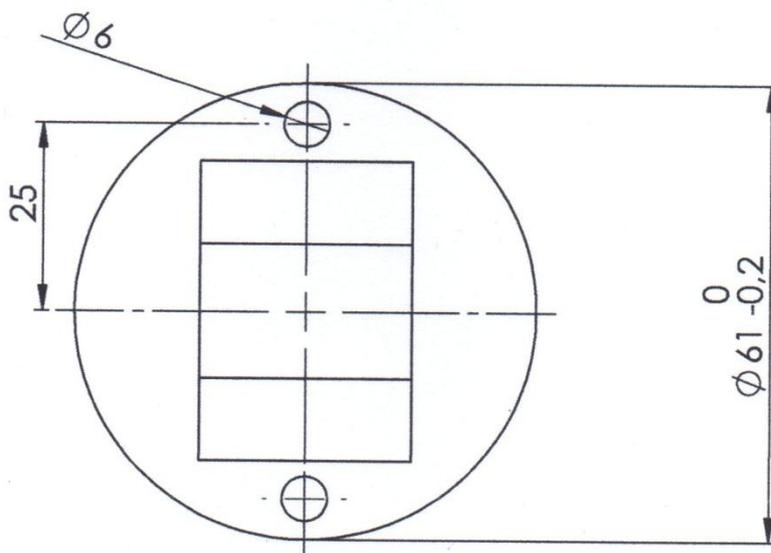
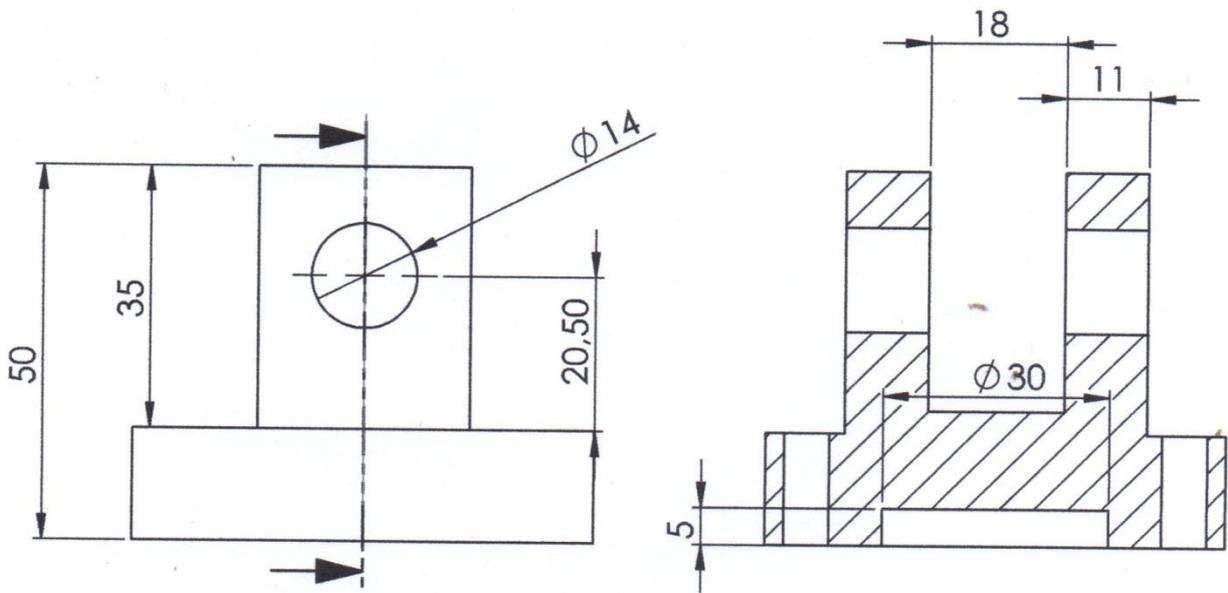
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BABEL



