



**RANCANG BANGUN MESIN *MIXER* UNTUK
PENGADUK BAHAN *CRUCIBLE* BERBAHAN
*LIMBAH EVAPORATION BOATS***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

Oleh

Moh Khairul Anam

NIM.5201416041

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Moh Khairul Anam
NIM : 5201416041
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Judul : Rancang Bangun Mesin *Mixer* Untuk Pengaduk
Bahan *Crucible* Berbahan Limbah *Evaporation*
Boats

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 13 Oktober 2020

Dosen Pembimbing



Rusiyanto, S. Pd., M. T.
NIP. 197403211999031002

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul “Rancang Bangun Mesin *Mixer* Untuk Pengaduk Bahan *Crucible* Berbahan Limbah *Evaporation Boats*” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 13 Oktober 2020.

Oleh

Nama : Moh Khairul Anam
NIM : 5201416041
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

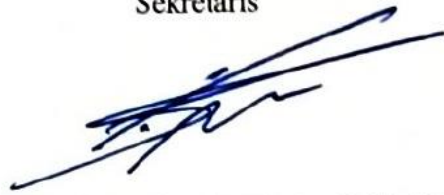
Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S. Pd., M. T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S. T., M. T.
NIP. 197509272006041002

Penguji 1



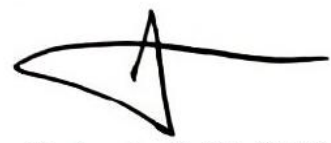
Samsudin Anis, M. T., Ph. D.
NIP. 197601012003121002

Penguji 2



Drs. Sunyoto, M. Si.
NIP. 196511051991021001

Penguji 3/ Pembimbing



Rusiyanto, S. Pd., M. T.
NIP. 197403211999031002

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M. T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan doktor) baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini. Maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 13 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan



Moh Khairul Anam

NIM. 5201416041

ABSTRAK

Moh Khairul Anam, 2020. Rancang Bangun Mesin *Mixer* Untuk Pengaduk Bahan *Crucible* Berbahan Limbah *Evaporation Boats*

Pembimbing Rusiyanto, S.Pd., M.T.

Salah satu faktor keberhasilan pembuatan *crucible* yaitu kerataan bahan / homogenitas bahan. Metode pencampuran bahan yang tepat dapat meningkatkan *densitas* dan mengurangi *porositas* dalam keramik/ *crucible* tersebut. Metode pencampuran bahan dalam pembuatan *crucible* di jurusan Teknik Mesin UNNES masih menggunakan metode manual sehingga kerataan bahannya masih kurang yang berakibat pada kualitas *crucible*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*, untuk merancang mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*, untuk mengetahui spesifikasi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*.

Metode penelitian yang digunakan yaitu perancangan produk. Adapun prosedur perancangannya terdiri dari observasi dan pengumpulan data, definisi proyek, proyek dan penyusunan spesifikasi teknis produk, perancangan konsep produk, perancangan produk, dokumen untuk pembuatan produk, pembuatan produk mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* disesuaikan dan dibandingkan dengan desain dan perancangan mesin *mixer* kemudian diperoleh hasil dan ditarik kesimpulan.

Hasil dari penelitian ini adalah desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*, rancangan mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*. Serta spesifikasi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* dengan rincian berikut ; (a) dimensi mesin *mixer* dengan panjang 850 mm x lebar 725 mm x tinggi 750 mm; (b) kapasitas tabung mixer maksimal 40 kg; (c) rentang penggunaan mesin 3-5 jam perhari; (d) daya motor listrik 0,5 HP; (e) dimensi tegangan mesin *mixer* dibandingkan dengan *yield strength* material yaitu $12,059 \text{ Mpa} \leq 30044 \text{ psi}$ ($207,14 \text{ Mpa}$) dan deformasi yang terjadi adalah sebesar $0,18499 \text{ mm} < (0,3-0,35 \text{ mm})$, sehingga dinyatakan aman/baik.

Kata kunci: *Evaporation Boats, Crucible, Mesin Mixer*

PRAKATA

Puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia rahmat, taufiq serta hidayah-Nya, sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW dan keluarga serta seluruh sahabatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Mesin *Mixer* Untuk Pengaduk Bahan *Crucible* Berbahan Limbah *Evaporation Boats*”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Oleh karena itu, penulis hendak menyampaikan terimakasih yang tulus dan ikhlas atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak di antaranya :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Nur Qudus, M. T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto, S. Pd., M. T., IPM., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dan dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Samsudin Anis, M. T., Ph. D., dan Drs. Sunyoto, M. Si., penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan,

pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

5. Bapak, Ibu serta Keluarga yang telah memberikan dukungan berupa doa serta dukungan moril dan materil.
6. Bapak Kyai Agus Ramadhan S. Pd. I., dan seluruh keluarga besar pondok pesantren Durrotu Ahlissunnah Waljama'ah yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
7. Seluruh rekan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin 2016
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama kuliah dan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semarang, 13 Oktober 2020

Moh Khairul Anam

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Teori Desain Perancangan	10
2.2.2 Kowi/ <i>Crucible</i>	11
2.2.3 <i>Evaporation Boats</i>	12
2.2.4 Mesin <i>Mixer</i>	13
2.2.5 Mesin <i>Mixer</i> Pengaduk Bahan <i>Crucible</i>	14
BAB II METODE PENELITIAN.....	37
3.1 Diagram Alir Proses Perancangan.....	37
3.2 Pernyataan Kebutuhan.....	40
3.3 Analisis Kebutuhan	40
3.4 Pertimbangan dari Sisi Pembuat.....	41
BAB II HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44

4.1	Spesifikasi dan Gambar Desain Mesin <i>Mixer</i>	44
4.1.1	Spesifikasi Mesin <i>Mixer</i> Pengaduk Bahan <i>Crucible</i>	44
4.1.2	Gambar Desain Mesin <i>Mixer</i> Pengaduk Bahan <i>Crucible</i>	44
4.2	Pemilihan Bahan	45
4.2.1	Pemilihan Bahan Poros	45
4.2.2	Pemilihan Bahan Tabung <i>Mixer</i>	46
4.2.3	Pemilihan Bahan Roda Gigi.....	46
4.2.4	Pemilihan <i>Pulley</i>	47
4.2.5	Pertimbangan Rangka Mesin	47
4.3	Analisis Teknik yang Digunakan dalam Perancangan.....	48
4.3.1	Perancangan Tabung <i>Mixer</i>	49
4.3.2	Analisis Daya Motor	54
4.3.3	Analisis Perancangan Poros.....	57
4.3.4	Perhitungan Bantalan	60
4.3.5	Analisis Ukuran Roda Gigi yang Digunakan	64
4.3.6	Analisis Perancangan Transmisi <i>V-belt</i> dan <i>Pulley</i>	68
4.3.7	Analisis Perancangan Rangka.....	71
4.3.8	Detail Produk <i>Mixer</i>	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		81

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Simbol dan Singkatan	Keterangan	Satuan	Hal Pertama Kali Digunakan
Π	<i>Phi</i> (nilai konstan=3,14)		15
R	Jari-jari benda	mm	15
T	Tinggi benda	mm	15
τ	Torsi	Nm	17
N	Putaran poros/ motor listrik	RPM	18
f_c	Faktor koreksi daya		18
Pd	Daya rencana	Watt/KW	18
P	Daya nominal	Watt/KW	18
ω	Kecepatan sudut	Rad/s	18
d_s	Diameter poros	mm	19
τ_a	Tegangan geser yang diijinkan	kg/mm ²	19
K_t	Faktor koreksi adanya beban punter		19
C_b	Faktor koreksi adanya beban lentur		19
T	Momen puntir yang direncanakan	kgmm	19
P	Beban equivalen dinamis	KN	23
Fr	Gaya radial bantalan	kg	23
Y	Suatu faktor kondisi pada bantalan		23
X	Suatu faktor kondisi pada bantalan		23

Fa	Gaya aksial	kg	23
L_{10}	Umur bantalan bola	Hours	24
C	<i>Basic load dynamic</i>	Kn	24
P	Beban	KN	24
n	Putaran <i>bearing</i>	RPM	24
M	Modul roda gigi		27
Z/N	Jumlah gigi	mm	27
D_a	Diameter luar roda gigi	Rad/s	27
D	Diameter lingkaran <i>pitch</i>	mm	27
B	Tebal gigi	mm	27
Gr	<i>Gear ratio/ perbandingan roda gigi</i>		27
v	<i>Pitch line velocity</i>	m/s	28
Cv	<i>Factor velocity</i>		28
Yp	<i>Tooth form factor</i>		28
W_t	<i>Tangensial loads</i>	N	28
W_d	<i>Dynamic loads</i>	N	29
W_s	<i>Static loads</i>	N	29
σ_e	<i>Allowable static stress</i>		29
Q	<i>Ratio factor</i>		29
W_w	<i>Maksimum loads</i>	N	30
K	<i>Loads stress factor</i>		30
v	Kecepatan <i>v-belt</i>	m/s	31
F_e	Gaya tangensial	N	32

L	Panjang <i>v-belt</i>	mm	32
Dp	Diameter <i>pulley</i> poros / besar	mm	32
dp	Diameter <i>pulley</i> motor / kecil	mm	32
C	Jarak sumbu <i>pulley</i>	mm	32
θ	Sudut kontak	KN	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Faktor- Faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan	17
Tabel 2.2 Penggolongan Bahan Poros.	19
Tabel 2.3 Faktor Koreksi Beban Puntir	19
Tabel 2.4 Faktor Koreksi Beban Lentur	19
Tabel 2.5 Diameter Bahan Poros (mm)	20
Tabel 2.6 Klasifikasi Bantalan Gelinding Serta Karakteristiknya	22
Tabel 4.1 Material Rangka	72

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kowi/ <i>Crucible</i>	12
Gambar 2.2. <i>Evaporation Boats</i>	13
Gambar 2.3. Tabung <i>Mixer</i>	14
Gambar 2.4. Tabung.....	15
Gambar 2.5. Kerucut Terpancung	15
Gambar 2.6. Tinggi Kerucut Terpancung	16
Gambar 2.7. Motor Listrik.....	17
Gambar 2.8. <i>Bearing</i>	21
Gambar 2.9. Kontruksi Poros dengan <i>Bearing</i>	21
Gambar 2.10. Roda Gigi <i>Fly wheel/ Fly wheel Gear</i>	25
Gambar 2.11. Roda Gigi Lurus / <i>Spur Gear</i>	25
Gambar 2.12. Roda Gigi Eksternal	26
Gambar 2.13. Roda Gigi Tipe <i>Gearing Down</i>	26
Gambar 2.14. Penampang <i>V-belt</i>	31
Gambar 2.15. Sudut Kontak	32
Gambar 2.16. Besi Kanal C <i>Lips Channel</i>	33
Gambar 2.17. Tipe-tipe Pengelasan Sudut	35
Gambar 2.18. Tipe-tipe Pengelasan Temu	35
Gambar 3.1. Diagram Alur Proses Penelitian	37
Gambar 4.1. Desain Mesin <i>Mixer</i>	44
Gambar 4.2. Diagram Alir Analisis Teknik Mesin <i>Mixer</i>	48
Gambar 4.3. Desain Tabung <i>Mixer</i>	49
Gambar 4.4. Ukuran Tabung Kerucut Terpancung.....	49
Gambar 4.5. Menghitung Tinggi Kerucut	50
Gambar 4.6. Ukuran Tabung <i>Mixer</i>	52
Gambar 4.7. Ilustrasi Gaya Yang Dialami Motor	55
Gambar 4.8. Alur Perancangan Poros Mesin	57
Gambar 4.9. Ilustrasi Mencari Ukuran Roda Gigi	64
Gambar 4.10. Diagram Alir Perencanaan Pemilihan Transmisi <i>V-belt</i>	68

Gambar 4.11. Sudut Kontak	70
Gambar 4.12. Rangka Mesin <i>Mixer</i>	71
Gambar 4.13. <i>Von-Mises Stress</i>	73
Gambar 4.14. <i>Total Deformation</i>	73

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Gambar 3D dan 2D Mesin <i>Mixer</i>	82
2. Surat Usulan Dosen Pembimbing	89
3. Surat Penetapan Dosen Pembimbing	90
4. Surat Tugas Dosen Pembimbing dan Penguji	91
5. Surat Ijin Penelitian	92
6. Table Baja Kontruksi Umum DIN 17100	93
7. Baja Karbon Untuk Poros.....	94
8. Tabel Faktor Koreksi pada Transmisi <i>V-Belt</i>	95
9. Tabel. Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural	96
10. Tabel Faktor Koreksi K_0	97
11. Tabel Daerah Penyetelan Jarak Sumbu Poros.....	98
12. Tabel Panjang <i>V-belt</i> Standar.....	99
13. Diagram Pemilihan <i>V-belt</i>	100
14. Angka Perbandingan Transmisi yang Diijinkan	101
15. Faktor-faktor V, X, Y, dan X_0 , Y_0 Bantalan Gelinding	101
16. Faktor-faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan.....	102
17. Harga Kekasaran dan Angka Kelas Kekasaran.....	102
18. Suaian untuk Tujuan-Tujuan Umum Sistem Lubang Dasar	103
19. Nilai Penyimpangan Lubang	104
20. Nilai Penyimpangan Poros	105
21. Tabel Harga $Sf1$ dan $Sf2$	106
22. Tabel Faktor Keamanan.....	106
23. Tabel Modulus Elastisitas Bahan.....	107
24. Lambang-Lambang Las.....	108
25. <i>Allowable Static Stress</i>	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Pengecoran logam memerlukan dapur pelebur sebagai sarana untuk meleburkan logam. Piranti yang digunakan untuk meleburkan logam yaitu dapur *crucible*. Dapur *crucible* merupakan dapur tertua yang digunakan untuk meleburkan logam. Dapur *crucible* terbuat dari campuran tanah liat (kaolin) dan semen tahan api (Amstead, 1986).

Bahan untuk pembuatan *crucible* harus mempunyai karakteristik tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap perubahan *temperature* yang mendadak (*thermal shock*), tidak terpengaruh sifat kimia dari lelehan bahan peleburan, tidak mencemari bahan yang bersinggungan serta memiliki koefisien panas yang rendah sehingga dapat menghemat panas (*Nations Environment Programme*, 2006).

Bahan baku utama pembuatan dapur *crucible* ini memanfaatkan limbah *evaporation boats*. Dalam industri logam *evaporation boats* digunakan sebagai wadah penahan dari pemanas tahanan listrik untuk mencairkan dan menguapkan logam. *Evaporation boats* terbuat dari komposit *boron nitrida* (BN) dan *titanium diboride*. *Evaporation boats* sering berbentuk persegi panjang dan berbentuk palung. (Epstein, 2009). Karakteristik *boron nitride* adalah memiliki konduktivitas *thermal* yang tinggi, stabilitas *thermal* yang tinggi, dan ketahanan tinggi terhadap

korosi sehingga dapat digunakan untuk bahan refraktori pada pengecoran logam. (Bernard, 2014 :7437).

Salah satu faktor keberhasilan pembuatan *crucible* yaitu kerataan bahan. Menurut Erliyanti, (2019) menyarankan bahwa dalam penelitian selanjutnya, agar lebih memperhatikan cara mencampur bahan-bahan agar tercampur dengan merata. Selain itu Indiani, (2009) mengatakan bahwa untuk mendapatkan campuran material bahan baku keramik dengan pengaturan komposisi dan ukuran butir hingga *homogen*. Selain itu proses pencampuran juga dapat meningkatkan densitas dari keramik dan juga mengurangi *porositas* dalam keramik tersebut.

Sebelumnya dalam proses pencampuran bahan untuk membuat *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* masih dilakukan secara manual yakni diaduk menggunakan tangan. Dengan menggunakan metode pencampuran secara manual tentunya dalam proses pembuatan *crucible* membutuhkan waktu yang lama. Selain itu hasil pencampurannya tidak merata/ tidak *homogen*. Sedangkan dalam pembuatan *crucible* disyaratkan *homogenitas* campuran yang baik yang akan berpengaruh terhadap kualitas *crucible* tersebut. Dengan pertimbangan seperti itu penulis berminat membantu memecahkan permasalahan tersebut. Alternatif pemecahan masalah tersebut yaitu dengan menciptakan mesin *mixer* pengaduk *crucible* untuk meningkatkan produksi dan kualitas *crucible* tersebut.

Dengan memanfaatkan mesin *mixer* pengaduk bahan pembuat *crucible* diharapkan dapat digunakan dilingkungan jurusan Teknik Mesin UNNES dan diharapkan dapat digunakan di industri ukm pembuatan *crucible* di masyarakat.

Berdasarkan permasalahan dan pentingnya proses pencampuran yang baik tersebut. Peneliti tertarik untuk mengambil topik penelitian tentang “RANCANG BANGUN MESIN *MIXER* UNTUK PENGADUK BAHAN *CRUCIBLE* BERBAHAN LIMBAH *EVAPORATION BOATS*”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka terdapat beberapa permasalahan pokok yang muncul dalam penelitian ini, masalah-masalah tersebut antara lain :

1. Pemanfaatan limbah *evaporation boats* sebagai bahan *crucible*.
2. Terjadinya retakan saat *crucible* mengering.

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan terkait pemanfaatan *evaporation boats* sebagai material pembuat *crucible* diantaranya kurang meratanya campuran bahan *evaporation boats* dan bahan tambah yang lain. Maka penelitian ini difokuskan pada rancang bangun mesin *mixer* untuk mengaduk bahan-bahan *crucible* dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*.
2. Analisa teknik perancangan mesin.
3. Analisa rangka mesin *mixer*.
4. Spesifikasi mesin *mixer* pengaduk *crucible*.
5. Penggunaan mesin *mixer* ini dikhususkan untuk penggunaan pengembangan penelitian di kampus.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*?
2. Bagaimanakah wujud rancang bangun mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*?
3. Bagaimanakah spesifikasi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk membuat desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*.
2. Untuk merancang mesin *mixer evaporation boats*.
3. Untuk mengetahui spesifikasi mesin *mixer evaporation boats*.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi berupa wujud mesin *mixer evaporation boats*.
2. Memberikan informasi spesifikasi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*.
3. Sebagai acuan yang di perlukan untuk pembuatan mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*.
4. Sebagai upaya untuk mengelola limbah limbah *evaporation boats* sebagai bahan pembuat *crucible*.
5. Setelah mengetahui atau mendapatkan wujud mesin *mixer*, maka dapat di rekomendasikan mesin *mixer* tersebut dapat digunakan.
6. Bagi penulis agar penulis dapat menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Menurut *3M Technical Ceramics*, (2015: 1) pada limbah *evaporation boats* tersebut mengandung unsur *boron nitride* dan *titanium diboride*. Penambahan *evaporation boats* pada komposisi pembuatan lining didasarkan pada persamaan 3 sifat-sifat antara bahan *refractory* yang biasa digunakan dalam pembuatan *lining* (batu tahan api) dengan sifat limbah *evaporation boats* tersebut. Menurut artikel di *website* PT 3M diketahui bahwa salah satu material penyusun *evaporation boats* tersebut adalah *boron nitride* yang tahan terhadap temperatur yang tinggi karena memiliki titik leleh hingga 27000C, konduktivitas termal hingga 400 W/mK (untuk kristal tunggal), dan ketahanan terhadap *oksidasi* hingga 1000°C.

Menurut Sudjianto, et al., (2017: 78) yang berjudul *Optimalisasi Produksi Kerajinan Keramik dengan Alat Mixer Material Keramik Berbasis Elektrik*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang teknologi alat mixer yang efektif dan efisien yang bisa dipakai untuk proses pengadukan material keramik. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan *mixer* manual dapat diaduk material keramik sebanyak 600 kg sedangkan dengan *mixer* elektrik material keramik yang dapat diaduk sebanyak 1000 kg, sehingga ada *efisiensi* sebesar $600/1000 \times 100\% = 60\%$.