NO. 7

Tol. Sedang



PISTON BAWAH

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

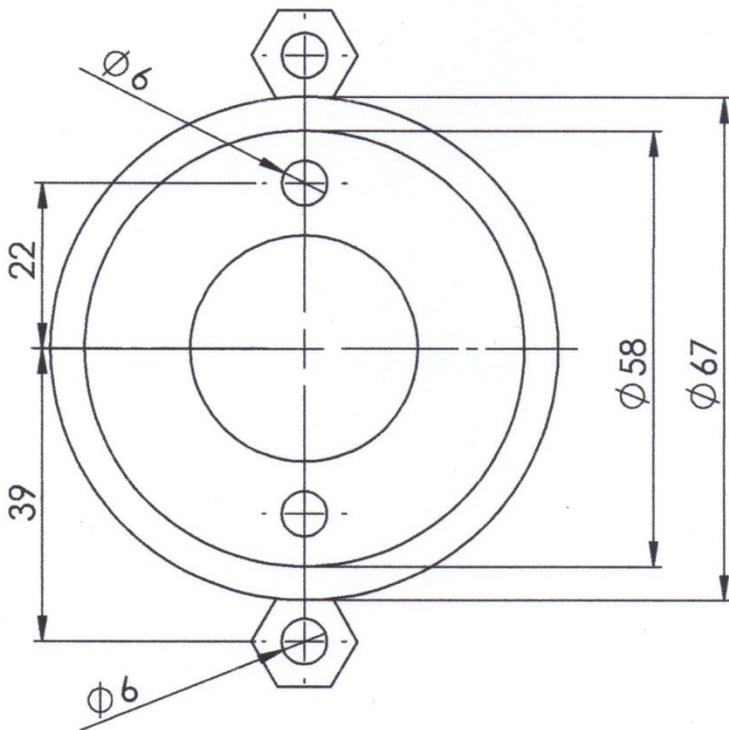
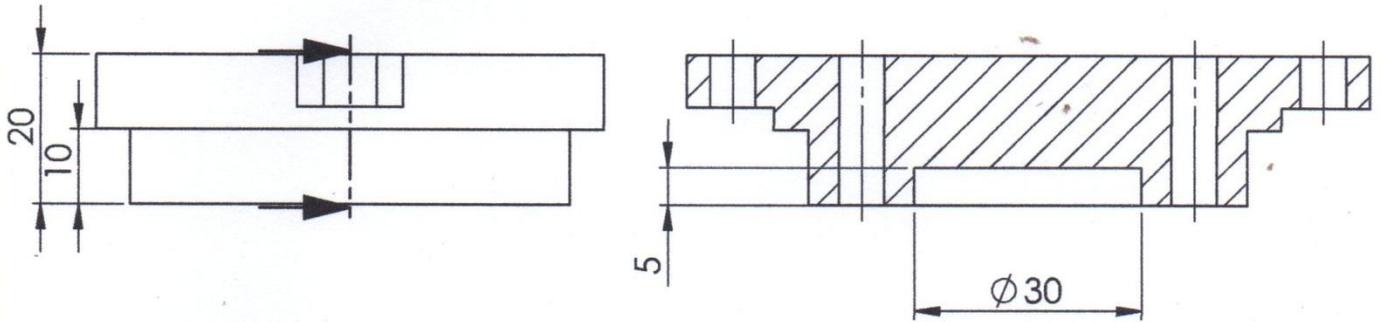
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 8

Tol. Sedang



PISTON ATAS TUTUP

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

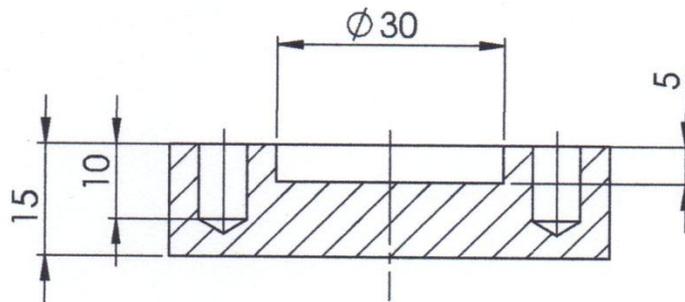
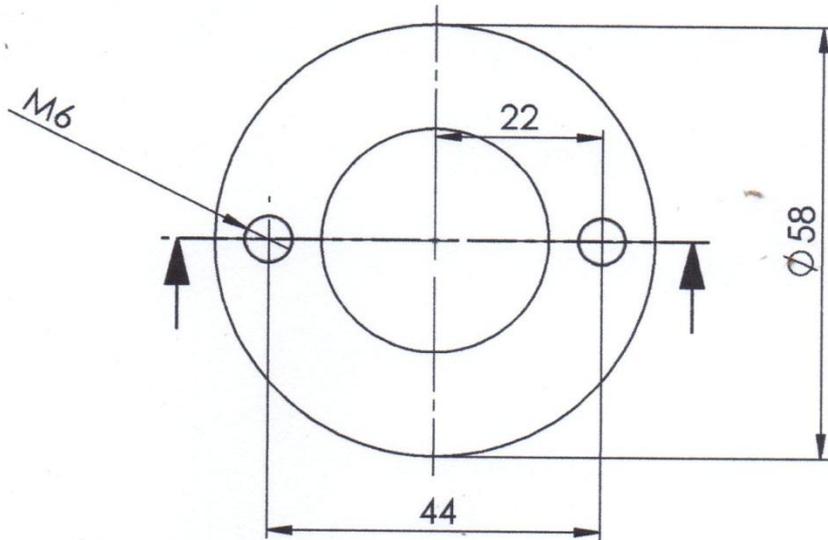
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BABEL



NO. 9

Tol. Sedang



PISTON PENAHAN

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

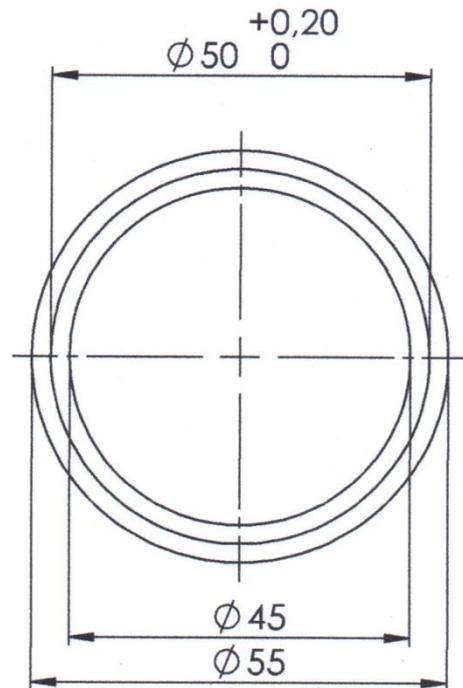
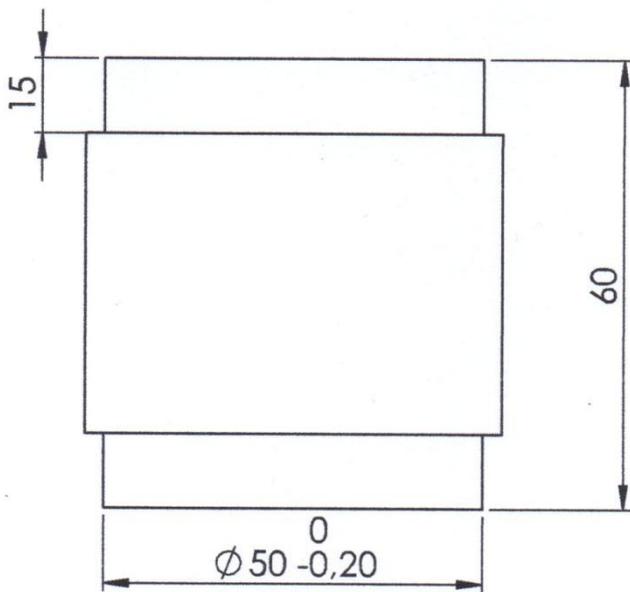
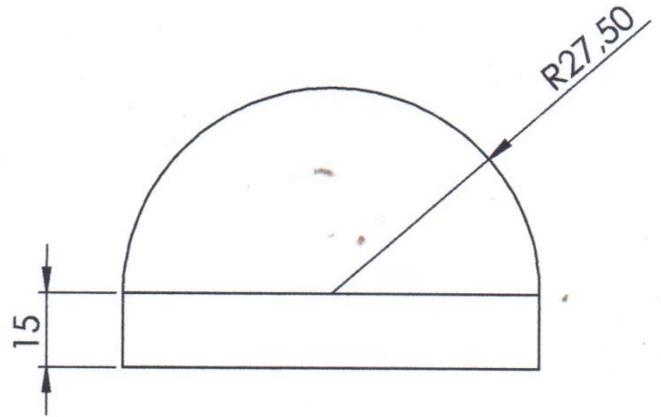
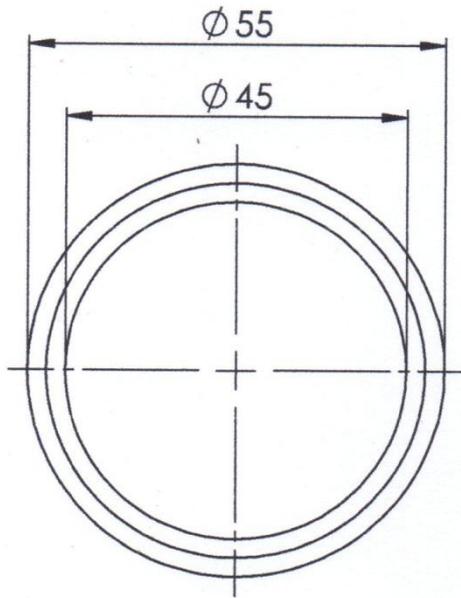
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL



NO. 10

Tol. Sedang



KAPSUL

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

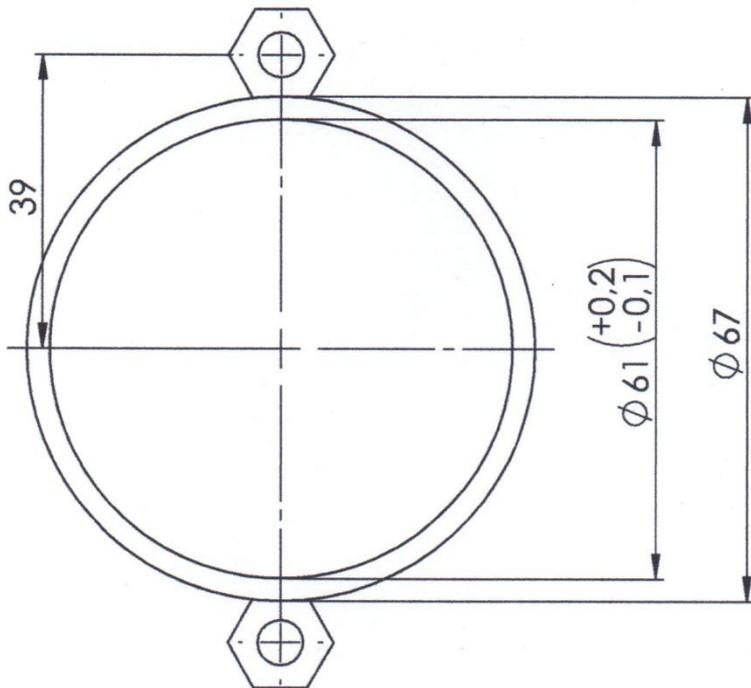
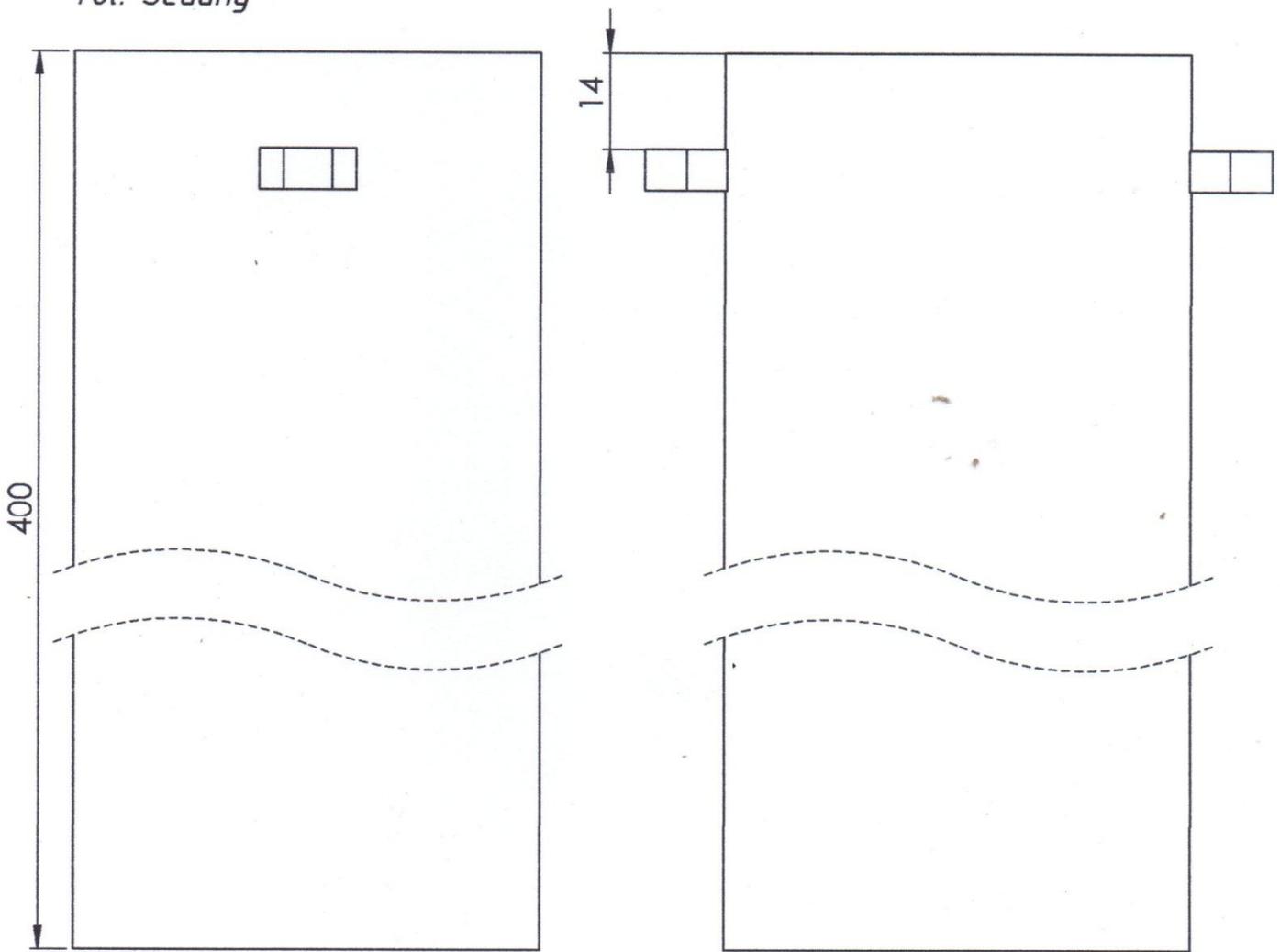
DILIHAT

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BABEL



NO.11

Tol. Sedang



TABUNG

SKALA
1 : 1

DIGAMBAR

20.06.19

MAULIDIL

DIPERIKSA

DILIHAT

POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BABEL





LAMPIRAN 4
Tabel Bahan dan Poros

Perhitungan As, Poros dan Pivot

Momen Bengkok di pot 2-2 :

$$M_{b2} = F \cdot l_2$$

$$= 25000 \cdot 120$$

$$= 3000000 \text{ Nmm}$$

Diameter AS di pot 2-2

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_{b2}}{0,1 \cdot \sigma_{bij}}} = \sqrt[3]{\frac{3000000 \text{ Nmm}}{0,1 \cdot 40 \text{ N/mm}^2}} = 85,498 = 86 \text{ mm}$$

Kesimpulan : Jadi perbandingan antara konstruksi As tetap pada contoh 1 (gbr) dengan konstruksi As bergerak pada contoh 2 (gbr) :

- Pada konstruksi AS TETAP : - M_b maks lebih besar
 - σ_b ijin lebih besar

dibanding dengan konstruksi AS BERGERAK dengan tumpuan melayang.