Menurut Lubis dan Sulardjaka, (2014) yang berjudul *Rancang Bangun Alat Stir Casting Menggunakan Metode Pahl And Beitz untuk Proses Pembuatan Komposit Matriks Aluminium*. Penelitian ini merancang bangun alat *stir casting*

yang terdiri dari *base stand*, *electrical box (temperatur controller)*, pin, penampang, pegangan *hydraulic (handle)*, poros penahan, motor, *pulley* motor, pengencang, *pulley (stirrer)*, pengaduk, *belt*, bantalan, baut, *furnace*, *inverter*, dan cetakan. Stir casting dibuat menggunakan metode Pahl and Beitz yang terdiri penetapan kebutuhan, perancangan konsep, perancangan detail, dokumen pembuatan produk dan produksi awal. Pada proses pengecoran mengalami beberapa hambatan seperti *wettability*, distribusi partikel yang *non-homogenous*, dan porositas yang tinggi. Hasil dari penelitian ini adalah alat *stir casting* menggunakan *stirrer rod* (batang pengaduk). Melalui *stirrer rod*, *blade* akan mengaduk komposit cair tersebut untuk membuat distribusi partikel material menyatu sehingga *wettability* dan *porositas* nya menurun.

Menurut Jannah, (2019) yang berjudul Pengaruh *Temperatur Sintering* Terhadap Densitas, Porositas, Dan Kekerasan Berbahan *Evaporation Boats*, Kaolin Dan Semen *Castable* sebagai material *Crucible*. Penelitian pengujiannya menggunakan timbangan *digital high precision* dan *microhardness* tester M800. Material yang digunakan berupa *evaporation boats*, kaolin, semen *castable*, dan dicampur 15% air dari massa keseluruhan serbuk bahan sebelum dicetak. Variabel bebas penelitian ini adalah temperatur *sintering* dan komposisi material. Variasi temperatur *sintering* yang digunakan adalah 900°C, 1000°C, dan 1100°C. Sementara untuk variasi komposisi yang digunakan adalah komposisi 1 yaitu 70% *evaporation boats*, 15% semen *castable* dan 15% kaolin, variasi komposisi 2 yaitu 50% *evaporation boats*, 25% semen *castable*, dan 25% kaolin, dan variasi komposisi 3 yaitu 40% *evaporation boats*, 30% semen *castable* dan 30% kaolin. Hasil

penelitian nilai densitas tertinggi diperoleh pada komposisi 2 dengan perlakuan temperatur *sintering* 1100°C sebesar 2,120 g/cm³. Nilai porositas terendah diperoleh pada komposisi 2 dengan perlakuan temperatur *sintering* 1100°C yang menghasilkan nilai porositas sebesar 2,2 %. Nilai kekerasan tertinggi juga diperoleh pada komposisi 2 yang dengan perlakuan temperatur *sintering* 1100°C yang memiliki nilai HVN sebesar 0,07 gf/μm².

Menurut Indiyani dan Umiati, (2009 : 83-92) yang berjudul Keramik Porselen Berbasis Feldspar Sebagai Bahan Isolator Listrik mengatakan bahwa untuk mendapatkan campuran material bahan baku keramik dengan pengaturan komposisi dan ukuran butir hingga *homogen*. Selain itu proses pencampuran juga dapat meningkatkan densitas dari keramik dan juga mengurangi *porositas* dalam keramik tersebut.

Menurut Fajri, (2019: 58) yang berjudul Pengaruh *Thermal Shock* dan Komposisi *Evaporation Boats*, Semen Tahan Api dan Pasir Silika Terhadap Kekuatan *Impact* dan Foto *Makro Lining Refractory* menyarankan agar proses pencampuran bahan-bahan menggunakan alat atau *mixer* agar bahan merata di satu spesimen.

Menurut Malisa, (2008: 81) yang berjudul Pengaruh Lamanya Pengadukan Terhadap Nilai *Slump* dan Kandungan Udara Campuran Beton mengatakan bahwa untuk mendapatkan hasil adukan yang baik, maka pengadukan beton haruslah dilakukan dengan mesin pengaduk supaya proses penyatuannya (*homogenitas*) dapat lebih baik dan cepat.

Menurut Nurzal, (2012 : 3) yang berjudul Pengaruh Proses Wet Pressing dan Suhu Sinter Terhadap Densitas dan Kekerasan *Vickers* Pada Manufactur Keramik Lantai *mixing* digunakan untuk menggabungkan serbuk dari komposisi dua unsur atau lebih sehingga diperoleh campuran yang *homogen*.

Menurut Munro, (2000) yang berjudul *Material Properties Of Titanium Diboride*. *Titanium diboride* (TiB₂) dikenal sebagai bahan keramik dengan kekuatan dan daya tahan yang relatif tinggi yang ditandai dengan nilai titik leleh yang relatif tinggi, kekerasan, rasio kekuatan terhadap kerapatan, dan ketahanan aus. Penggunaan saat ini dari bahan ini, bagaimanapun, tampaknya terbatas pada aplikasi khusus di bidang-bidang seperti baju besi tahan benturan, alat pemotong, cawan lebur, dan pelapis tahan aus.

Menurut Nur dan Suyuti, (2017) yang berjudul Perancangan Mesin-Mesin Industri mengatakan bahwa meskipun kriteria yang digunakan oleh seorang perancang adalah banyak, namun semuanya tertuju pada beberapa kriteria seperti *Function* (fungsi/pemakaian), *Safety* (keamanan), *Reliability* (dapat diandalkan), *Cost* (biaya), *Manufacturability* (dapat diproduksi), *Marketability* (dapat dipasarkan). Prosedur umum untuk menyelesaikan masalah perancangan adalah Mengenali kebutuhan/tujuan, mekanisme, analisa gaya, pemilihan material, rancang elemen-elemen, modifikasi, gambar detail, dan produksi.

Menurut Said, (2014 : 11) yang berjudul Analisis Pengaruh Kandungan Sic, Temperatur Cairan, Kecepatan Putar dan Durasi Waktu Pengadukan Pada Kekuatan Tarik Komposit Al-Sic Pengaruh durasi waktu pengadukan dari 10 menjadi 30 menit dapat menaikkan kekuatan tarik komposit Al-SiC sebesar 13,22

% yaitu dari 113,05 MPa menjadi 128 MPa, tetapi menambah durasi waktu pengadukan di atas 30 menit akan menurunkan kekuatan tarik rata-ratanya. Kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC menurun menjadi 97,52 MPa, ketika durasi waktu pengadukan ditambah menjadi 40 menit. Rasio tertinggi terjadi pada variasi ke tiga yaitu durasi waktu pengadukan 30 menit dengan S/N ratio sebesar 41,31 dB, maka durasi waktu pengadukan optimum adalah 30 menit.

Menurut Effendi, (2001) yang berjudul Merancang Alat-Alat Proses Produksi Utama pada Proses Pembuatan *Magnesium Carbonat* dari *Dolomite* dan *Coke,Logic*. Proses pencampuran bahan dimulai dari penggilingan kemudian dimasukan ke dalam tangki pencampur /*mixer* dengan penambahan air sehingga menjadi *slurry*.

Menurut Soyan, et al., (2019 : 20-28) yang berjudul Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Apdl 15.0. Tujuan penelitian ini ialah: (1) perhitungan beban pada struktur rak (tray), (2) distribusi tegangan pada struktur tray, dudukan, dan rangka pengering bawang merah, dan (3) analisa kekuatan bahan menggunakan metode Tresca dan Energi Distorsi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu Tegangan maksimum pada struktur rangka mesin pengering bawang ialah 0,89 MPa dan defleksi maksimum 0,000235 mm yang terjadi pada bagian tengah struktur mesin. Berdasarkan teori Tresca dan Energi Distorsi, diperoleh bahwa tegangan yang terjadi masih jauh dari kriteria kegagalan struktur. Demikian juga dengan defleksi yang terjadi adalah sangat kecil sehingga konstruksi mesin pengering bawang aman dipergunakan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Teori Desain Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk. Tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya (Dharmawan, 2004: 1). Sehingga, sebelum sebuah produk dibuat terlebih dahulu dilakukan proses perancangan yang nantinya menghasilkan sebuah gambar skets atau gambar sederhana dari produk yang akan dibuat. Gambar skets yang telah dibuat kemudian digambar kembali dengan aturan gambar sehingga dapat dimengerti oleh semua orang yang ikut terlibat dalam proses pembuatan produk tersebut. Gambar hasil perancangan adalah hasil akhir dari proses perancangan dan sebuah produk dibuat setelah dibuat gambar-gambar rancangannya dalam hal ini gambar kerja.

Ada tiga macam perancangan yaitu : (1) asli yaitu merupakan desain penemuan yang benar-benar didasarkan pada penemuan belum pernah ada sebelumnya, (2) pengembangan/ modifikasi yaitu merupakan pengembangan produk yang sudah ada dalam rangka peningkatan efisiensi, efektivitas, atau daya saing untuk memenuhi tuntutan pasar atau tuntutan zaman, (3) adopsi yaitu merupakan perancangan yang mengadopsi/ mengambil sebagian sistem atau seluruhnya dari produk yang sudah ada untuk penggunaan lain dengan kata lain untuk mewujudkan alat mesin yang memiliki fungsi lain (Epsito and Thrower.R.J., 1991: 6).

Perancangan dan pembuatan produk adalah dua kegiatan yang penting, artinya rancangan hasil kerja perancang tidak ada gunanya jika rancangan tersebut tidak dibuat. Sebaliknya pembuat tidak dapat merealisasikan benda teknik tanpa terlebih dahulu dibuat gambar rancangannya (Dharmawan, 2004:2). Mengenai gambar rancangan yang akan dikerjakan oleh pihak produksi berupa gambar dua dimensi yang dicetak pada kertas dengan aturan dan standar gambar kerja yang ada.

2.2.2 Kowi/ Crucible

Kowi/ crucible merupakan alat tungku peleburan yang sederhana, terbuat dari *grafit* dan tanah liat dimana sifatnya mudah pecah, sehingga kemungkinan besar hanya bisa digunakan dalam waktu jangka pendek. Oleh karena itu perlu dikembangkan agar *crucible* bisa digunakan untuk jangka panjang. Peningkatan kualitas *crucible* dapat dilakukan dengan penambahan material limbah *evaporation boats*, *grafit* dan *kaolin* (lempung) pada komposisi tertentu untuk menghasilkan *crucible* dengan sifat yang baik. Selain menggunakan semen tahan api dan batu bata, *crucible* sederhana dapat dibuat menggunakan *grafit*. Pembuatan *crucible* menggunakan *grafit*, dicampur dengan *kaolin* (lempung) sebagai perekatnya. Bahan *grafit* diketahui memiliki ketahanan temperatur yang tinggi serta tidak menimbulkan reaksi antara material yang dilebur dengan material *crucible*.

Rincian spesifikasi dan kegunaan:

- a. Telah lama digunakan oleh banyak pihak dalam dunia peleburan logam.
- b. Proses pemanasan menggunakan berbagai jenis bahan bakar.
- c. Tungku ini fleksibel, dapat dipakai dalam keadaan diam, dimiringkan atau juga dipindah-pindahkan.

d. Dapat diaplikasikan pada logam *ferro* dan *non-ferro*.



Gambar 2.1. Kowi /Crucible

2.2.3 Evaporation Boats

Evaporation boats merupakan suatu paduan material yang digunakan dalam proses *metalisisasi* pada ruangan *vakum*. *Evaporation boats* digunakan sebagai *crucible* untuk aluminium yang akan diuapkan dalam ruang *vakum*. *Metalisisasi* ini biasanya digunakan untuk membuat lembaran *film* dan kertas yang digunakan untuk kapasitor, dekorasi, kemasan makanan dan industri elektronik.

Evaporation boats terbuat dari dari *titanium diboride* (TiB_2), *boron nitride* (BN), atau *aluminium nitride* (AlN) yang mana cocok untuk kapasitas panas tinggi. *Evaporation boats* dirancang untuk efisiensi dan kinerja tinggi dalam aplikasi *metalisisasi*. *Evaporation boats* mudah dioperasikan dan cocok untuk hampir semua pelapis hampa udara. *Evaporation boats* yang dipanaskan atau cawan lebur yang digunakan di ruang vakum kira kira $1500\text{ }^{\circ}C$ hingga menguapkan aluminium, tembaga atau perak.

Proses *metalisisasi* yang berlangsung secara terus menerus namun *evaporation boats* sebagai *crucible* akan mengalami erosi timbul *crack* sehingga tidak dapat digunakan kembali. *Evaporation boats* sendiri memiliki kandungan utama yakni senyawa *boron nitrida*.

Boron nitrida adalah senyawa tahan api atau panas dan tahan kimia dengan kisi karbon yang memiliki struktur serupa. *Boron* memiliki sifat seperti *grafit* namun berwarna putih dengan bentuk struktur kristal yang bermacam-macam. Bentuk kristal yang paling stabil adalah bentuk *hexagonal* disebut juga *hBN/grafit boron nitrida*. Ada pula *cubic boron nitrida* *c-BN* yang memiliki struktur analog dengan berlian. Disisi lain, modifikasi *BN* dalam bentuk *wurtzit* mirip dengan *lonsdaleit* dan lebih keras dari pada *c-BN*. Struktur *boron nitrida* yang dipakai yakni struktur *hexagonal* karena sifatnya paling stabil dan lembut. *Boron nitrida* memiliki ketahanan yang baik sehingga material *boron nitrida* digunakan sebagai bagian dari perlengkapan temperatur tinggi.



Gambar 2.2 *Evaporation Boats*

Evaporation boats bekas hanya mengalami kerusakan kondisi fisik, adapun kandungan senyawa didalamnya seperti *boron nitrida* masih ada. Oleh karena itu peneliti mencoba memanfaatkan limbah *evaporation boats* menjadi bahan utama pembuatan *crucible* yang nantinya akan dicampur dengan *grafit* dan *kaolin* sebagai perekat.

2.2.4 *Mesin Mixer*

Mesin *mixer* dapat membuat bahan adonan dan air dapat tercampur secara merata dengan cara memutar adonan yang dimasukkan ke dalam wadah atau drum dengan kemiringan antara 45° - 50° . Adonan yang terdapat di dalam drum dapat

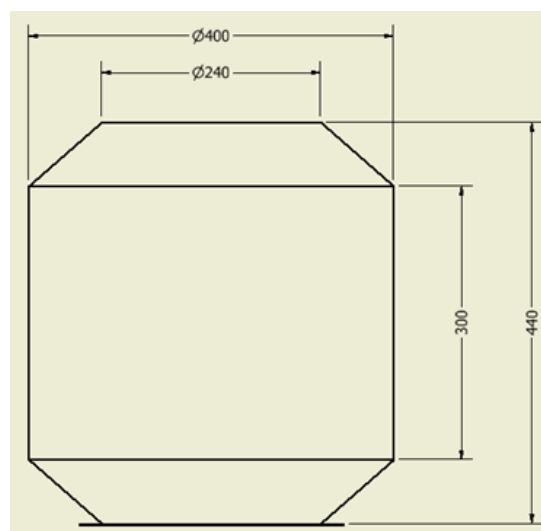
tercampur dikarenakan adonan terdorong oleh sirip-sirip yang terdapat pada drum molen kemudian jatuh dan terdorong kembali sehingga menjadikan hasil yang semakin *homogen* antara bahan adonan dan air.

2.2.5 Mesin *Mixer* Pengaduk Bahan *Crucible*

Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* dapat membuat adonan *crucible* antara *evaporation boats* semen tahan api, kaolin dan air dapat tercampur secara merata dengan cara memutar adonan yang dimasukkan ke dalam wadah atau drum dengan kemiringan antara 45° - 50° . Adonan yang terdapat di dalam drum dapat tercampur dikarenakan adonan terdorong oleh sirip-sirip yang terdapat pada drum *mixer* pengaduk bahan *crucible* kemudian jatuh dan terdorong kembali sehingga menjadikan hasil yang semakin homogen antara *evaporation boats*, semen tahan api, kaolin dan air.

2.2.5.1 Tabung *Mixer*

Tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible* terbuat dari plat besi hitam dengan tebal 2 mm.

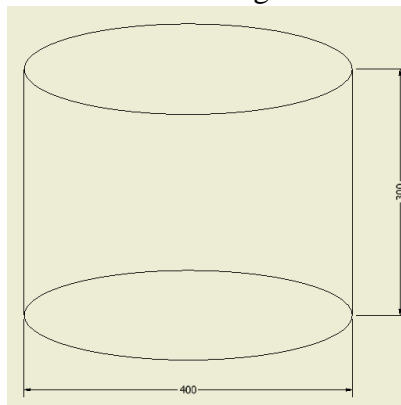


Gambar 2.3. Tabung *Mixer*

Menghitung volume tabung untuk menghitung volume maksimal bahan *crucible* yang bisa diaduk.

Menghitung luas permukaan tabung *mixer* untuk menentukan berat/ massa tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible*.

6. Menghitung volume dan luas selimut tabung



Gambar 2.4. Tabung

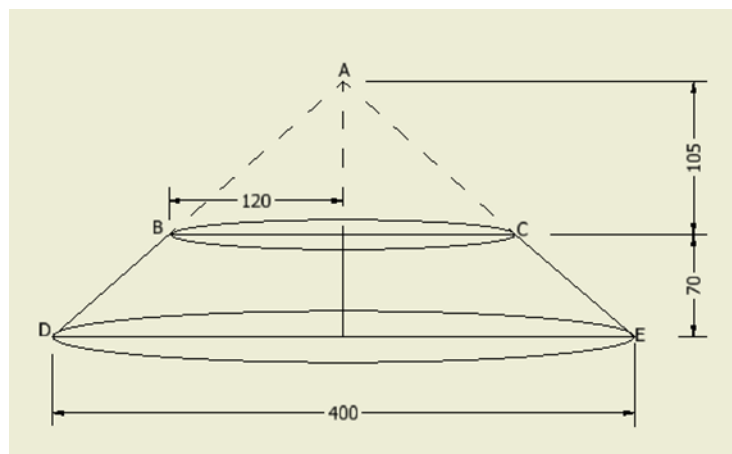
a. Hitunglah volume tabung dengan rumus :

$$\text{Volume tabung} : \pi \times r^2 \times t \quad (1)$$

b. Hitung luas selimut tabung dengan rumus:

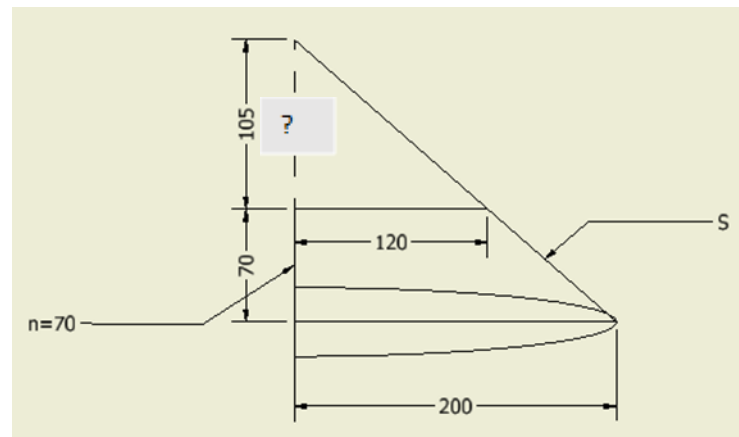
$$\text{Luas selimut tabung} : 2 \times \pi \times r \times t \quad (2)$$

2. Menghitung volume dan luas permukaan kerucut terpancung



Gambar 2.5. Kerucut Terpancung

- a. Mencari tinggi kerucut



Gambar 2.6. Tinggi Kerucut Terpancung

- Menghitung tinggi kerucut kecil

$$t = \frac{n \times r_1}{r_2 - r_1} \quad (3)$$

Keterangan : t = tinggi kerucut kecil

n = tinggi benda

r1 = jari-jari kerucut kecil

r2 = jari-jari kerucut besar

t =?

- Menghitung volume dan luas permukaan kerucut terpancung:

$$\text{Volume kerucut terpancung} = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times t \quad (4)$$

$$\text{Luas permukaan kerucut terpancung} : \pi \times S (R+r) \quad (5)$$

2.2.5.2 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik berfungsi sebagai penggerak utama untuk mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible*. Pertimbangan kinerja mesin *mixer* pengaduk *crucible* supaya berfungsi dengan maksimal berdasarkan motor listrik yang ada di pasaran, maka motor listrik yang dipilih adalah motor listrik 1 *phase*, dengan daya 370 watt/ 0,5 HP, tegangan 220 *volt*, dan putaran 1400 RPM.



Gambar 2.7. Motor Listrik

a. Daya Mesin dan Tenaga Penggerak

Tabel 2.1. Faktor-Faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan

Daya Yang Ditransmisikan	Faktor Koreksi (Efisiensi)
• Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
• Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
• Daya normal	1,0 - 1,5

Harga faktor koreksi yang diambil sebesar 1,0, maka daya rencana dapat ditentukan :

selanjutnya bisa dihitung daya mesin. Daya mesin (P) dihitung dengan:

$$T = \frac{Pd}{\omega} \quad (6)$$

(Achmad, 1999:21)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$P_d = P \times f_c$$

Keterangan: T = Torsi (N.m)

n = Putaran poros (rpm)

f_c = Faktor koreksi daya

P_d = Daya Rencana (Watt)

P = Daya nominal (Watt)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

2.2.5.3 Poros

Poros merupakan bagian dari elemen mesin yang berputar dimana fungsinya untuk mentransmisikan daya dari satu tempat ke tempat lain. Dalam penerapannya poros divariasikan dengan puli, *bearing*, roda gigi, dan elemen lainnya. Sedangkan untuk membantu kerja poros, poros bisa digabungkan dengan pasak.

Mengenai bahan poros yang digunakan pada pembuatan mesin *mixer* pengadukm bahan *crucible* adalah baja karbon ST 60. Baja ST 60 memiliki kekuatan tarik (706,47 MPa) dan komposisi materialnya C (0,473%), Mn (0,71%), Si (0,274%), P (0,0014%), S (0,0034%). Mengenai uji lentur putar diperoleh nilai batas maksimum aman untuk beban tekuk yaitu 283,95 MPa (Jatmiko et al., 2012).

Poros yang meneruskan beban menerima beban vertikal dan beban horisontal. Kedua beban tersebut akan menghasilkan momen torsi *ekuivalen* dan momen *ekuivalen*. Besarnya momen dan torsi ini dapat diperoleh melalui persamaan berikut. (Sularso dan Suga, K., 1997) , yaitu:

$$ds = \left[\frac{5.1}{\tau\alpha} \times K\tau \times C_h \times T \right]^{1/3} \quad (7)$$

(Sularso dan Suga, K., 1997)

Tabel 2.2. Penggolongan Bahan Poros

Golongan	Kadar C (%)
Baja lunak	-0,15
Baja liat	0,2-0,3
Baja agak keras	0,3-0,5
Baja keras	0,5-0,8
Baja sangat keras	0,8-1,2

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:4)

Keterangan :

d_s = diameter poros (mm)

τ_a = tegangan geser yang diijinkan pada poros (kg/mm²)

K_t = faktor koreksi adanya beban puntir

C_b = faktor koreksi adanya beban lentur

T = momen puntir yang direncanakan (kg mm)

Tabel 2.3. Faktor Koreksi Beban Puntir

Beban puntir	K_t
Beban dikenakan secara halus	1,0
Beban terjadi dengan sedikit kejutan / tumbukan	1,0 - 1,5
Beban terjadi dengan kejutan / tumbukan besar	1,5 - 3,0

Sumber: Sularso dan Suga, K., 1997

Tabel 2.4. Faktor Koreksi Beban Lentur

Beban lentur	C_b
Diperkirakan terjadi beban lentur	1,2 - 2,3
Diperkirakan tidak terjadi beban lentur	1,0

Sumber: Sularso dan Suga, K., 1997

Tabel 2.5. Diameter Poros (mm)

4	10	*22,4	40	100	*224	400		
		24		(105)	240			
4,5	11	25	42	110	250	420		
					260		440	
	*11,2	28		*112	280			
5	12	30	48	120	300	460		
		31,5			*315		480	
	*12,5	32		50	125			320
*5,6		35	55	130	340	530		
	14	*35,5		56	140		*355	560
	(15)				150		360	
6	16	38	60	160	380	600		
	(17)						170	
6,3	18		63	180		630		
	19			190				
	20			200				
	22			220				
7				65				
	*7,1			70				
				71				
				75				
8				80				
				85				
9				90				
				95				

Sumber: Sularso dan Suga, K., 1997

Keterangan :

* = menyatakan bahwa bilangan yang bersangkutan dipilih dari bilangan standar.

() = Menyatakan bahwa bilangan hanya dipakai untuk bagian dimana akan dipasang bantalan gelinding.

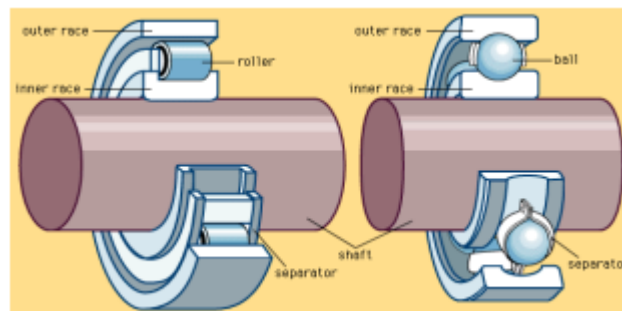
2.2.5.4 *Bearing*

Bearing/ Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk

memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung (Sularso dan Suga, 2008: 103).



Gambar 2.8. *Bearing*



Gambar2.9. Kontruksi Poros dengan *Bearing*

Klasifikasi Bantalan.

A. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros:

a. Bantalan luncur.

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

a. Bantalan gelinding.

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang

berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum, dan rol bulat

B. Berdasarkan arah beban terhadap poros :

a. Bantalan radial.

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

b. Bantalan aksial. Arah beban bantalan tersebut sejajar dengan sumbu poros.

c. Bantalan gelinding khusus.

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

C. Pada pemilihan bantalan gelinding, harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a. Jenis bantalan (tahan beban radial aksial atau hubungan keduanya).

b. Jenis beban (tumbukan, eksentrik, sentris).

c. Pemasangan, pelumasan, dan kemudahan servis.

d. Harus dapat terpasang dengan mudah dan kuat pada bloknya.

e. Daya tahan bantalan.

Tabel 2.6. Klasifikasi Bantalan Gelinding Serta Karakteristiknya

No	Klasifikasi		Karakteristik
1.	Beban	Radial	Beban Radial Ringan
2.	Elemen	Bola	Beban Aksial Ringan
3.	Gelinding	Baris Tunggal	Putaran Tinggi

4.	Baris Type	Mapan sendiri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketahanan terhadap 2. Gesekan sangat rendah 3. Tumbukan sangat rendah 4. Ketelitian tinggi
----	-------------------	---------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D. Menentukan Beban *Equivalen*

Suatu beban yang besarnya sedemikian rupa hingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran sebenarnya disebut beban *equivalen* dinamis. (Sularso, 1978) :

$$P = Fr \cdot X + Y \cdot Fa \quad (8)$$

Sularso dan Suga, K., 1997

Dimana : P = Beban *equivalen* dinamis (KN)

Y = Suatu faktor kondisi pada bantalan

Fr = Gaya radial pada bantalan (kg)

Fa = Gaya aksial pada bantalan (kg)

E. Menentukan Gaya Aksial (Fa)

$$Fa = Fr (Fa/Co) \quad (9)$$

Sularso dan Suga, K., 1997

Dimana : Fa = Beban atau gaya aksial (kg)

Fr = Gaya radial (kg)

Fa/Co = Konstanta

F. Umur Nominal Bantalan (L_{10}) Untuk Bantalan Bola adalah:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \frac{10^6}{60 n} \quad (10)$$

Sularso dan Suga, K., 1997

Dimana : $C = \text{basic load dynamic (KN)}$

$P = \text{beban (KN)}$

$n = \text{putaran bearing (RPM)}$

2.2.5.5 Transmisi

Transmisi daya berarti memindahkan daya dari mesin atau motor listrik sebagai sumber energi, lalu diteruskan menuju mesin output ada. Cara yang efisien untuk mentransmisikan daya adalah melalui gerakan putar poros yang didukung oleh bantalan. roda gigi, untuk menyediakan perubahan torsi dan kecepatan antara poros (Shigley, 2003).

2.2.5.5.1 Roda Gigi

Roda gigi adalah roda yang berguna untuk mentransmisikan daya besar atau putaran yang cepat. Rodanya dibuat bergerigi dan berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya agar jika salah satu diputar maka yang lain akan ikut berputar (Foley, Vernard et al,1982). Dalam suatu sistem yang terdiri dari hanya dua roda gigi, gigi pemutar biasa disebut dengan gigi input (*driver gear*), sedangkan gigi yang diputar sering disebut gigi output (*driven gear*).

Pada penelitian ini penulis menggunakan roda gigi jenis *spur gear* dan *fly wheel gear*. *Spur gear* digunakan untuk meneruskan daya dari poros menuju *fly wheel*. *Fly wheel* dikaitkan dengan tabung *mixer* dan digerakkan oleh spur gear untuk memutar tabung *mixer*. *Fly wheel* terbuat dapat dibuat dengan bahan yang tidak berbahaya. Bahan khasnya adalah baja (termasuk *elektro steel*), aluminium dan / atau titanium. Roda gaya telah terbukti memiliki karakteristik penuaan yang

sangat baik, dengan siklus hidup lebih 1.000.000 siklus, terlepas dari tingkat pengisian dan kedalaman pembuangan (Hedlund et al., 2015).



Gambar 2.10. Roda Gigi *Fly wheel/ Fly Wheel Gear*



Gambar 2.11. Roda Gigi Lurus / *Spur Gear*

Berdasarkan jenisnya roda gigi terbagi menjadi tiga jenis yaitu:

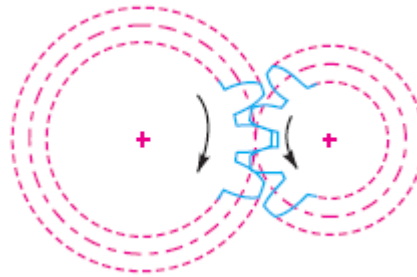
- (a) Roda gigi eksternal
- (b) Roda gigi internal
- (c) Rak dan pinion

Dalam penelitian ini penulis menggunakan roda gigi eksternal. Pada roda gigi eksternal, roda gigi dari dua poros saling bertautan secara eksternal (Khurmi, R.S., 2005).

Secara umum fungsi dari roda gigi adalah untuk :

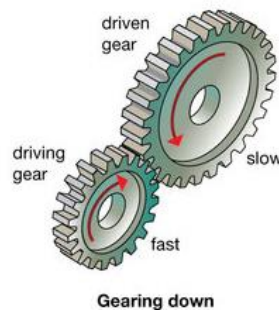
- a. Meneruskan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.
- b. Mengubah putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan, yaitu dari putaran tinggi ke putaran rendah atau dari putaran rendah ke putaran tinggi. Bisa juga mengubah putaran di sini berarti membuat arah putaran poros yang digerakkan berlawanan dengan arah putaran poros penggerak.

- c. Memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain, misalnya oli, minyak tanah, dan sebagainya. Jadi, fungsi roda gigi di sini adalah sebagai pompa zat cair. Dalam otomotif dikenal adanya sistem pelumas dengan roda gigi.



Gambar 2.12. Roda Gigi Eksternal

Dalam penelitian ini penulis menggunakan roda gigi jenis *gearing down* artinya gigi output akan berputar lebih lambat dari gigi input.



Gambar 2.13. Roda Gigi Tipe *Gearing Down*

Dalam penelitian ini roda gigi *driver* dengan $Z = 20$ akan menurunkan kecepatan pada roda gigi *driven* dengan $Z = 109$.

Perhitungan roda gigi yang digunakan dalam perancangan mesin *mixer* pengaduk *crucible* adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan modul roda gigi

$$m = \frac{D_a}{N + 2} = \frac{1}{P} \quad (11)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: m = *module* roda gigi
 N/Z = jumlah Gigi (buah)
 D_a = diameter luar roda gigi (mm)

2. Perhitungan diameter *pitch*

$$D_p = N \times m \quad (12)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: D_p = diameter *Pitch* (m)
 N/Z = jumlah Gigi (buah)
 D = diameter lingkaran *pitch* (mm)

3. Perhitungan tebal gigi

$$b = 3,75 \times m \quad (13)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan : b = tebal gigi (mm)
 m = modul

4. Perhitungan rasio roda gigi

$$Gr = \frac{Driven}{Driver} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (14)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan : Gr = *gear ratio*
 $Driven$ = roda gigi yang digerakkan
 $Driver$ = roda gigi penggerak

5. Perhitungan *Pitch line velocity* dalam satuan meter/sekon

$$v = \frac{\pi D_p N_p}{60} \quad (15)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan : v = *pitch line velocity* (m/s)
 D_p = diameter *pitch* (mm)
 N_p = putaran kecepatan gigi (RPM)

6. Perhitungan faktor *velocity* untuk *velocity* < 12m/s adalah:

$$C_v = \frac{3}{3 + v} \quad (16)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

7. Perhitungan *tooth form factor* roda gigi 1/ *pinion/ driver*

Untuk *full depth involute system* adalah :

$$Y_p = 0,154 - \frac{0,912}{Z_p} \quad (17)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: Y_p = *tooth form factor*
 Z_p = jumlah gigi (buah)

8. Perhitungan *tangensial loads*

Dengan asumsi pada pemakaian kondisi beban stabil 3 jam/hari

$$W_T = \frac{P}{v} \times C_s \quad (18)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: W_T = *tangensial loads* (N)
 p = daya motor (HP)
 C_s = faktor *velocity*
 v = *Pitch line velocity* (m/s)

9. Perhitungan *dynamic load*

$$W_D = W_T + \frac{21 v (b x b x W_T)}{21v + \sqrt{b x b + W_T}} \quad (19)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: W_D = *Dynamic load* (N)
 W_T = *tangensial loads* (N)
 v = *Pitch line velocity* (m/s)
 b = *tebal gigi* (mm)

10. Perhitungan *static loads / endurance* roda gigi

$$W_S = \sigma_e \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot Y_p \quad (20)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: W_S = *static loads* (N)
 σ_e = *allowable static stress*
 b = *tebal gigi* (mm)
 π = *nilai phi*
 m = *modul*
 Y_p = *tooth form factor*

11. Perhitungan *ratio factor*

$$Q = \frac{2 \cdot VR}{VR + 1} \quad (21)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan: Q = *ratio factor*
 VR = *gear ratio*

12. Perhitungan *maximum loads*

$$W_w = D_p \times b \times Q \times K \quad (22)$$

(Khurmi, R.S., 2005)

Keterangan:	W_w	= <i>maximum loads</i> (N)
	D_p	= diameter <i>pitch</i> (mm)
	B	= tebal gigi (mm)
	Q	= <i>ratio factor</i>
	K	= <i>Load-stress factor</i>

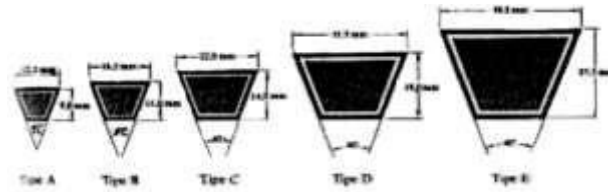
Apabila W_s dan W_w lebih besar dari W_D maka desain roda gigi tersebut aman digunakan. (Khurmi, R.S., 2005).

2.2.5.5.2 V-belt dan Pulley

Sabuk berfungsi sebagai alat yang meneruskan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui dua *pulley* dengan kecepatan rotasi sama maupun berbeda. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan sabuk jenis *v-belt*. *V-belt* merupakan sabuk yang tidak berujung dan diperkuat dengan penguat tenunan dan tali. *V-belt* terbuat dari karet dan bentuk penampangnya berupa trapesium.

Pulley yang digunakan berpasangan dengan sabuk harus berpenampang sama dengan penampang sabuk tersebut. *Pulley* merupakan elemen penerus putaran yang diputar oleh sabuk penggerak.

Adapun bentuk konstruksi macam-macam penampang *v-belt* yang umum dipakai terlihat pada Gambar 2.14. (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:164).

Gambar 2.14. Penampang *V-belt*

Perhitungan yang digunakan dalam perencanaan *v-belt* antara lain:

a. Diameter *pulley*

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p} \quad (23)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

Keterangan: i = Angka perbandingan

n_1 = Putaran poros motor (RPM)

n_2 = Putaran poros (RPM)

D_p = Diameter puli poros (mm)

d_p = Diameter puli poros motor (mm)

b. Kecepatan *v-belt* (v)

$$v = \frac{\pi D_p n}{60 \times 1000} \quad (24)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

Keterangan: v = Kecepatan sabuk (m/s)

d_p = Diameter puli motor (mm)

n = Putaran motor (rpm)

c. Gaya tangensial (F_e)

$$P = \frac{F_e \times v}{102} \quad (25)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

Keterangan : P = Daya motor listrik (Watt)

Fe = Gaya tangensial (N)

V = Kecepatan putaran sabuk (m/s)

d. Panjang *v-belt* (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{1}{4C} (D_p + d_p)^2 \quad (26)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

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

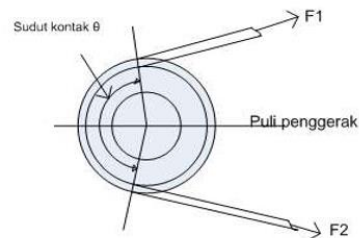
π = Phi, konstanta 3,14

D_p = Diameter *pulley* poros / besar (mm)

d_p = Diameter *pulley* kecil / motor (mm)

C = Jarak sumbu *pulley* (mm)

e. Sudut kontak



Gambar 2.15. Sudut Kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{57 (D_p - d_p)}{C} \quad (27)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

Keterangan : θ = Sudut kontak (0/derajat)

D_p = Diameter *pulley* besar (mm)

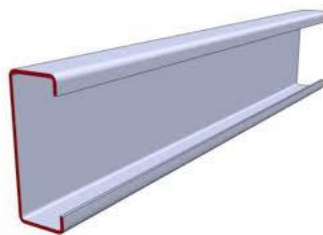
d_p = Diameter *pulley* kecil (mm)

C = Jarak sumbu *pulley* (mm)

2.2.5.6 Rangka

Rangka mesin *mixer* terbuat dari besi kanal *C Lips Channel*. Besi Kanal C yang populer dikalangan user dan pasar disebut besi CNP adalah material hasil pabrikan dari bahan plat koil yang dibentuk dengan metode cutting dan banding sehingga menjadi seperti huruf C yang tampak pada gambar. Ukuran panjang standart besi CNP yaitu 6 Meter dengan dimensi ukuran dan ketebalan yang berbeda. Akan tetapi ketebalan material CNP terbatas sampai 3,2mm saja yang tersedia dipasaran . Kegunaan material CNP digunakan untuk bahan konstruksi bangunan sebagai tahanan atau rangka. <https://www.indotrading.com/product/besi-kanal-c-p123956.aspx>. diakses 29 agustus 2020.

Dalam perencanaan konstruksi rangka mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* penulis menggunakan besi kanal *C Lips Channel* dengan spesifikasi C 100 x 50 x 20 x 3.2 mm. Dalam penyambungan rangka *mixer* pengaduk bahan *crucible* penulis menggunakan teknik pengelasan dikarenakan hasil sambungannya kokoh dan kuat.



Gambar 2.16. Besi Kanal *C Lips Channel*

Dalam perancangannya, rangka mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* dilakukan pengujian struktur rangka. Pengujian rangka mesin *mixer* menggunakan perangkat lunak ANSYS yang mampu menganalisa struktur dari rangka dari alat pengering bawang (Zulfikar, 2018). Dalam merancang suatu struktur perlu ditetapkan prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya.