Kekuatan kekal dan faktor perbandingan Tegangan untuk bermacam-macam bahan yang sering digunakan untuk As/Poros. Tabel : 9-01

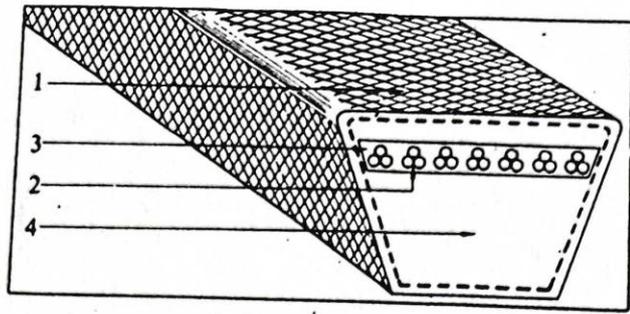
BAHAN	Perlakuan	Kekuatan Tarik	Tegangan Bengkok berganti	Tegangan Bengkok berulang	Tegangan Puntir berganti	Tegangan Puntir berulang	σ_b ijin	$\alpha_0 =$
		Rm	σ_{bgt}	σ_{bul}	τ_{pgt}	$\tau_{p ul}$	σ_{bgt}	σ_{bgt}
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	4-6	1,73 $\tau_{p ul}$
Baja non Paduan DIN 17100	St 42	420-500	190	300	110	160	32-47	0,69
	St 50	500-600	240	370	140	190	40-60	0,73
	St 60	600-700	280	430	160	220	47-70	0,74
	St 70	700-850	320	500	190	260	53-80	0,71
Baja harden & Temper DIN 17200	C 22	550-650	220	420	160	220	37-55	0,58
	C 35	650-800	260	480	150	220	43-65	0,68
	C 45	750-900	300	540	190	270	50-75	0,64
	C 60	850-1050	340	600	200	320	57-85	0,61
	25 CrMo 4	900-1050	320	470	190	265	53-80	0,70
	34 CrMo 4	1000-1200	360	610	240	237	60-90	0,60
30 Mn 5 37 MnSi 5 34 CrNiMo 6		800-950	390	700	260	360	65-100	0,63
		1000-1200	450	800	290	420	75-115	0,62
		1100-1300	550	980	340	570	80-120	0,56
Baja penge-rasan kulit DIN 17210	15 Cr 3	600-850	320	560	200	250	53-80	0,71
	16 Mn	800-1100	440	780	260	370	73-110	0,69
	18 CrNi 8	1200-1450	640	1080	370	510	105-160	0,73