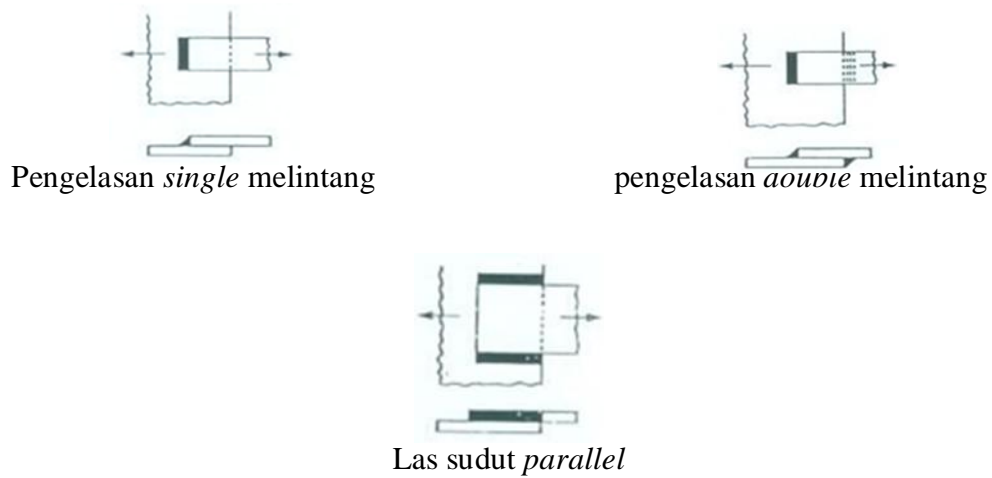
Kekuatan atau kekakuan material bukan kriteria satu–satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur, namun kekuatan material sama pentingnya dengan sifat material lainnya seperti kekerasan, ketangguhan, yang merupakan kriteria penetapan pemilihan bahan (Chen, Chen, & Lin, 2018). Kekuatan material struktur dapat dihitung dan disimulasikan melalui percobaan uji tarik dengan menggunakan pendekatan numerik (Hidajat & Lulus, 2005). Hasilnya kemudian dibandingkan dengan kekuatan luluh bahan sehingga diperoleh faktor keamanan bahan.

2.2.5.6.1 Pengelasan

Pengelasan adalah suatu sambungan yang permanen yang mana berasal dari peleburan dari dua bagian yang digabungkan bersama, dengan atau tanpa penggunaan penekanan dan pengisian material. Panas yang dibutuhkan untuk meleburkan material berasal dari nyala api pada las karbit dan busur listrik pada las listrik (Harsono, W. dan Okumura, T., 1991). Proses pengelasan ada tiga macam antara lain :

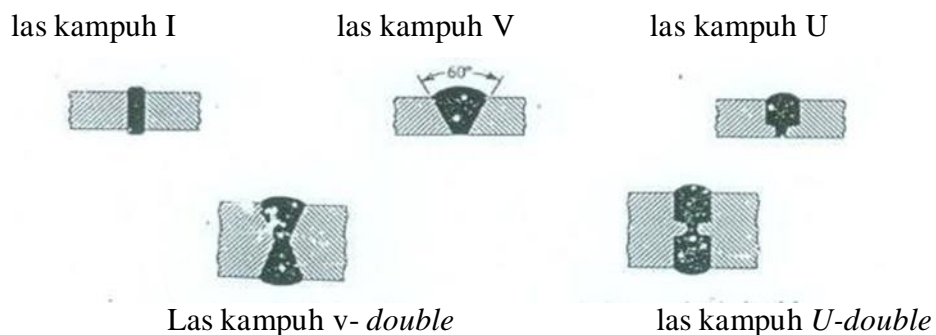
- ✓ Pengelasan termit
- ✓ Pengelasan gas
- ✓ Pengelasan listrik.

Tipe-tipe sambungan pada las, antara lain : sambungan/las sudut (*fillet joint*) dan las temu (*butt joint*). Las sudut ada tiga macam, antara lain : pengelasan single melintang, pengelasan *double* melintang dan las sudut paralel. Berikut tipe dari pengelasan sudut :



Gambar 2.17. Tipe-tipe Pengelasan Sudut
Sumber : Harsono, W. 1991

Las temu mempunyai beberapa tipe pengelasan antara lain : las dengan kampuh I, las kampuh *V-single*, las kampuh *U-single*, las kampuh *V-double*, las kampuh *U-double*. Berikut ini tipe-tipe dari pengelasan temu :



Gambar 2.18. Tipe-tipe Pengelasan Temu
Sumber : Harsono, W. 1991

Pengelasan yang baik terlihat dari kualitas dan kemudahan serta kecepatan pengelasan. Untuk memperoleh lebar kampuh yang ideal pada kekuatan sambungan maka ayunan tidak lebih dari tiga kali diameter elektroda (Suharto, 1991).

- Pengaruh besar kecilnya arus pada las listrik.

1. Apabila arus terlalu kecil

- Penyalaan busur listrik sukar.
- Busur listrik yang terjadi tidak stabil.
- Panas yang tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan benda kerja.
- Rigi-rigi las kecil dan tidak rata serta penembusannya dangkal.

2. Apabila arus terlalu besar

- Elektroda mencair terlalu cepat.
- Hasil permukaan las lebih besar.
- Penembusan terlalu dalam.

- Ukuran elektroda.

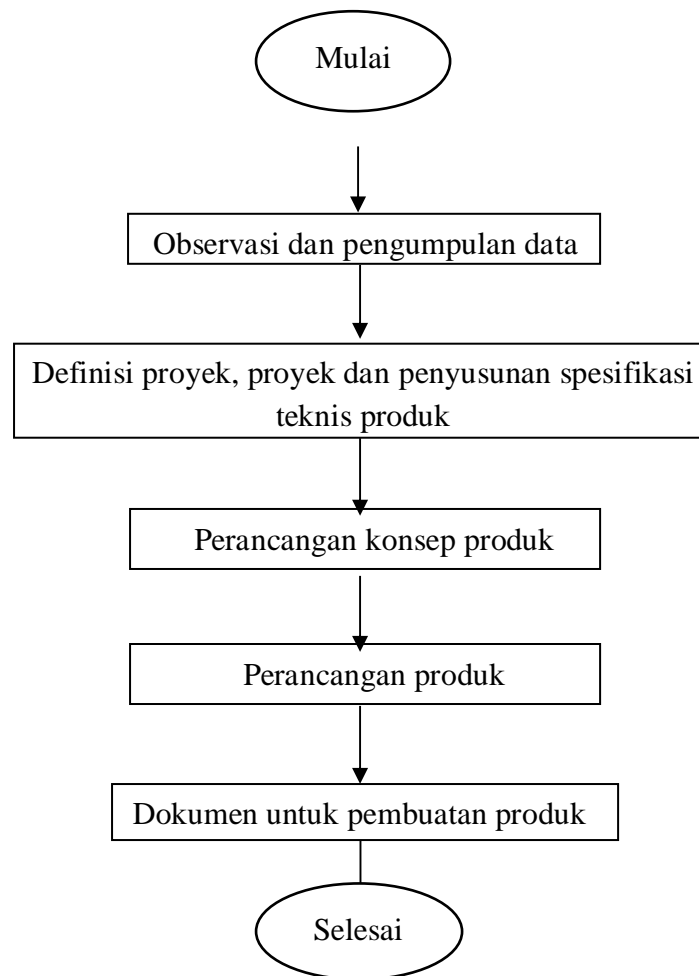
Ukuran standar diameter kawat inti adalah 1,5 sampai 7 mm dengan panjang 350 sampai 450 mm. Jenis selaput terbuat *selulosa*, kaolin, kalium, *titanium*, oksida, kalium oksida mangan, oksida besi, tebal selaput berkisar antara 10% sampai 50% diameter elektroda. Pada waktu pengelasan selaput *elektroda* akan ikut mencair menghasilkan gas CO₂ yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Cairan selaput yang disebut terak akan mengapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas (kampuh).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Proses Perancangan

Diagram alir adalah suatu gambaran utama yang dipergunakan untuk dasar dalam bertindak. Seperti halnya pada perancangan diperlukan suatu diagram alir yang bertujuan untuk mempermudah dalam pelaksanaan proses perancangan.

Diagram alir proses perancangan mesin *mixer* pengaduk *crucible* secara umum dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Perancangan Menurut Darmawan, 2004.

1. Penetapan kebutuhan bertujuan untuk membuat spesifikasi yang akurat yang perlu bagi desain/rancangan. Metode yang digunakan pada langkah ini adalah *performance specification model*, yang prosedur pelaksanaannya adalah :
 - a. Mempertimbangkan tingkatan-tingkatan solusi yang berbeda yang dapat diaplikasikan,
 - b. Menentukan tingkatan untuk beroperasi,
 - c. Identifikasi atribut-atribut performansi yang diinginkan,
 - d. Menentukan kebutuhan performansi untuk setiap atribut (Rosnani Ginting, 2010: 125).
2. Definisi proyek, perencanaan proyek, dan penyusunan spesifikasi teknis proyek. Definisi proyek dan kegiatan-kegiatan lain dalam fase ini menghasilkan antara lain :
 - a. Pernyataan tentang masalah atau produk yang akan dirancang.
 - b. Beberapa kendala yang membatasi solusi masalah tersebut.
 - c. Spesifikasi teknis produk.
 - d. Kriteria penerimaan dan kriteria lain yang harus dipenuhi oleh produk.
 - e. Rencana produk.
3. Perancangan Konsep Produk

Spesifikasi teknis produk hasil fase pertama proses perancangan menjadi dasar fase berikutnya, yaitu fase perancangan konsep produk. Tujuan fase ini adalah menghasilkan alternatif konsep produk sebanyak mungkin. Konsep produk yang dihasilkan fase ini masih berupa skema atau dalam bentuk skets. Pada prinsipnya, semua alternatif semua konsep produk tersebut

memenuhi spesifikasi teknik produk. Pada akhirnya fase perancangan konsep produk, dilakukan evaluasi pada hasil rancangan konsep produk untuk memilih satu atau beberapa konsep produk terbaik untuk dikembangkan pada fase ketiga fase perancangan produk.

4. Perancangan Produk Fase

Perancangan produk merupakan pengembangan alternatif dalam bentuk skema atau skets menjadi produk atau benda teknik yang bentuk, material dan dimensi elemen-elemennya ditentukan. Fase perancangan mesin *mixer* diawali dengan penyesuaian kebutuhan, selanjutnya dilakukan skets/ gambar awal, diakhiri dengan perancangan detail elemen-elemen produk, yang kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan. Untuk gambar detail dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor Profesional 2015*. Sedangkan analisi rangka mesin *mixer* dilakukan menggunakan *software Ansys R 15.0*.

5. Dokumen untuk Pembuatan Produk

Dokumen atau gambar hasil perancangan produk tersebut dapat dituangkan dalam bentuk gambar tradisional diatas kertas (2 dimensi) atau gambar dalam bentuk modern yaitu informasi digital yang disimpan dalam bentuk memori komputer. Informasi dalam digital tersebut dapat berupa *printout* untuk menghasilkan gambar tadisional atau dapat dibaca oleh sebuah *software* komputer.

Gambar hasil rancangan produk terdiri dari :

- a. Gambar semua elemen produk lengkap dengan geometrinya, dimensinya, kekasaran/kehalusan permukaan dan material.
- b. Gambar susunan komponen (*assembly*).
- c. Gambar susunan produk.
- d. Spesifikasi yang membuat keterangan-keterangan yang tidak dapat dimuat dalam gambar.

3.2 Pernyataan Kebutuhan

Dalam proses pengadukan bahan *crucible* di Jurusan Teknik Mesin UNNES masih dilakukan dengan tenaga manusia, sehingga terdapat beberapa kekurangan. Proses pengadukan dengan cara manual mempunyai banyak kelemahan, yaitu memerlukan waktu proses lama dan hasil adukan tidak homogen dan menyebabkan *crucible* yang dicetak mudah pecah. Dalam perancangan mesin penyuir daging ini, didasarkan pada kebutuhan untuk lebih meningkatkan produktivitas pembuatan *crucible* . Mesin ini merupakan hasil inovasi dari mesin *mixer* yang sudah ada. Mesin *mixer* pengaduk *crucible* ini dibuat sebagai alat bantu produksi yang membantu pembuatan *crucible* berbahan *evaporation boats*. Sistem kerja yang sederhana, memungkinkan setiap orang dapat mengoperasikannya tanpa merasa kesulitan.

3.3 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan pernyataan kebutuhan di atas, maka diperlukan beberapa langkah analisa kebutuhan untuk memperjelas tugas perencanaan mesin penyuir daging. Adapun langkah-langkah analisis kebutuhan antara lain terdiri dari:

1. Pernyataan

Dibutuhkan mesin *mixer* bahan *crucible* untuk skala kecil.

2. Spesifikasi Mesin

Tenaga penggerak tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai sumber tenaga penggerak utamanya, melainkan dengan menggunakan tenaga penggerak motor listrik. Dibutuhkan tenaga penggerak untuk mengaduk bahan *crucible* sesuai variasi waktu yang diinginkan.

3. Standar Penampilan

Konstruksi mesin pengaduk bahan *crucible* limbah ini telah disesuaikan dengan kenyamanan dan keamanan dalam pengoperasian alat. Ukuran mesin yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu berat, menjadikan mesin ini mudah untuk dioperasikan oleh 1 orang dan dipindahkan oleh 2 (dua) orang tenaga manusia saja.

3.4 Pertimbangan dari Sisi Pembuat

Berdasarkan uraian analisis kebutuhan di atas maka pertimbangan perancangan yang dilakukan pada mesin penyuir daging antara lain :

1. Pertimbangan Geometri

Pertimbangan geometri meliputi mesin memiliki panjang berkisar 850 mm x lebar 725 mm x tinggi 750 mm.

2. Pertimbangan Energi

Pertimbangan energi lebih pada menggunakan tenaga motor listrik sebagai penggerak utama dari mesin ini.

3. Pertimbangan Teknis

Pertimbangan teknis dalam hal ini lebih dititik beratkan pada:

- a. Tabung *mixer* menggunakan bahan plat besi agar tahan terhadap benturan. Pembuatan tabung *mixer* disesuaikan dengan masa jenis dari bahan *crucible*. Tabung *mixer* dapat dibongkar pasang untuk mempermudah perbaikan apabila poros utama mesin *mixer* mengalami kerusakan.
 - b. Penggerak yang digunakan yaitu motor listrik dengan daya disesuaikan dengan beban yang diperlukan untuk memutar tabung *mixer*.
 - c. Poros transmisi menggunakan baja karbon S50C dengan kekuatan tarik 62 kg/mm² yang kuat untuk dijadikan poros transmisi, selain itu baja karbon S50C harganya relatif murah.
 - d. *Bearing*/ bantalan yang digunakan yaitu bearing tipe SKF 6004 dan *bearing* SKF 6006.
 - e. Transmisi terdiri dari roda gigi dan puli serta sabuk.
 - f. *Pulley* menggunakan bahan besi cor karena memiliki kekuatan yang baik dan selain itu harganya relatif murah.
 - g. Roda gigi yang digunakan adalah roda gigi *fly wheel* dengan $Z1 = 109$ dan roda kecil dengan $Z2 = 55$.
 - h. Konstruksi rangka menggunakan profil C untuk memudahkan perangkaian dan harganya yang relatif murah.
4. Pertimbangan Ergonomis
- a. Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* ini dibuat dengan bentuk dan ukuran menyesuaikan keadaan fisik masyarakat Indonesia pada

umumnya, sehingga dalam pengoperasiannya dapat dilakukan dengan mudah tanpa adanya gangguan yang berarti.

- b. Tenaga yang diperlukan untuk menjalankan mesin *mixer evaporation boats* ini tidaklah banyak, operator hanya perlu memasukkan bahan *crucible* kedalam tabung *mixer* pengaduk limbah menghidupkan mesin dan ditunggu beberapa saat sampai bahan *crucible* tercampur.

5. Pertimbangan Produksi

- a. Pertimbangan produksi dapat meliputi, mesin dapat diproduksi oleh bengkel kecil, suku cadang mudah didapat dan murah.
- b. Pemakai tidak memerlukan perawatan yang sulit untuk merawat mesin ini.

6. Pertimbangan Keselamatan Kerja

- a. Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* tidak menggunakan bahan yang berbahaya sehingga tidak berbahaya bagi keselamatan penggunanya.
- b. Konstruksi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* ini didesain sesuai dengan posisi kerja yang aman dan nyaman, sehingga keselamatannya bisa terjamin.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

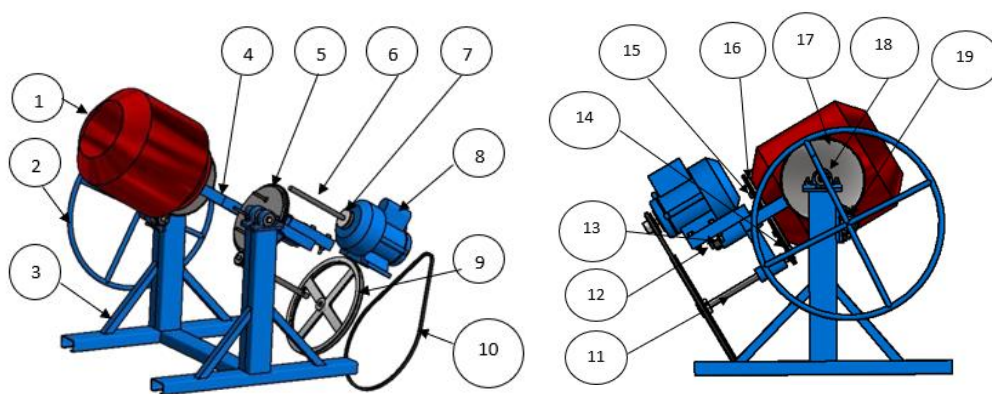
4.1 Spesifikasi dan Gambar Desain Mesin *Mixer* Pengaduk Bahan *Crucible*

4.1.1 Spesifikasi Mesin *Mixer* Pengaduk Bahan *Crucible*

Spesifikasi konstruksi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* ditentukan berdasarkan pertimbangan berikut:

1. Kapasitas tabung *mixer* adalah 40 kg setiap pengadukan.
2. Menggunakan motor listrik 0,5 HP sebagai penggerak utamanya.
3. Putaran poros utama adalah 48 RPM.
4. Spesifikasi mesin yang ergonomis dengan dimensi yang nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja mesin berdimensi panjang 850 mm x lebar 725 mm x tinggi 750 mm.

4.1.2 Gambar Desain Mesin *Mixer* Pengaduk Bahan *Crucible*



Gambar 4.1. Desain Mesin *Mixer*

Keterangan Gambar :

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Tabung <i>mixer</i> | 11. Poros dia 20 mm |
| 2. <i>Handle</i> mesin | 12. Poros Utama dia 30 mm |
| 3. Rangka mesin | 13. Mur M 25 x 1.50 |
| 4. Pengikat tabung <i>mixer</i> | 14. Roda Gigi Z = 20 |
| 5. Baut M 10 mm | 15. Mur M 10 x 1.50 |
| 6. Poros Motor Listrik | 16. Roda Gigi Z = 109 |
| 7. <i>Pulley</i> dia 75 mm | 17. Roda Gigi Z = 107 |
| 8. Motor Listrik | 18. <i>Bearing</i> UCP 204 atas |
| 9. <i>Pulley</i> dia 400 mm | 19. <i>Bearing</i> UCP 204 |
| 10. <i>V- belt</i> | 20. <i>Handle</i> |

4.2 Pemilihan Bahan

Bahan yang digunakan dalam perancangan mesin disesuaikan dengan kegunaan yang didasarkan pada sifat, lingkungan, dan cara penggunaan sampai dimana sifat dari bahan tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan. Sifat-sifat teknik harus diperhatikan pada waktu memilih bahan.

Pembahasan dalam pemilihan bahan difokuskan pada elemen yang dikerjakan pada proses perancangan yang dapat berpengaruh terhadap tingkat keamanan mesin dan deformasi bahan yang terjadi.

4.2.1 Pemilihan Bahan Poros

Poros merupakan bagian dari sistem transmisi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*. Putaran diteruskan dari motor listrik menuju *pulley* dan *v-belt* kemudian ke poros diameter 20 mm. Putaran poros diameter 20 mm diteruskan menuju roda gigi Z 20 diteruskan menuju roda gigi Z

109 sebagai poros utama (diameter 30 mm) penggerak tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*.

Pemilihan dari bahan poros didasarkan pada kemampuan untuk menahan beban (kuat), tidak mudah patah (liat), tidak mudah berubah bentuk (kaku), serta dapat dikerjakan dengan mesin. Untuk itu dipilihlah bahan dasar poros baja karbon dengan kekuatan Tarik 62 kg/mm². Dalam standar Jerman disebut baja ST 60 sedangkan dalam standar Jepang disebut S50C.

4.2.2 Pemilihan Bahan Tabung *Mixer*

Tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* merupakan komponen yang berfungsi untuk tempat bahan *crucible* diaduk. Bahan yang digunakan untuk pembuatan tabung *mixer* adalah plat besi hitam dengan tebal 2 mm.

Pemilihan bahan plat besi sebagai bahan pembuat tabung *mixer* dikarenakan bahan ini memiliki daya tahan yang cukup kuat sebagai tempat mengaduk bahan *crucible*.

4.2.3 Pemilihan Bahan Roda Gigi

Pemilihan bahan pasangan roda gigi *fly wheel* didasarkan pada kemampuan dari bahan baja (termasuk *elektro steel*), aluminium dan / atau titanium yang dapat digunakan pada lebih dari 1.000.000 siklus. Pertimbangan seperti itu membuat pasangan roda gigi tersebut aman digunakan sebagai transmisi untuk menggerakkan tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible*.

Selain itu jumlah roda gigi (Z) pada masing-masing roda gigi sudah sesuai perhitungan untuk mereduksi putaran tabung *mixer* dan kecepatannya sesuai dengan yang diharapkan.

4.2.4 Pemilihan Pulley

Pemilihan bahan *pulley* didasarkan pada kegunaannya untuk mentransmisikan putaran dari motor listrik menuju poros mesin *mixer*. Dengan menggunakan bahan aluminium *casting* sudah cukup digunakan sebagai transmisi pada mesin *mixer* dengan pertimbangan beban yang ditransmisikan tidak terlalu besar dan harganya relatif murah.

Pertimbangan penggunaan pasangan *pulley* berdiameter 75mm dan 400mm sudah sesuai dengan perhitungan untuk mereduksi kecepatan dari motor listrik menuju poros mesin *mixer*.

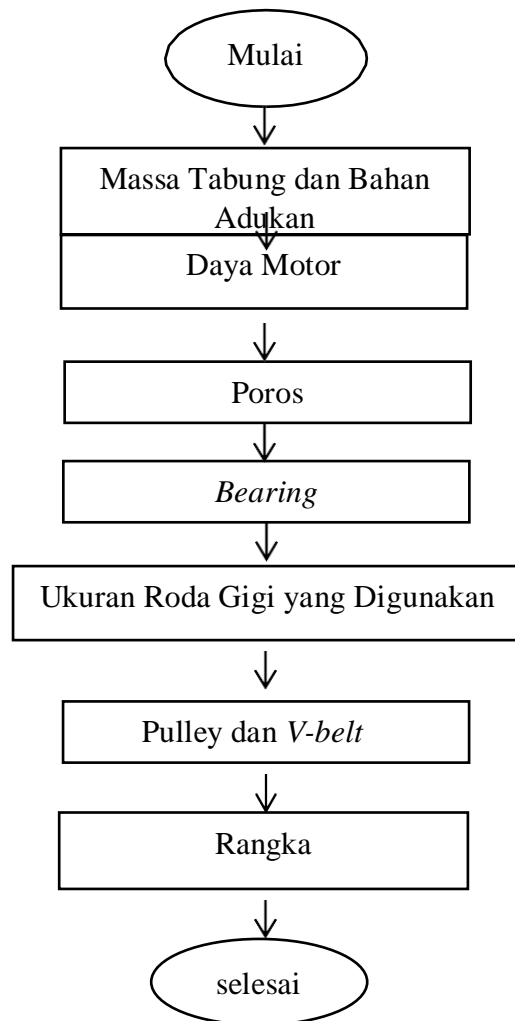
4.2.5 Pertimbangan Rangka Mesin

Pertimbangan penggunaan besi kanal C *Lips Channel* dengan spesifikasi C 100 x 50 x 20 x 3.2 mm dikarenakan jenis bahan tersebut mudah dilas. Penyambungan menggunakan teknik pengelasan menambah kekuatan dari rangka mesin *mixer*.

Rangka mesin *mixer* dari bahan besi kanal C sudah cukup untuk menopang komponen mesindan bahan yang diaduk dengan kapasitas 40 kg.

4.3 Analisis Teknik yang Digunakan dalam Perancangan

Analisis teknik merupakan sebuah cara untuk mengevaluasi tingkat keamanan alat atau produk pada proses perencanaan. Berdasarkan konsep perencanaan desain mesin penghancur limbah *evaporation boats* yaitu:

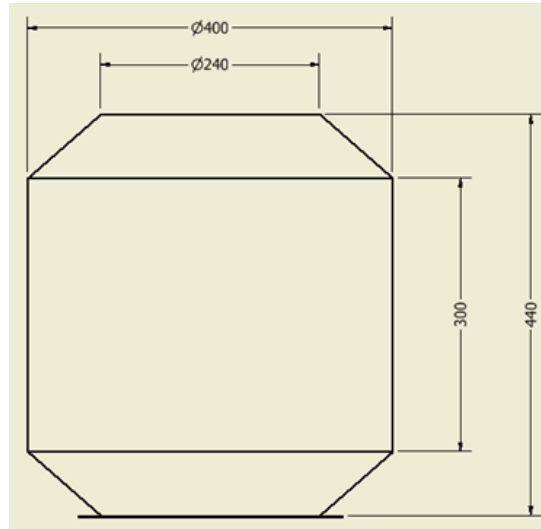


Gambar 4.2. Diagram Alir Analisis Teknik Mesin *Mixer*

4.3.1 Perancangan Tabung *Mixer*

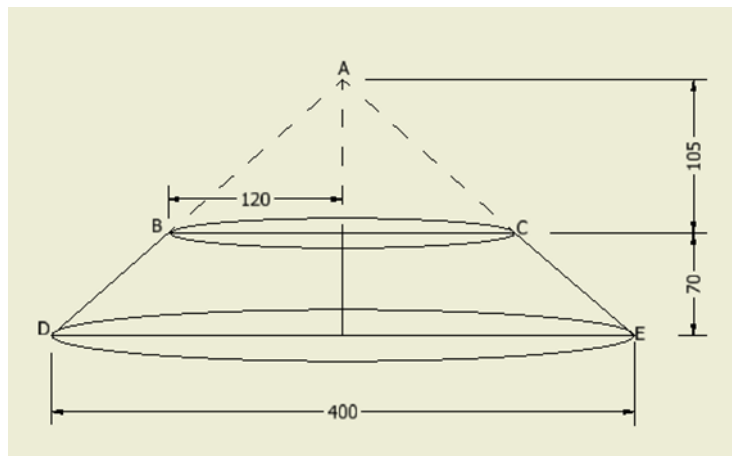
4.3.1.1 Perhitungan Volume Tabung *Mixer*

Daya tampung tabung *mixer* dapat dicari dengan menghitung *volume* tabung *mixer*. Desain tabung *mixer* adalah sebagai berikut:



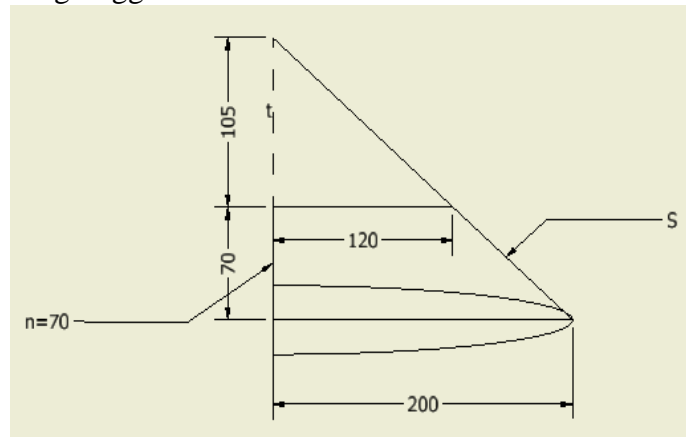
Gambar 4.3. Desain Tabung *Mixer*

A. Menghitung volume kerucut terpancung



Gambar 4.4. Ukuran Tabung Kerucut Terpancung

1. Menghitung tinggi kerucut



Gambar 4.5. Menghitung Tinggi Kerucut

$$t = \frac{n \times r_1}{r_2 - r_1}$$

Keterangan : t = tinggi kerucut kecil

n = tinggi benda

r1 = jari-jari kerucut kecil

r2 = jari-jari kerucut besar

t =?

n = 7 cm

r1 = 12 cm

r2 = 20 cm

$$t = \frac{n \times r_1}{r_2 - r_1}$$

$$t = \frac{7 \times 12}{20 - 12}$$

$$t = \frac{84}{28}$$

$$t = 3 \text{ cm}$$

2. Menghitung volume kerucut terpancung

Volume kerucut terpancung (VBCDE) dapat diketahui dengan cara mengurangi volume kerucut besar (V ADE) dengan volume kerucut kecil (V ABC).

- Volume kerucut besar = V ADE

$$V = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times t$$

$$V = \frac{1}{3} \pi \times 20^2 \times 10$$

$$V = 1333 \pi \text{ cm}^3$$

- Volume kerucut kecil = v ABC

$$r_1 = 12 \text{ cm}$$

$$t = 3 \text{ cm}$$

$$V = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times t$$

$$V = \frac{1}{3} \pi \times 12^2 \times 3$$

$$V = 144 \pi \text{ cm}^3$$

- Volume kerucut terpancung (VBCDE) = volume kerucut besar (V ADE) -
volume kerucut kecil (V ABC)

$$V \text{ BCDE} = V \text{ ADE} - V \text{ ABC}$$

$$V \text{ BCDE} = 1333 \pi \text{ cm}^3 - 144 \pi \text{ cm}^3$$

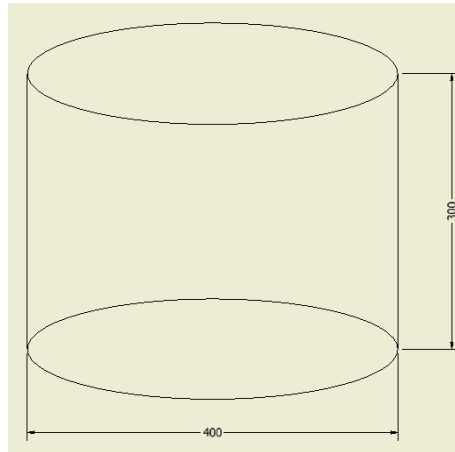
$$V \text{ BCDE} = 1189 \pi \text{ cm}^3$$

$$V_{BCDE} = 3733,46 \text{ cm}^3$$

$$V_{BCDE} = 3,733 \text{ dm}^3 / 3,7 \text{ liter}$$

$$2 \times V_{BCDE} = 3,7 \text{ liter} \times 2 = 7,4 \text{ liter.}$$

B. Menghitung volume tabung



Gambar 4.6. Ukuran Tabung *Mixer*

$$\text{Volume tabung} = \pi \times r^2 \times t.$$

$$\text{Volume tabung} = 3,14 \times 20^2 \times 30.$$

$$\text{Volume tabung} = 37.680 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Volume tabung} = 37,68 \text{ dm}^3 = 37,68 \text{ liter.}$$

$$\text{Volume total} = \text{Volume tabung} + 2 \times \text{volume kerucut terpancung.}$$

$$\text{Volume total} = 37,68 \text{ liter} + 7,4 \text{ liter} = 45,08 \text{ liter.}$$

4.3.1.2 Perhitungan Massa Jenis Tabung *Mixer*

A. Menghitung Luas Selimut *Mixer*

1. Menghitung luas selimut tabung *mixer*

Luas selimut tabung:

$$2 \times \pi \times r \times t = 2 \times \pi \times 20 \times 30$$

$$L = 1200 \pi \text{ cm}^2$$

$$L = 3768 \text{ cm}^2$$

2. 2x Luas selimut kerucut terpancung

2x Luas selimut kerucut terpancung:

$$\begin{aligned} \pi \times S (R+r) &= 3,14 \times 10,63 (20+12) \\ &= 3,14 \times 10,63 (32) \\ &= 1068,1024 \text{ cm}^2 \\ &= 1068 \text{ cm}^2 \times 2 = 2136 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- B. Menghitung Penutup *Mixer*

1. Luas penutup *mixer* bagian belakang:

$$\begin{aligned} \pi \times r^2 &= \pi \times 12^2 \\ &= 3,14 \times 144 \\ &= 452,16 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- C. Menghitung Luas Selimut Tabung *Mixer* Total

Luas total selimut *mixer* dapat diketahui dengan cara menjumlahkan luas selimut tabung, 2x luas selimut kerucut terpancung serta luas penutup *mixer* bagian belakang.

Luas selimut *mixer* total = Luas selimut tabung + 2 x Luas selimut kerucut terpancung + Luas penutup *mixer* bagian belakang.

$$\begin{aligned} \text{Luas selimut } \textit{mixer} \text{ total} &= 3768 \text{ cm}^2 + 2136 \text{ cm}^2 + 452,16 \text{ cm}^2 \\ &= 6356,16 \text{ cm}^2 = 0,635616 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

D. Menghitung Massa Jenis Tabung Mixer

Masa jenis *mixer* dapat diperoleh dengan cara mengalikan luas permukaan *mixer*, tebal plat besi yang digunakan dan masa jenis plat besi. Tebal plat besi yang digunakan adalah 2 mm serta masa jenis plat besi tersebut adalah 7850 kg/m^3 .

Masa jenis *mixer* = $0,635616 \text{ m}^2 \times 0,002 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 9,9791712$ dibulatkan menjadi 10 kg.

E .Menghitung Kapasitas Maksimal Tabung Mixer

Kapasitas maksimal beban tabung yang disesuaikan dengan kemudahan pengadukan bahan *crucible* adalah 40 kg bahan *crucible*. Berdasarkan penelitian sebelumnya nilai *densitas* tertinggi diperoleh pada komposisi 2 dengan perlakuan temperatur *sintering* $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ sebesar $2,120 \text{ gr/cm}^3$.

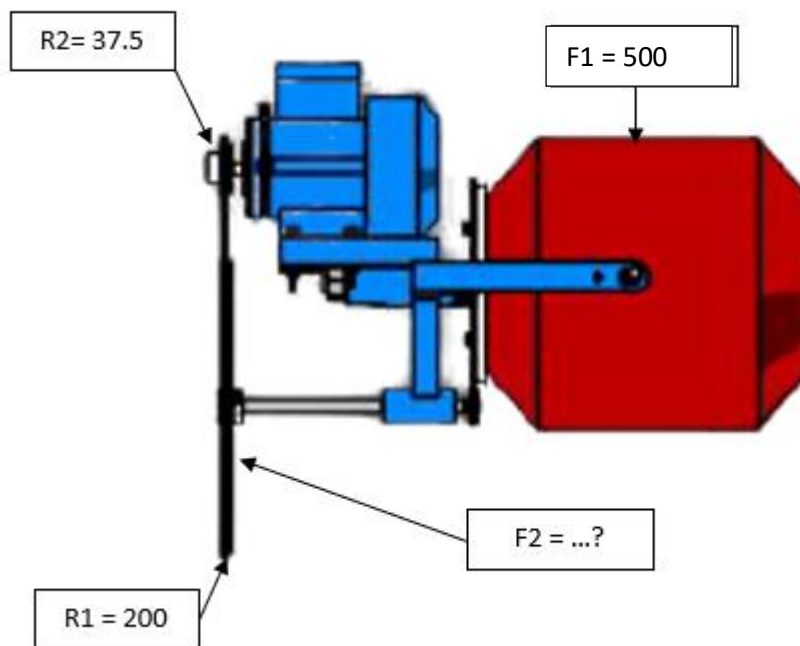
$$\begin{aligned} 2,120 \text{ gr/cm}^3 &= \frac{(2,120: 1000) \text{ kg}}{(1: 1000000) \text{ m}^3} \\ &= \frac{2,12}{1000} \times \frac{1000000}{2,12} \\ &= 2,12 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

Masa jenis *crucible* = $2,12 \text{ kg/l}$

$M = \rho \times v = 2,12 \text{ kg/liter} \times 45 \text{ liter} = 95,4 \text{ kg}$. Kapasitas maksimal beban tabung yang disesuaikan dengan kemudahan pengadukan bahan *crucible* adalah 40 kg bahan *crucible* yang berarti $1/2$ dari volume tabung.

4.3.2 Analisis Daya Motor

Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* ini dirancang dengan beban maksimum 40 kg bahan *crucible* dan 10 kg dari berat tabung *mixer*. limbah *evaporation boats*, kapasitas mesin ini disesuaikan dengan kebutuhan.



Gambar 4.7. Ilustrasi Gaya yang Dialami Motor

Jika, $T = \frac{P_d}{\omega}$; $P_d = P \times f_c$; dan $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

Maka, $P = T \left(\frac{2\pi n}{60 \times f_c} \right)$

$$F_2 = \frac{r_2}{r_1} \times f_1$$

$$F_2 = \frac{37,5}{197,5} \times 500 \text{ N} = 94,93 \text{ N}$$

$$T = f_2 \times r_2$$

$$= 94,93 \text{ N} \times 0,0375$$

$$= 2 \text{ 3,559 Nm}$$

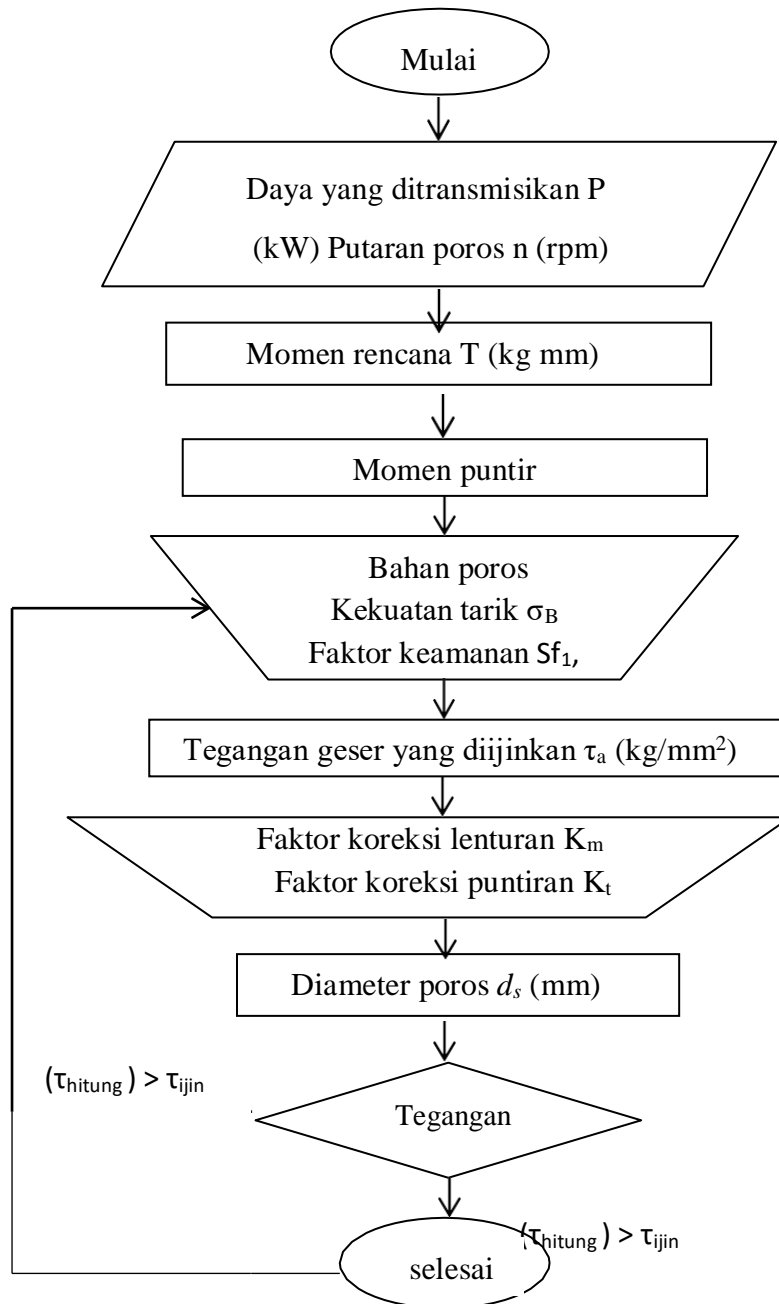
$$P = 3,559 \text{ Nm} \left(\frac{2\pi \text{ 1400 rad}}{60\text{s} \times 1,5} \right)$$

$$P = 347,67 \text{ Nm/s} = 347,67 \text{ watt}$$

$$P = 0,466 \text{ hp.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui daya yang dibutuhkan sebagai penggerak utama mesin *mixer* adalah motor listrik 0.466 HP. Melihat daya motor yang ada di pasaran maka, digunakan motor listrik dengan daya 0.5 HP.