Prosentase thdp. Kekuatan Tarik

0,45	0,71	0,26	0,32
0,38	0,6	0,22	0,32

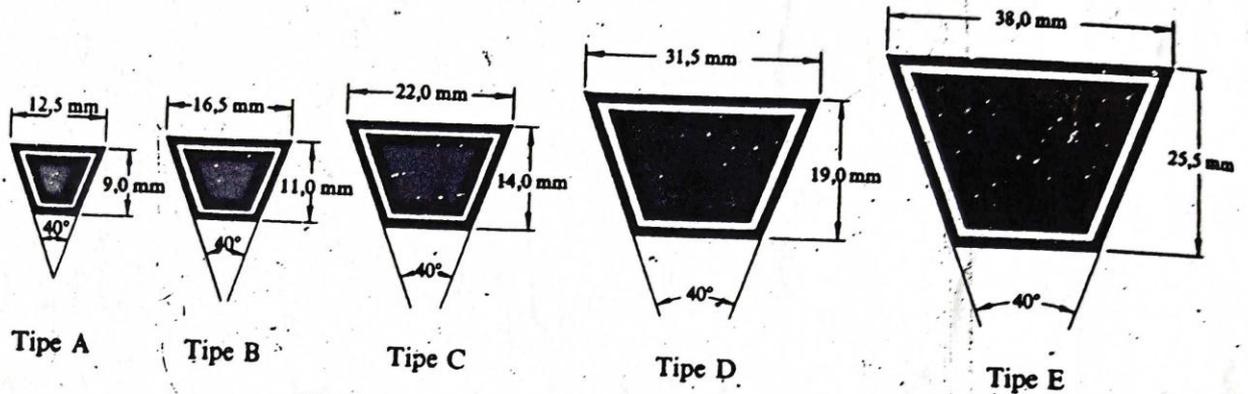


LAMPIRAN 5
Ukuran Penampang Sabuk

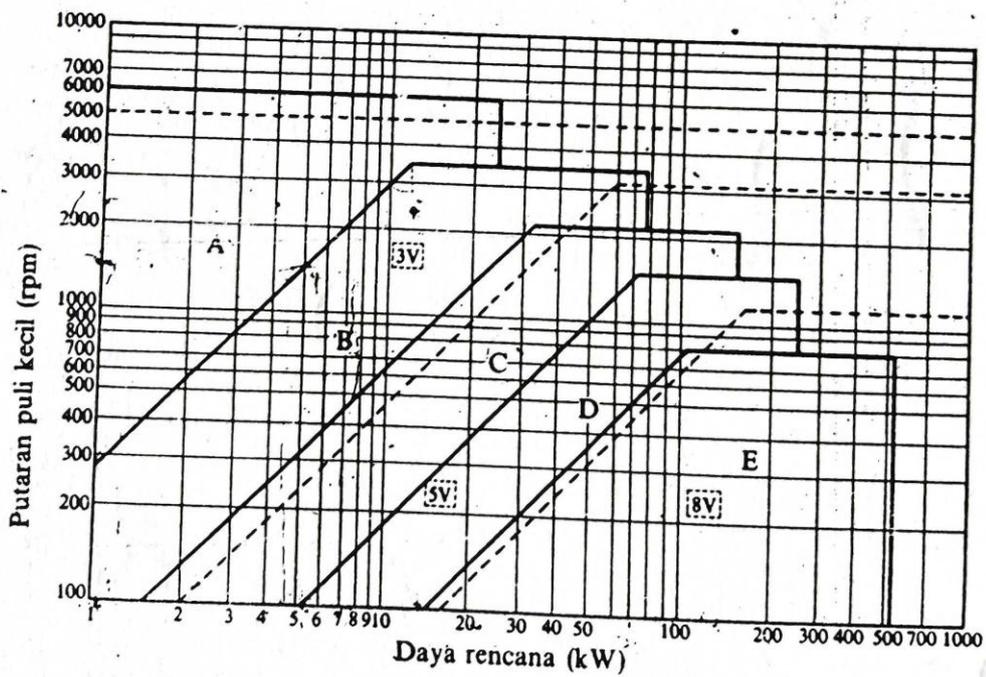


1. Terpal
2. Bagian penarik
3. Karet pembungkus
4. Bantal karet

Gbr. 5.1 Konstruksi sabuk-V.



Gbr. 5.2 Ukuran penampang sabuk-V.



Gbr. 5.3 Diagram pemilihan sabuk-V.

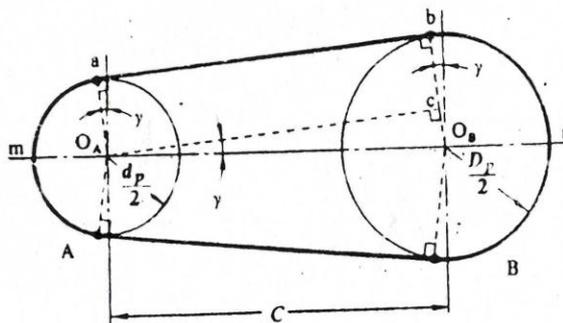
tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan sabuk-V dibandingkan dengan sabuk rata.

Dalam Gambar 5.2 diberikan berbagai proporsi penampang sabuk-V yang umum dipakai.

Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk-V yang sesuai dapat diperoleh dari Gambar 5.3. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi dalam Tabel 5.1. Diameter nominal puli-V dinyatakan sebagai diameter d_p (mm) dari suatu lingkaran di mana lebar alurnya di dalam Gambar 5.4 menjadi l_0 dalam Tabel 5.2. Transmisi sabuk-V hanya dapat

Tabel 5.3 (b) Panjang sabuk-V standar. ✓

✓ Nomor nominal		✓ Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor nominal	
(inch)	(mm)	(inch)	(mm)	(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
10	254	45	1143	80	2032	115	2921
11	279	46	1168	81	2057	116	2946
12	305	47	1194	82	2083	117	2972
13	330	48	1219 ✓	83	2108	118	2997
14	356	49	1245	84	2134	119	3023
15	381	50	1270	85	2159	120	3048
16	406	51	1295	86	2184	121	3073
17	432	52	1321	87	2210	122	3099
18	457	53	1346	88	2235	123	3124
19	483	54	1372	89	2261	124	3150
20	508	55	1397	90	2286	125	3175
21	533	56	1422	91	2311	126	3200
22	559	57	1448	92	2337	127	3226
23	584	58	1473	93	2362	128	3251
24	610	59	1499	94	2388	129	3277
25	635	60	1524	95	2413	130	3302
26	660	61	1549	96	2438	131	3327
27	686	62	1575	97	2464	132	3353
28	711	63	1600	98	2489	133	3378
29	737	64	1626	99	2515	134	3404
30	762	65	1651	100	2540	135	3429
31	787	66	1676	101	2565	136	3454
32	813	67	1702	102	2591	137	3480
33	838	68	1727	103	2616	138	3505
34	864	69	1753	104	2642	139	3531
35	889	70	1778	105	2667	140	3556
36	914	71	1803	106	2692	141	3581
37	940	72	1829	107	2718	142	3607
39	965	73	1854	108	2743	143	3632
39	991	74	1880	109	2769	144	3658
40	1016	75	1905	110	2794	145	3683
41	1041	76	1930	111	2819	146	3708
42	1067	77	1956	112	2845	147	3734
43	1092	78	1981	113	2870	148	3759
44	1118	79	2007	114	2896	149	3785