4.3.3 Analisis Perancangan Poros



Gambar 4.8. Alur Perancangan Poros Mesin

Poros pada mesin *mixer* ada dua jenis, yaitu poros1 dan poros 2. Adapun data yang diperlukan untuk perancangan poros pada mesin *mixer* adalah sebagai berikut:

A. Perhitungan Diameter Poros 1

Daya yang ditransmisikan : 0.5 HP = 0.373 KW

Putaran poros 1 : 262.5 RPM

1. Momen puntir (T) : 262.5 RPM

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n_2} \\ &= 9,74 \times 10^5 \frac{0.373}{262.5 \text{ RPM}} \\ &= 1384 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

2. Bahan poros ST 60

Kekuatan tarik bahan poros (σ_b) = 60 kg/mm²

Faktor keamanan (Sf_1) untuk bahan S-C adalah 6,0

Faktor pengaruh (Sf_2) diambil 2,0

3. Tegangan geser yang diizinkan (τ_a)

Tegangan geser izin pada perancangan poros 1 mesin *mixer* dapat dihitung dengan cara membagi kekuatan tarik bahan poros (σ_b) dengan faktor koreksi sebagai berikut:

$$\tau_a = \frac{\alpha_B}{(sf_1 \times sf_2)} = \frac{60 \text{ kg/mm}^2}{6,0 \times 2,0} = 5 \text{ kg/mm}^2$$

4. Diameter poros 1

Berdasarkan data dari tabel faktor koreksi untuk momen puntir (k_t) dan faktor lenturan (C_b). Diameter poros pada perencanaan mesin *mixer* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$d_s = \left[\frac{5.1}{5} \times 2.0 \times 1.5 \times 1384 \right]^{1/3}$$

$$d_s = [4155.48]^{1/3}$$

$$d_s = 16.07 \text{ mm.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui diameter poros 1 yang digunakan sebagai penerus daya dari motor listrik adalah 20 mm.

Perhitungan Diameter Poros 2

Daya yang ditransmisikan : 0,5 HP = 0,373 KW

1. Putaran poros 2

Momen puntir (T) : 48,1 RPM

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n_2}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{0,373}{48,1 \text{ RPM}}$$

$$= 7553 \text{ kg. mm}$$

putaran poros 2 : 48,1 RPM

2. Bahan poros ST 60

Kekuatan tarik bahan poros (σ_b) = 60 kg/mm²

Faktor keamanan (Sf_1) untuk bahan S-C adalah 6,0

Faktor pengaruh (Sf_2) diambil 2,0

3. Tegangan geser yang diizinkan (τ_a)

Tegangan geser izin pada perancangan poros 1 mesin *mixer* dapat dihitung dengan cara membagi kekuatan tarik bahan poros (σ_b) dengan faktor koreksi sebagai berikut:

$$\tau_a = \frac{\alpha_B}{(sf_1 \times sf_2)} = \frac{60 \text{ kg/mm}^2}{6,0 \times 2,0} = 5 \text{ kg/mm}^2$$

4. Diameter poros 2

Berdasarkan data dari tabel faktor koreksi untuk momen puntir (kt) dan faktor lenturan (Cb). Diameter poros pada perencanaan mesin *mixer* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{5} \times 2,0 \times 1,5 \times 7553 \right]^{1/3}$$

$$d_s = [23.112,18]^{1/3}$$

$$d_s = 28,48 \text{ mm.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui diameter poros 2 yang digunakan sebagai penerus daya dari motor listrik adalah 30 mm.

4.3.4 Perhitungan Bantalan

Poros mesin diketahui mempunyai diameter 1 = 20 mm dan diameter 2 = 30 mm sehingga pemilihan *bearing* dipilih *bearing* jenis gelinding (*ball – single row – deep groove*) dengan *number* 6204 dan 6006.

1. Bantalan 1

- *Designation* : 6004 single deep groove ball bearings
- *Principal dimention* :

Diameter luar : 42 mm

Diameter dalam : 20 mm

Tebal : 12 mm

- *Basic dynamic rating*

Dynamic : 9,95 KN

Static : 5 KN

Fatigue load limit (P_u) : 0,212 KN

- *Mass* : 0,067 kg

Gaya bantalan : 250 kg = 2,5 KN

Besar beban *equivalen* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P = F_r \cdot X + Y \cdot F_a$$

Faktor beban radial dan faktor beban aksial didapat dengan cara menghitung perbandingan antara beban aksial dan *basic load static (C_o)* didapat:

$$\frac{F_a}{C_o} = \frac{0,347}{5} = 0,0694$$

Besar faktor pembanding *e* dengan $\frac{F_a}{C_o} = 0,0694$ tidak terdapat pada tabel sehingga untuk mendapatkan hasil dari beban radial (X) dan faktor beban aksial (Y) dilakukan interpolasi. Sehingga didapat :

$$\frac{0,28 - 0,0694}{0,28 - 0,14} = \frac{1,15 - Y}{1,15 - 1,04}$$

$$\frac{0,2106}{-0,14} = \frac{1,15 - Y}{0,11}$$

$$0,023166 + 0,161 = 0,14 Y$$

$$0,18707 = 1,315 Y$$

$$Y = \frac{0,18707}{1,315}$$

$$Y = 0,142$$

Faktor beban radial untuk semua perbandingan $\frac{Fa}{Co}$ adalah 0,56 sehingga beban *equivalen* dinamis yang diperoleh adalah :

$$P = (0,56 \times 2,5) + (0,142 \times 2,5)$$

$$P = 1,4 + 0,355$$

$$P = 1,755 \text{ KN}$$

Dengan menggunakan data lapangan umur dari *bearing* dapat dihitung dengan rumus:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \frac{10^6}{60 n} \text{ jam operasi}$$

$$L_{10} = \left(\frac{9,95}{1,755}\right)^3 \frac{10^6}{60 \times 262,5} \text{ jam operasi}$$

$$L_{10} = 11570,638317 \text{ jam operasi}$$

2. Bantalan 2

- *Designation* : 6006 single deep groove ball bearings

- *Principal dimention* :

Diameter luar : 55 mm

Diameter dalam : 30 mm

Tebal : 13 mm

- *Basic dynamic rating*

Dynamic : 11,4 KN

Static : 8,15 KN

Fatigue load limit (P_u) : 0,355 KN

- *Mass* : 0,11 kg
- *Gaya bantalan* : 0,5 KN

Besar beban *equivalen* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P = Fr \cdot X + Y \cdot Fa$$

Faktor beban radial dan faktor beban aksial didapat dengan cara menghitung perbandingan antara beban aksial dan *basic load static* (C_o) didapat

$$\frac{Fa}{C_o} = \frac{3,86}{8,15} = 0,473.$$

Besar faktor pembanding e dengan $\frac{Fa}{C_o} = 0,473$ tidak terdapat pada tabel sehingga untuk mendapatkan hasil dari beban radial (X) dan faktor beban aksial (Y) dilakukan interpolasi. Sehingga didapat :

$$\frac{0,28 - 0,473}{0,28 - 0,14} = \frac{1,15 - Y}{1,15 - 1,04}$$

$$\frac{-0,193}{-0,14} = \frac{1,15 - Y}{0,11}$$

$$-0,02123 + 0,161 = 0,14 Y$$

$$0,13977 = 0,14 Y$$

$$Y = \frac{0,13977}{0,14}$$

$$Y = 0,998$$

Faktor beban radial untuk semua perbandingan $\frac{Fa}{C_o}$ adalah 0,56 sehingga beban *equivalen* dinamis yang diperoleh adalah :

$$P = (0,56 \times 0,5) + (0,998 \times 0,5)$$

$$P = 0,28 + 0,499$$

$$P = 0,779 \text{ KN}$$

Dengan menggunakan data lapangan umur dari *bearing* dapat dihitung dengan rumus:

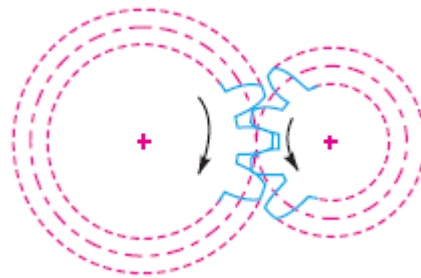
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \frac{10^6}{60 n} \text{ jam kerja}$$

$$L_{10} = \left(\frac{11,4}{0,779}\right)^3 \frac{10^6}{60 \times 262,5} \text{ jam kerja}$$

$$L_{10} = 198985,586 \text{ jam kerja}$$

4.3.5 Analisis Ukuran Roda Gigi yang Digunakan

Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* memiliki sistem transmisi berupa pasangan roda gigi *external*. Putaran yang direduksi oleh sistem transmisi roda gigi, yaitu dari 262,5 RPM menjadi 48,1 RPM. Roda gigi *driver/pinion* dan roda gigi *driver/roda gigi* yang digerakkan memiliki tegangan *static* yang diizinkan yaitu 105 Mpa.



Gambar 4.9. Ilustrasi Mencari Ukuran Roda Gigi

Diketahui :

$$Z1 = 109$$

$$Z2 = 20$$

$$Da 1 = 277,5 \text{ mm}$$

$$Da 2 = 55 \text{ mm}$$

3. Perhitungan modul roda gigi

$$m1 = \frac{Da}{Z + 2}$$

$$m1 = \frac{277,5}{109 + 2} = 2,5$$

$$m2 = \frac{55}{20 + 2} = 2,5$$

4. Perhitungan diameter *pitch*

$$Dp1 = Z \times m$$

$$Dp1 = 109 \times 2,5$$

$$Dp1 = 272,5 \text{ mm}$$

$$Dp2 = Z \times m$$

$$Dp2 = 20 \times 2,5$$

$$Dp2 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

5. Perhitungan tebal gigi

$$b = 3,75 \times m$$

$$b = 3,75 \times 2,5$$

$$b = 9,375 \text{ mm}$$

6. Perhitungan torsi roda gigi

$$\tau = F \times d$$

$$\tau = 500 \times 0,13875$$

$$\tau = 69,375 \text{ Nm}$$

7. Perhitungan rasio roda gigi

$$Gr = \frac{Driven}{Driver} = \frac{Z1}{Z2}$$

$$Gr = \frac{109}{20} = 5,45$$

8. Perhitungan *pitch line velocity* dalam satuan meter/sekon

$$v = \frac{\pi Dp.Np}{60}$$

$$v = \frac{\pi 0,05 \times 262,5}{60} = 0,68 \text{ m/s}$$

9. Perhitungan faktor *velocity*

$$C_v = \frac{3}{3 + v}$$

$$C_v = \frac{3}{3 + 0,68} = 0,81$$

10. Perhitungan *tooth form factor* roda gigi 1/ *pinion/ driver*

$$Y_p = 0,154 - \frac{0,912}{z_p}$$

$$Y_p = 0,154 - \frac{0,912}{20} = 0,1084$$

11. Perhitungan *tooth form factor* roda gigi 2/ *gear/ driven*

$$Y_g = 0,154 - \frac{0,912}{T_g}$$

$$Y_g = 0,154 - \frac{0,912}{109} = 0,14564$$

$$\sigma_{Op} \times Y_p = 105 \times 0,1084 = 11,382$$

$$\sigma_{Og} \times Y_g = 105 \times 0,14564 = 15,292$$

12. Perhitungan *tangensial loads*

Dengan asumsi pada pemakaian kondisi beban stabil 3 jam/hari

$$W_T = \frac{P}{v} \times C_s$$

$$W_T = \frac{373}{0,68} \times 0,8$$

$$W_T = 438,82 \text{ N}$$

13. Perhitungan *dynamic load*

$$W_D = W_T + \frac{21 v (b \times b \times W_T)}{21v + \sqrt{b \times b \times W_T}}$$

$$W_D = 438,82 + \frac{21 \times 0,68 (9,375 \times 9,375 + 438,82)}{21 \times 0,68 + \sqrt{9,375 \times 9,375 + 438,82}}$$

$$W_D = 438 + \frac{7521,4}{210,6}$$

$$W_D = 438 + 35,714$$

$$W_D = 473,7 \text{ N}$$

14. Perhitungan *static loads / endurance* roda gigi

$$W_S = \sigma_e \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot Y_p$$

$$W_S = 105 \cdot 9,375 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,1084$$

$$W_S = 837,64 \text{ N}$$

15. Perhitungan *ratio factor*

$$Q = \frac{2 \cdot VR}{VR + 1} = \frac{2 \times 5,45}{5,45 + 1} = \frac{10,9}{6,45} = 1,68$$

16. Perhitungan *maximum loads*

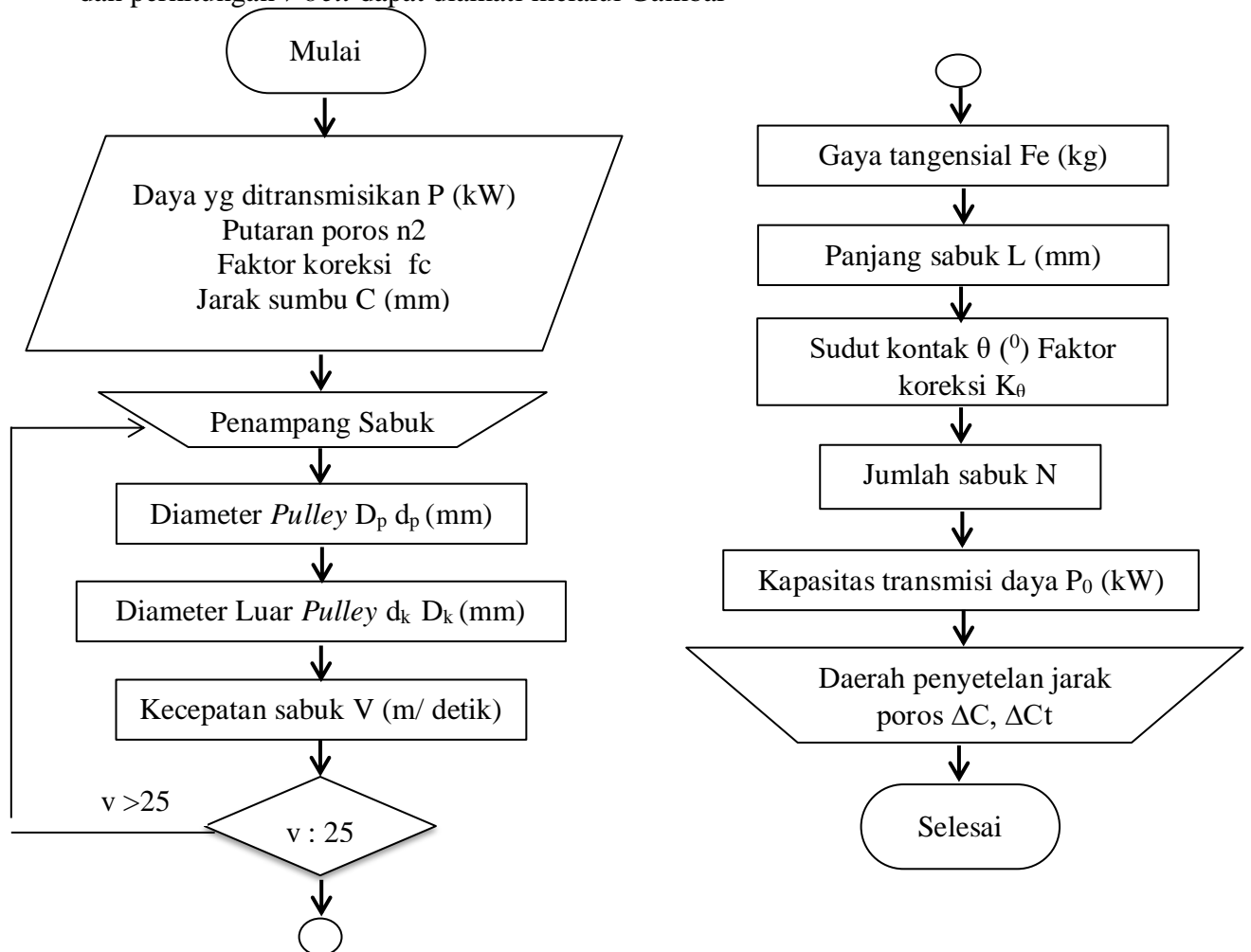
$$W_w = D_p \times b \times Q \times K = 50 \times 9,375 \times 1,68 \times 1,4$$

$$W_w = 1102,5 \text{ N}$$

W_s dan W_w lebih besar dari W_D maka desain roda gigi tersebut aman digunakan.