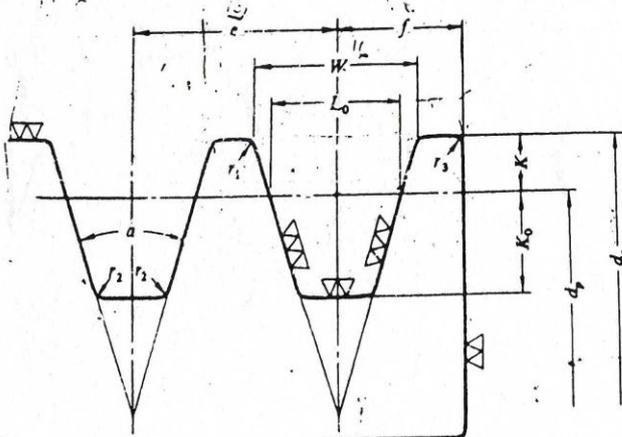
Gbr. 5.5 Perhitungan panjang keliling sabuk. ✓



LAMPIRAN 6
Faktor Koreksi

Tabel 5.1 Faktor koreksi

Mesin yang digerakkan	Penggerak					
	Momen puntir puncak 200%			Momen puntir puncak >200%		
	Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baging, sinkron), motor arus searah (lilitan shunt)			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap		
	Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam ✓	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam ✓
Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sampai 7,5 kW), pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5 kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, mesin giling-palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0



Gbr. 5.4 Profil alur sabuk-V.

menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Untuk mempertinggi daya yang ditransmisikan, dapat dipakai beberapa sabuk-V yang dipasang sebelah-menyebelah.



LAMPIRAN 7
Tabel Faktor Pemakaian C_B

• Faktor Pemakaian **CB**

Secara umum :

Jenis Mesin/Peralatan contoh :	Macam gerakan kerja	Faktor pemakaian CB
Mesin Listrik, Turbin Mesin gerinda, Mesin peralatan	Gerakan teratur dengan hentakan ringan	1,0-1,1
Mesin uap, Mesin Hobing, Mesin Diesel	Gerakan bolak-balik dengan hentakan sedang	1,2-1,5
Mesin press Mesin gergaji profil	Gerakan bolak-balik dengan hentakan kuat	1,6-2,0
Mesin tumbuk Mesin pemecah batu	Gerakan memukul dengan hentakan sangat kuat	2,0-3,0

cb antara 1,2 - 2,3

• Kekuatan kekal dan faktor perbandingan Tegangan untuk bermacam-macam bahan yang sering digunakan untuk As/Poros.

tabel 401

BAHAN		R_m	R_e	Tegangan Puntir berganti	Tegangan Puntir berulang	Tegangan Puntir berulang	σ_b ijin =	$\alpha_0 =$
		Kekuatan Tarik	Tegangan bengkok berganti				Tegangan bengkok berulang	$\sigma_{b\text{gt}}$
		R_m N/mm ²	$\sigma_{b\text{gt}}$ N/mm ²	$\sigma_{b\text{ul}}$ N/mm ²	$\tau_{p\text{gt}}$ N/mm ²	$\tau_{p\text{ul}}$ N/mm ²	$\frac{\sigma_{b\text{gt}}}{4,6}$ N/mm ²	$\frac{\sigma_{b\text{gt}}}{1,73 \tau_{p\text{ul}}}$
Baja non Paduan DIN 17100	St 42	420-500	190	300	110	160	32-47	0,69
	St 50 ✓	500-600	240	370	140	190	40-60	0,73
	St 60	600-700	280	430	160	220	47-70	0,74
	St 70 ✓	700-850	320	500	190	260	53-80	0,71
Baja harden & Temper DIN 17200	C 22	550-650	220	420	160	220	37-55	0,58
	C 35	650-800	260	480	150	220	43-65	0,68
	C 45	750-900	300	540	190	270	50-75	0,64
	C 60	850-1050	340	600	200	320	57-85	0,61
	25 CrMo 4	900-1050	320	470	190	265	53-80	0,70
	34 CrMo 4	1000-1200	360	610	240	237	60-90	0,60
	30 Mn 5	800-950	390	700	260	360	65-100	0,63
37 MnSi 5	1000-1200	450	800	290	420	75-115	0,62	
34 CrNiMo 6	1100-1300	550	980	340	570	80-120	0,56	
Baja penge- rasan kulit DIN 17210	15 Cr 3	600-850	320	560	200	250	53-80	0,74
	16 Mn	800-1100	440	780	260	370	73-110	0,69
	18 CrNi 8	1200-1450	640	1080	370	510	105-160	0,73