4.3.6 Analisis Perancangan Transmisi *V-belt* dan *Pulley*

Transmisi *V-belt* (lihat Gambar 4.7), digunakan untuk mereduksi putaran dari $n_1 = 1400$ rpm menjadi $n_2 = 262,5$ rpm. Mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* mempunyai variasi beban sedang dan diperkirakan mesin akan bekerja setiap 3-5 jam tiap hari, sehingga waktu koreksinya, yaitu 1,6 (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:165). Proses perencanaan dan perhitungan *v-belt* dapat diamati melalui Gambar



Gambar 4.10. Diagram Alir Perencanaan Pemilihan Transmisi *V-belt*

Dalam mesin mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*, *v-belt* digunakan untuk meneruskan putaran dari poros penggerak ke roda gigi kecil $Z = 20$. Alur pemilihan sabuk seperti terlihat pada gambar 14 diagram alir perencanaan pemilihan *v-belt*. Data yang diketahui untuk pemilihan tersebut antara lain:

1. Daya yang ditransmisikan : 0,5 HP = 0,373 KW

Putaran poros motor : 1400 RPM

Putaran poros dia 20 mm : 262,5 RPM

Jarak sumbu poros (C) : 323 mm

e. Penampang *v-belt* : Tipe A

f. Diameter *pulley*

$d_p = 75 \text{ mm}$

$D_p = 400 \text{ mm}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p}$$

$$i = \frac{1400}{262,5} = \frac{400}{75} = 5,33$$

g. Kecepatan *v-belt* (v)

$$v = \frac{\pi D_p n_1}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \times 75 \times 1400}{60 \times 1000}$$

$$v = 5,495 \text{ m/detik}$$

$$5,495 \text{ m/detik} < 25 \text{ m/detik}$$

h. Gaya tangensial (F_e)

$$P = \frac{F_e \times v}{102}$$

$$F_e = \frac{P \times 102}{v}$$

$$F_e = \frac{0,373 \times 102}{5,495}$$

$$F_e = 6,92 \text{ N}$$

i. Panjang *v-belt* (L)

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

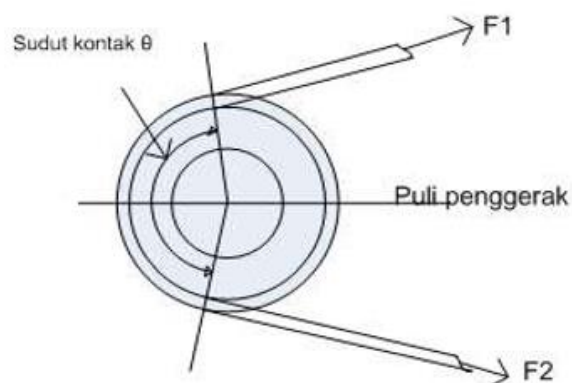
$$L = 2 \cdot 323 + \frac{3,14}{2} (400 + 75) + \frac{1}{4 \cdot 323} (400 + 75)^2$$

$$L = 646 + 745,75 + 81,75$$

$$L = 1473,5 \text{ mm}$$

$$L = 58,01 \approx 58 \text{ inchi}$$

j. Sudut kontak (θ)



Gambar 4.11. Sudut Kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{57 (D_p - d_p)}{C}$$

$$\theta = 180^{\circ} - \frac{57 (400 - 75)}{323}$$

$$\theta = 180^{\circ} - 57,35$$

$$\theta = 122,65^{\circ}$$

k. Jumlah sabuk (N) = 1 buah

l. Daerah penyetelan jarak poros (ΔC , ΔC_t)

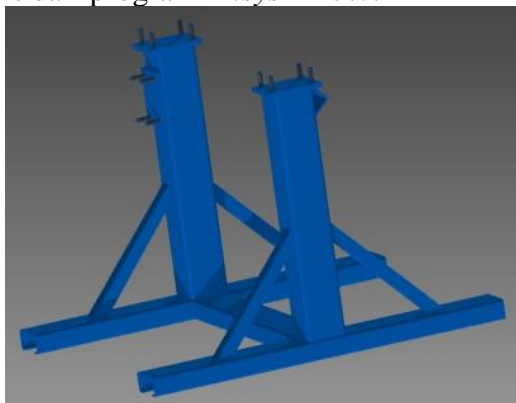
$\Delta C_i = 20$ mm (berdasarkan tabel)

$\Delta C_t = 40$ mm (berdasarkan tabel)

Dengan demikian, *v-belt* yang digunakan adalah tipe A dengan No. 58, panjang keliling (L) = 1473,5 mm, jumlah sabuk (N) = 1 buah, diameter luar *pulley* motor (dk) = 86 dan diameter luar *pulley* digerakkan (Dk) = 411 mm, serta jarak sumbu poros 323 mm.

4.3.7 Analisis Perancangan Rangka

Pembuatan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* menggunakan *Software Autodesk Inventor Profesional 2015*. Sedangkan analisis rangka mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* menggunakan analisis dari program *Ansys R 15.0*.



Gambar 4.12. Rangka Mesin *Mixer*

Tabel 4.1 Material Rangka

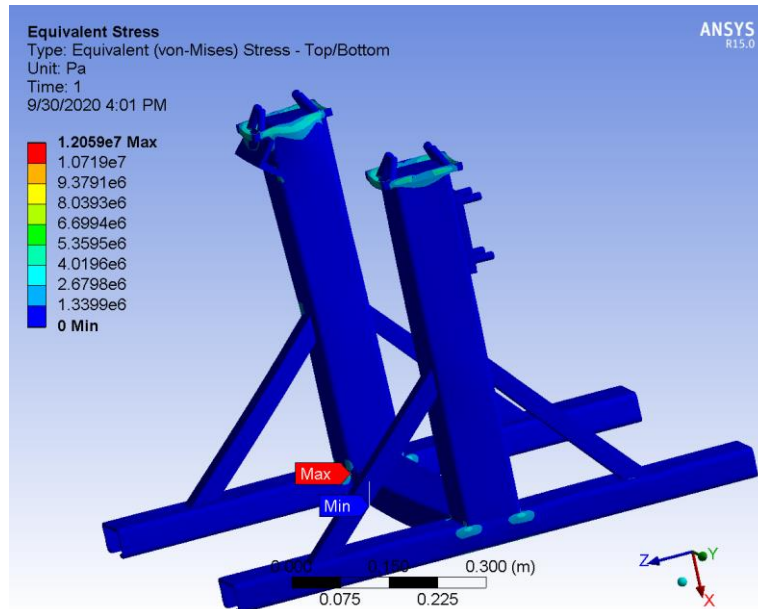
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	490,059 lbmass/ft ³
	Yield Strength	30,044 ksi
	Ultimate Tensile Strength	50,073 ksi
Stress	Young's Modulus	31930,334 ksi
	Poisson's Ratio	0,275 ul
Part Name(s)	JIS 4185 90x45x20 00000001.ipt JIS 4185 90x45x20 00000002.ipt JIS 4185 90x45x20 00000003.ipt JIS 4185 90x45x20 00000004.ipt JIS 4185 90x45x20 00000005.ipt JIS 4185 90x45x20 00000006.ipt JIS 4185 90x45x20 00000007.ipt JIS 30 00000008.ipt JIS 30 00000009.ipt JIS 30 00000010.ipt JIS 30 00000011.ipt	

Pembebanan yang terjadi pada rangka mesin *mixer*

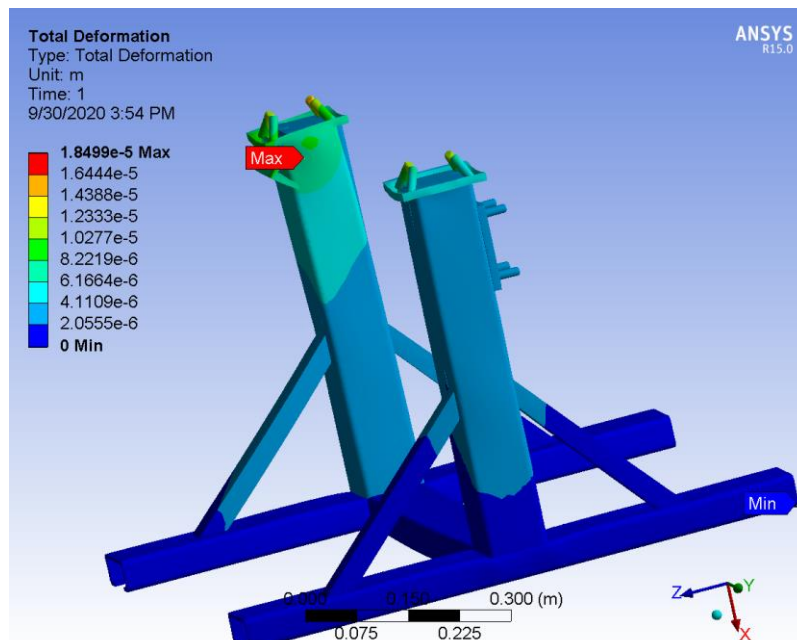
- a. Beban motor listrik 0,5 HP adalah 10 kg.
- b. Beban tabung *mixer* adalah 10 kg
- c. Bahan *crucible* maksimal yang diaduk adalah 40 kg.
- d. Beban pengikat *mixer* adalah 10 kg
- e. Beban roda gigi dan plat adalah 5 kg
- f. Beban poros, *bearing* dan mur adalah 5 kg

Jadi, beban total yang dialami rangka mesin adalah 80kg atau 800N.

Hasil Pembebanan Rangka



Gambar 4.13. *Von-Mises Stress*



Gambar 4.14. *Total Deformation*

Untuk mengetahui keamanan dari rangka mesin *mixer* hasil tegangan dibandingkan dengan *yield strength* material yaitu $12,059 \text{ MPa} \leq 30044 \text{ psi}$ (207,14

MPa) jadi rangka aman digunakan. Hasil defleksi yang terjadi adalah sebesar $0,18499 \text{ mm} < (0,3-0,35 \text{ mm})$, sehingga dinyatakan aman/ baik.

4.3.8 Detail Produk *Mixer*

1. Mesin ini menggunakan tabung *mixer* dengan kapasitas maksimum 40 kg/jam, putaran tabung 48,1 RPM.
2. Mesin ini menggunakan motor listrik yang digunakan adalah motor listrik jenis 1 *phase* dengan daya 0,5 HP dengan kecepatan 1400 RPM.
3. Mesin ini menggunakan poros jenis ST 60 dalam standar Jepang disebut S50C, dengan diameter 20 mm dan 30 mm.
4. Mesin ini menggunakan jenis *ball bearing* 6004 dan 6006.
5. Mesin ini menggunakan roda gigi dengan Z 20 dan Z 109.
6. Mesin ini menggunakan rangka dengan bahan *mild steel* jenis CNP *Lips Channel*.
7. Mesin ini berdimensi panjang, lebar dan tinggi yaitu: panjang 850 mm x lebar 725 mm x tinggi 750 mm.
8. Mesin ini menggunakan *handle* yang pengoperasiannya dengan diputar berlawanan arah jarum jam sampai adonan bahan *crucible* tertumpah.
9. Penyimpangan produk dengan desain perancangan terjadi pada poros diameter 20 mm terjadi kemunduran sepanjang 0,25 mm.

10. Penyimpangan produk dengan desain perancangan terjadi pada *handle* yaitu terjadi pelepasan pada salah satu sambungan las tetapi masih berfungsi dengan baik.
11. Penyimpangan produk dengan desain perancangan terjadi pada rangka mesin. Setelah penggunaan berulang-ulang terjadi penekukan diujung kaki rangka sebesar 0.5 mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan desain dan gambar kerja mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats*.
2. Telah dihasilkan rancangan mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* yang ergonomis dengan dimensi yang nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja serta tabung *mixer* dapat dimiringkan 180° ke depan untuk memudahkan penuangan hasil adukan bahan *crucible*.
3. Telah diketahui spesifikasi mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporation boats* dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Kapasitas pengadukan mesin *mixer* pengaduk bahan *crucible* berbahan limbah *evaporations boats* adalah 40 kg/jam.
 - b. Daya tampung tabung *mixer* pengaduk bahan *crucible* adalah 40 kg.
 - c. Mesin ini menggunakan penggerak utama motor listrik 0,5 HP dengan kecepatan 1400 RPM.
 - d. Putaran tabung *mixer* adalah 48,1 RPM.
 - e. Dimensi mesin *mixer* dengan panjang 850 mm x lebar 725 mm x tinggi 750 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka dapat disarankan:

1. Pada saat pencampuran air dan bahan-bahan *crucible* hendaknya selalu diperhatikan untuk menghasilkan campuran yang homogen.
2. Pada saat menuangkan adonan bahan *crucible* hendaknya memperhatikan pemutaran handle mesin. Pemutaran *handle* harus diputar kekiri atau berlawanan arah jarum jam.
3. Hendaknya pelumasan pada roda gigi dilakukan secara berkala untuk menjaga kualitas dan umur roda gigi.
4. Hendaknya setelah menggunakan mesin, tabung *mixer* dan komponen lain dibersihkan dan diberi pelumas agar terhindar dari korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B. H., P. F. Ostwald, dan M. L. Begeman. 1986. *Teknologi Mekanik 2*. Jakarta: Erlangga.
- Bernard, S., dan P. Miele. 2014. *Polymer Derived Boron Nitride: A Review on the Chemistry, Shaping and Ceramic Conversion of Borazine Derivatives*. *Jurnal Materials*. 7: 7437-7448.
- Barsoum, M. 2002. *Fundamental of Ceramics*. CRC Press.
- Chen, S.-J., C.-Y. Chen, dan M.-R. Lin. 2018. *Risk factors for crash involvement in older motorcycle riders*. *Accident Analysis and Prevention*, 109-114.
- Effendi, M. D. 2001. *Merancang Alat-Alat Proses Produksi Utama Padaproses Pembuatan Magnesium Carbonat Dari Dolomite dan Coke, Logic*. *Jurnal*. Politeknik UNUD.
- Epsito dan R.J. Throver. 1991. *Machine Design*. New York Delmar Publisher, Inc
- Epstein, J. S. 2009. *Coating System For A Ceramic Evaporator Boat*. *Jurnal Internasional Patent Application Publication*. 1(19): 1-5.
- Erliyanti, L. 2019. *Pengaruh Variasi Suhu Sintering terhadap Densitas, Porositas, dan Ketahanan Panas Lining Berbasis Limbah Evaporation Boats*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Fajri, N. R. 2019. *Pengaruh Thermal Shock dan Komposisi Evaporation Boats, Semen Tahan Api dan Pasir Silika Terhadap Kekuatan Impact dan Foto Makro Lining Refractory*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Ginting, R. 2010. *Perancangan Produk*. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Harsokoesoemo, H. D. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk) Edisi Kedua*. Buku. Institut Teknologi Bandung.
- Hedlund, M. dan H. Bernhoff. 2015. *Flywheel energy storage for automotive applications*. *Jurnal Energies*, 8(10).
- Hidajat, R., dan L. Lulus. 2005. *Teori dan Penerapan Metode Elemen Hingga*. Surakarta: UNS Press.
- Indiani, E., dan N. Ayu Ketut Umiati. 2009. *Keramik Porselen Berbasis Feldspar*

- Sebagai Bahan Isolator Keramik*. Jurnal Telkomnika. Vol. 7 No. 02, 83-89.
- Jatmiko, S., S. Jokosisworo, L. Belakang., dan B. Masalah. 2012. *Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja St 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-Baling Kapal*. Jurnal Kapal, 5(1), 42-51.
- Lubis, A. S., dan Sulardjaka. 2014. *Rancang Bangun Alat Stir Casting Menggunakan Metode Pahl And Beitz Untuk Proses Pembuatan Komposit Matriks Aluminium*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 3.
- Mallisa, H. 2008. *Pengaruh Lamanya Pengadukan Terhadap Nilai Slump Dan Kandungan Udara Campuran Beton*. Jurnal SMARTek. 6 : 80-87.
- Munro, R. G. 2000. *Material Properties of Titanium Diboride*. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology 105(5): 1.
- Nayyar, M. 2000. *Piping Handbook (Seventh Edition)*. New York, United State of America: McGraw-Hill.
- Nur, R., dan M. Arsyad Suyuti. 2017. *Perancangan Mesin-Mesin Industri*. Buku. ISBN. 978.
- Nurzal, I. dan O. Siswanto. 2012. *Pengaruh Proses Wet Pressing Dan Suhu Sinter Terhadap Densitas Dan Kekerasan Vickers Pada Manufactur Keramik Lantai*. Jurnal Teknik Mesin. Institut Teknologi Padang. 1 (02): 1-5.
- Ridwan, L. 2019. *Rancang Bangun Tungku Peleburan Logam Mekasnisme Tahanan Listrik Dengan Memanfaatkan Limbah Evaporation Boat Sebagai Pelapis Dinding Tungku*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Shigley, J. E. 2003. *MECHANICAL ENGINEERING DESIGN* (10th ed., Issue 1). McGraw-Hill Education.
- Sudjianto, A. T., A. Suraji., dan A. Qustoniah. 2017. *Optimalisasi Produksi Kerajinan Keramik dengan Alat Mixer Material Keramik Berbasis*

- Elektrik*. Seminar Nasional Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Widyagama Malang.
- Suharto, 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Buku. Jakarta : Rineka Cipta.
- Sularso, dan S. Kiyokatsu. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Buku. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- United Nations Environment Programme. 2006. *Thermal Energy Equipmnet : Furnances and Refractories. Energy Efficiency Guide for Industry in Asia*. www.energyefficiencyasia.org.
- W, Hartono, dan T. Okumura. 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Buku. PT Pradnya Paramita.
- Weld, L. D., dan J. M. Cork. 1949. *A Textbook of Heat. American Journal of Physics*, 17(2), 97–98. <https://doi.org/10.1119/1.1989521>.
- Wiley, A John dan Sons. 2004. *Handbook Of Industrial Mixing Science And Practic*. A John Wiley & Sons, Inc., *Publication*.
- Zulfikar. 2018. *Dasar-Dasar Pemakaian Software Ansys 5.4*. Medan: Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

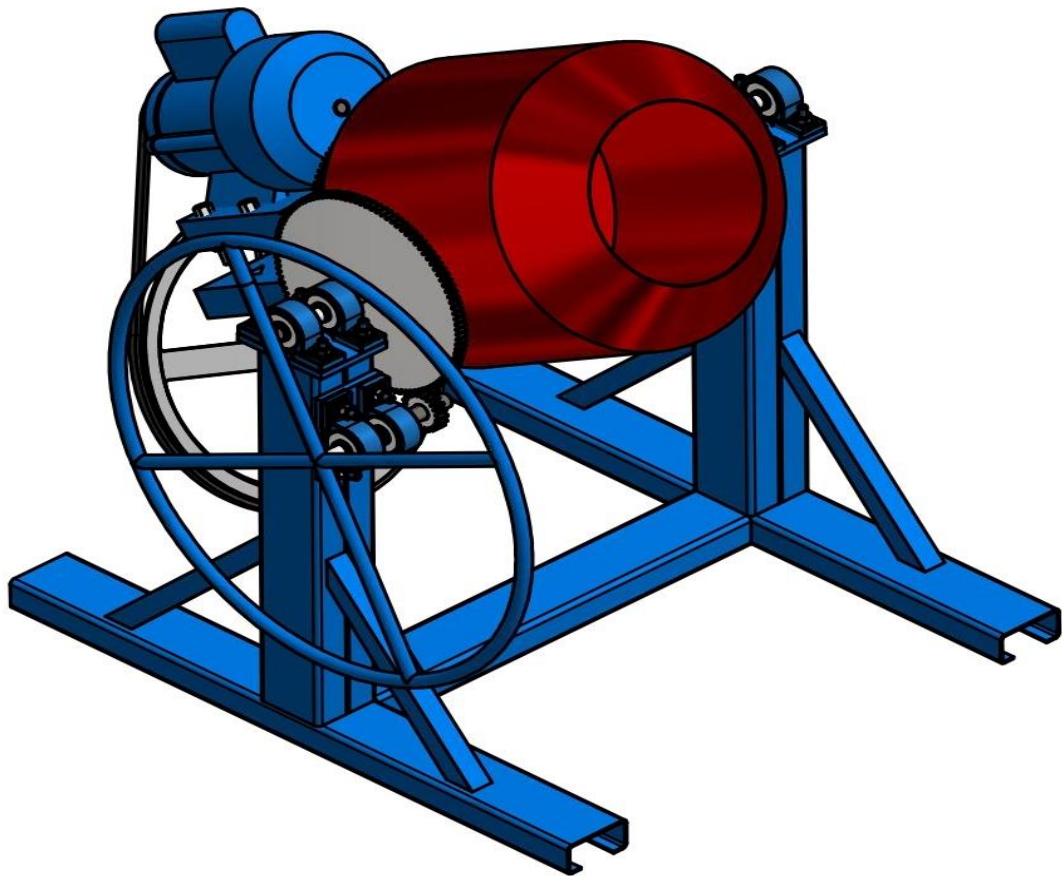
lampiran

Lampiran 1

Gambar 3D dan 2D

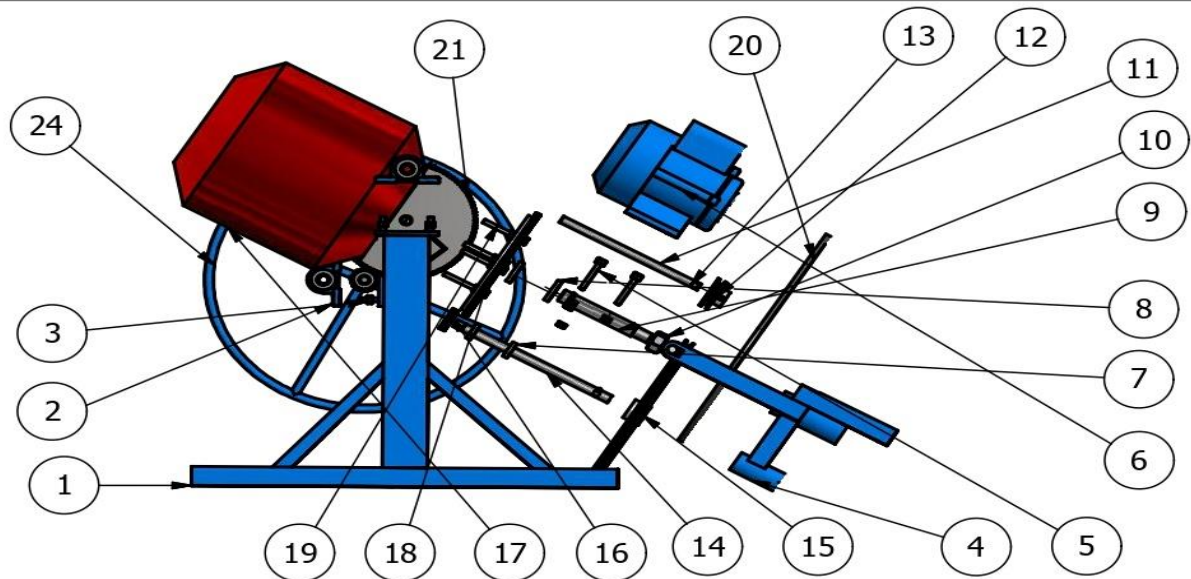
**Mesin *Mixer* pengaduk Bahan *Crucible*
Berbahan Limbah *Evaporations Boats***

Lampiran 1

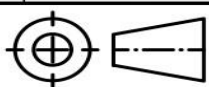


	Skala : 1 : 8	Digambar : Moh Khairul Anam	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 5201416041		
	Tanggal : 18/09/20	Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T		
PTM UNNES	MESIN MIXER	No : 01/TA/20	A4	

Lampiran 1



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	frame mixer	dibuat
2	6	ucp 204	dibeli
3	20	mur m 10	dibeli
4	1	pengikat mixer	dibuat
5	4	baut m 10	dibeli
6	1	motor listrik	dibeli
7	2	bearing dia 40 mm	dibeli
8	2	bearing dia 55 mm	dibeli
9	1	poros center dia 30	dibuat
10	1	mur 25	dibeli
11	1	poros motor listrik	dibeli
12	1	pulley dia75	dibeli
13	2	baut m 8 pulley	dibeli
14	1	poros dia 20	dibuat
15	1	pulley dia 400	dibeli
16	2	Spur Gear2	dibeli
17	1	tabung mixer	dibuat
18	1	roda gigi z = 109	dibeli
19	4	mur dia 10 tabung mixer	dibeli
20	1	v belt	dibeli
21	1	roda gigi Z = 107	dibeli
22	1	baut samping	dibeli
23	1	poros dia 20 handle	dibuat
24	1	handle	dibuat



Skala 1 : 15
 Satuan : mm
 Tanggal : 18/09/20

Digambar : Moh Khairul Anam
 Nim : 5201416041
 Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T.