LAMPIRAN 8
Besar Gaya Peregangan



LAMPIRAN 9

Standart Operation Procedure



SOP PENGGUNAAN MESIN

Revisi

Tanggal Terbit

Halaman

1/1

14 Agustus 2019

1/1

PENGERTIAN

Proses Penggunaan Mesin *Shaker Mill*

TUJUAN

Untuk menghaluskan material *sno*²

PROSEDUR

1. Menyiapkan material yg akan diuji.
2. Buka kapsul penumbuk dan masukan material dan bola-bola penumbuk sesuai dengan yang di inginkan, kemudian tutup kembali kapsul dengan rapat.
3. Kemudian buka punutup tabung atas lalu masukan kapsul kedalam tabung dan penutup tabung kembali dikencangkan.
4. Setelah itu mesin bisa langsung dihidupkan dengan menyambungkan colokan ke saklar listrik, lalu klik ON pada tombol ON/OFF.
5. Jangan terlalu dekat dengan mesin
6. Mesin dapat dimatikan kembali pada saat telah selesai melakukan proses peumbukan.
7. Keluarkan kapsul dari dalam tabung dengan cara melepaskan tabung dari *clamping*.
8. Setelah kapsul dikeluarkan maka material dapat segera dikeluarkan dan diukur dimensi yang telah berubah dari dimensi awal.



LAMPIRAN 10

Maintenance

	PROSEDUR PEMELIHARAAN MESIN <i>SHAKER MILL</i>	Halaman 1/1
Uraian	Tanggal Terbit : 14 Agustus 2019	Revisi : 1/1
TUJUAN	Sebagai acuan penerapan langkah-langkah pemeriksaan akan kondisi mesin.	
RUANG LINGKUP	Unit mesin <i>shaker mill</i>	
URAIAN UMUM	Mesin <i>shaker mill</i> ialah mesin <i>shaker</i> yang digunakan untuk menghaluskan material timah menjadi lebih halus. Pada mesin ini menggunakan poros eksentrik sebagai penggerak penumbuk dan menggunakan motor listrik 1 HP.	
PROSEDUR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemilik mesin/operator melakukan pengecekan langsung (panca indra pada mesin). 2. Pemeliharaan dimulai dari <i>input</i> (dalam), yaitu : <ul style="list-style-type: none"> - Membersihkan debu pada kapsul - Memeriksa kembali bola baja 3. Pemeliharaan <i>output</i> (luar), yaitu : <ul style="list-style-type: none"> - Membersihkan <i>body</i> luar dengan kain dan sejenisnya - Memberi pelumasan pada <i>pillow block</i>. - Memberi pelumasan pada tabung dan piston - Pengecekan <i>belt</i> dan <i>pulley</i> - pengecekan motor listrik 4. pemeliharaan dilakukan setiap selesai memakai mesin. 	



LAMPIRAN 11

**Kekuatan Bahan Untuk Baja dan
Jenis Pembebenan Pada Poros**

Tabel 1-01
Kekuatan Bahan untuk Baja (N/mm²)

Bahan	Modulus Elastisitas E	Modulus Geser G	Resistan Max Rm	Resistan extension Re	Tegangan tarik berulang $\sigma_{t.ul}$	Tegangan tarik berganti $\sigma_{t.gt}$	Tegangan bengkok berulang $\sigma_{b.ul}$	Tegangan bengkok berganti $\sigma_{b.gt}$	Tegangan puntir berulang $\tau_{p.ul}$	Tegangan puntir berganti $\tau_{p.gt}$
St 37	210,000	80,000	370	240	240	175	340	200	170	140
St 42	210,000	80,000	420	260	260	190	360	220	180	150
St 50	210,000	80,000	500	300	300	230	420	260	210	180
St 52	210,000	80,000	520	320	320	240	430	280	220	190
St 60	210,000	80,000	600	340	340	270	470	300	230	210
St 70	210,000	80,000	700	370	370	320	520	340	260	240
50 Cr Mo4	210,000	80,000		900	860	500	940	540	630	370
20 Mn Cr 5	210,000	80,000		700	700	540	980	600	490	340

Jenis Pembebanan	K_m	K_t
1.1 Poros Tetap		
a. Beban perlahan	1.0	1.0
b. Beban tiba-tiba	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
2.1 Poros yang berputar		
a. Beban perlahan ataupun tetap	1.5	1.0
b. Beban tiba-tiba – kejutan ringan	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
c. Beban tiba-tiba – kejutan berat	2.0 -3.0	1.5 – 3.0



LAMPIRAN 12
Denah Area Aman

Denah area aman mesin *shaker mill*