Keterangan :

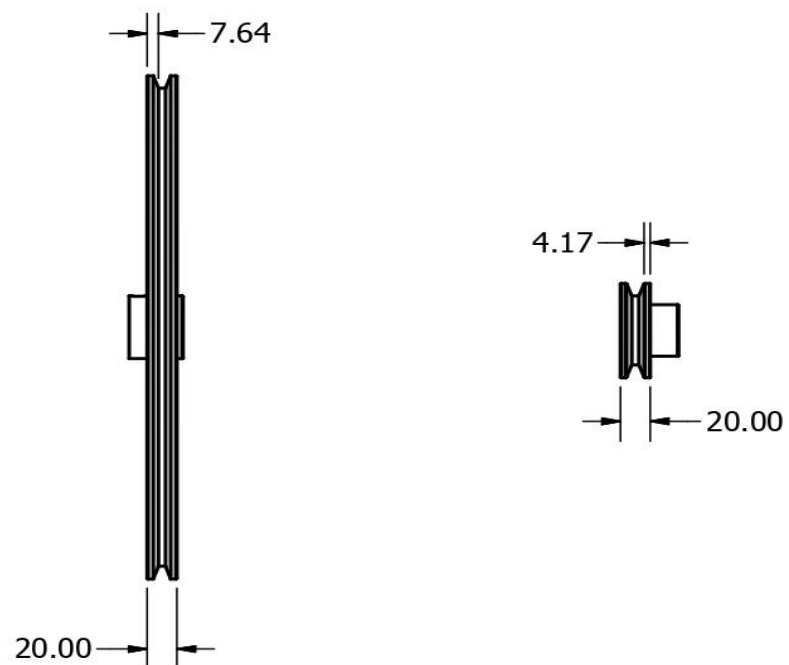
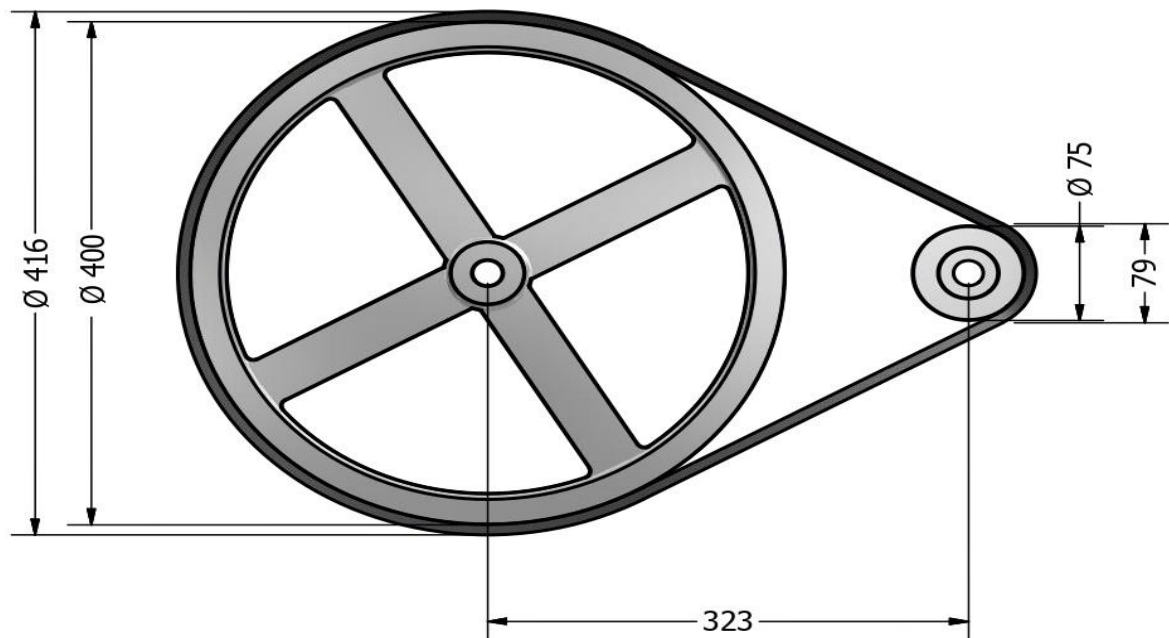
PTM UNNES

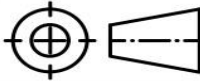
PART MESIN MIXER

02/TA/20

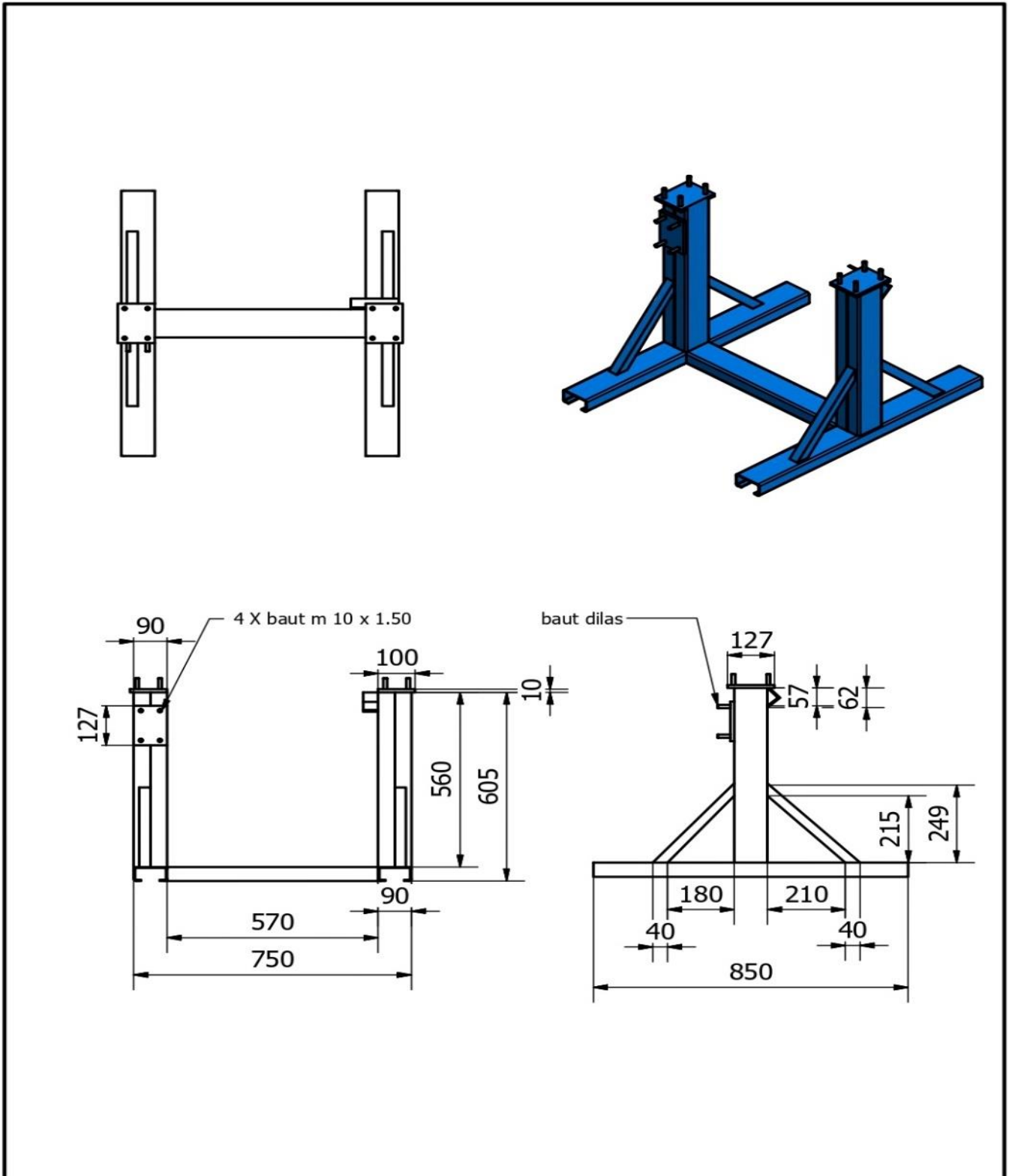
A4

Lampiran 1



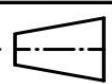
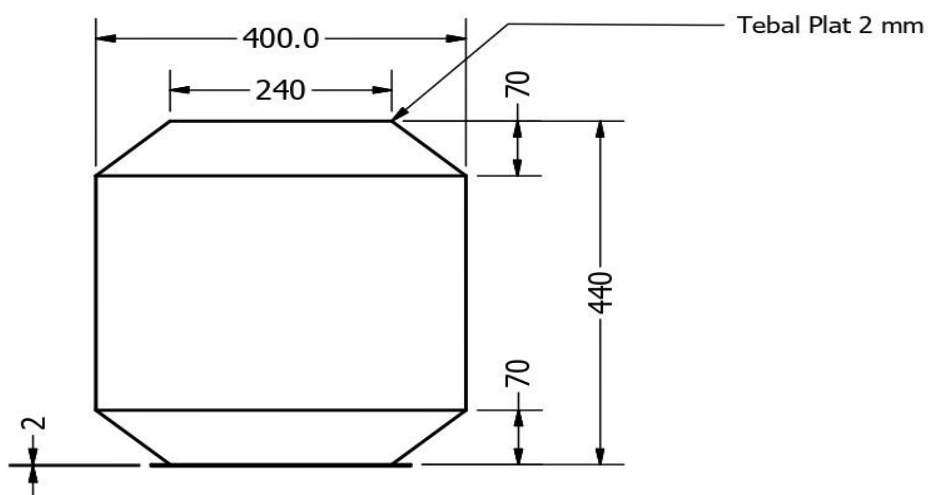
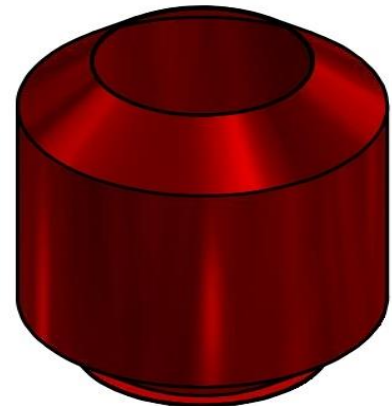
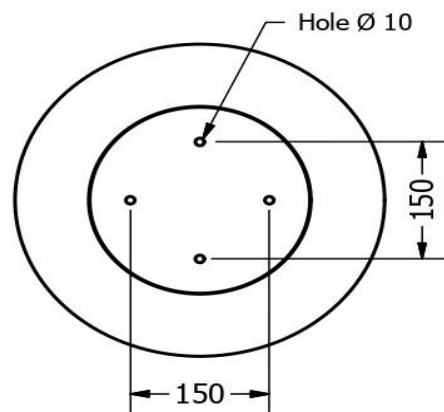
	Skala : 1 : 5	Digambar : Moh Khairul Anam	Keterangan :	
	Ukuran : mm	NIM : 5201416041		
	Tanggal : 18/09/20	Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T.		
PTM UNNES	PULLEY DAN V-BELT		No: 03/TA/20	A4

Lampiran 1



	Skala : 1 : 15	Digambar : Moh Khairul Anam	Keterangan :
	Satuan : mm	Nim : 5201416041	
	Tanggal : 18/09/20	Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T.	
PTM UNNES	RANGKA		04/TA/20 A4

Lampiran 1



Skala : 1 : 8

Satuan : mm

Tanggal : 18/09/20

Digambar : Moh Khairul Anam

Nim : 5201416041

Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T.

Keterangan :

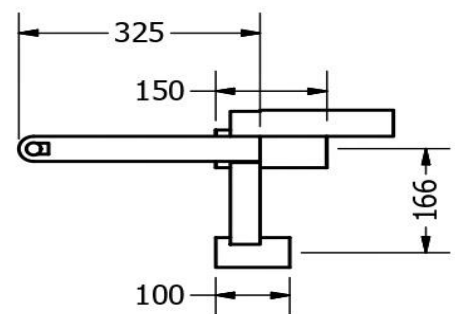
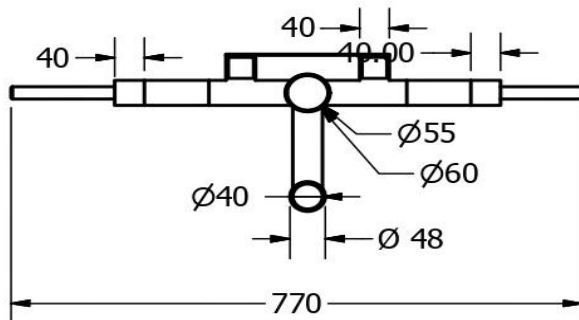
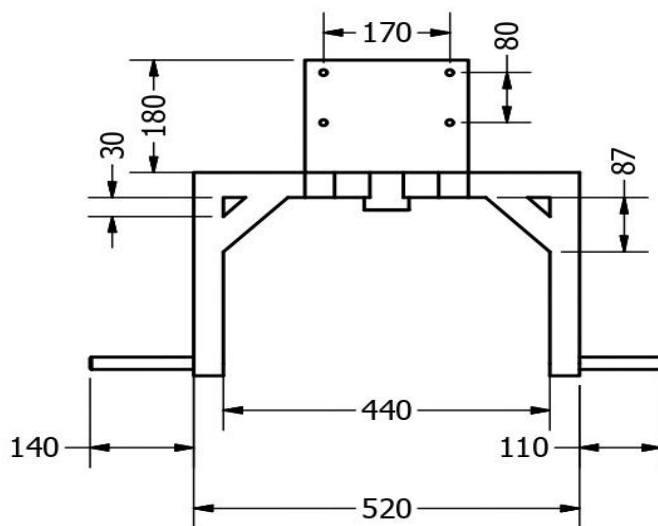
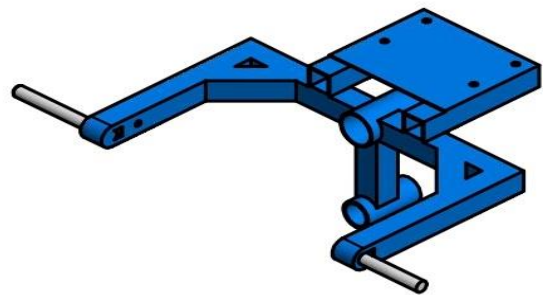
PTM UNNES

TABUNG MIXER

05/TA/20

A4

Lampiran 1



	Skala : 1 : 15	Digambar : Moh Khairul Anam	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 5201416041		
	Tanggal : 18/09/20	Dilihat : Rusiyanto, S.Pd., M.T.		
PTM UNNES	PENGIKAT MIXER		06/TA/20	A4

Lampiran 2
Surat Usulan Dosen Pembimbing



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Gedung E9 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Telepon: 024 8508101

Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: teknik_mesin@mail.unnes.ac.id

Nomor : 98 /UH37.1-S. 2/DT/2020
Lamp. :
Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : RUSIYANTO, S. Pd., M. T.
NIP : 197403211999031002
Pangkat/Golongan : Penata Tk. I - III/d
Jabatan Akademik : Lektor
Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : MOH KHAIRUL ANAM
NIM : 5201416041
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Topik : Perancangan mixer pengaduk crucible
Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



Lampiran 3
Surat Penetapan Dosen Pembimbing



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Gedung E9 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 024 8508101
Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: teknik_mesin@mail.unnes.ac.id

Nomor : 98 /UH37.1-S. 2/DT/2020
Lamp. :
Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : RUSIYANTO, S. Pd., M. T.
NIP : 197403211999031002
Pangkat/Golongan : Penata Tk. I - III/d
Jabatan Akademik : Lektor
Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : MOH KHAIRUL ANAM
NIM : 5201416041
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Topik : Perancangan mixer pengaduk crucible
Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



11 Maret 2020

RUSIYANTO, S. Pd., M. T.
NIP. 197403211999031002

Lampiran 4

Surat Tugas Dosen Pembimbing dan Penguji



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: ft@mail.unnes.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 4663 /UN37.1.5/KM/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Samsudin Anis, S.T., M.T., P.hD. 197601012003121002	Penata Tk. I, III/d	Penguji 1
2	Drs. Sunyoto, M.Si. 196511051991021001	Pembina Tk. I, IV/b	Penguji 2
3	Rusiyanto, S.Pd., M.T. 197403211999031002	Penata Tk. I, III/d	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : Moh Khairul Anam
 NIM : 5201416041
 Prodi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
 Topik : RANCANG BANGUN MESIN MIXER UNTUK PENGADUK CRUCIBLE BERBAHAN LIMBAH EVAPORATION BOATS
 Waktu : Selasa, 16 Juni 2020
 Jam : 09.00 WIB
 Tempat : Online
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 10 Juni 2020
 Dekan



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
 NIP. 196911301994031001

Tembusan :

1. Wakil Dekan Bidang II;
2. Ketua Jurusan TM;
3. Kasubbag Keuangan,
Fakultas Teknik UNNES

Lampiran 5

Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang
 Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009
 Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/5309/UN37.1.5/LT/2020
 Hal : Izin Penelitian

29 Juni 2020

Yth. Kepala Laboratorium Teknik Mesin
 Fakultas Teknik Universitas Negeri
 Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Moh Khairul Anam
 NIM : 5201416041
 Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
 Semester : Genap
 Tahun akademik : 2019/2020
 Judul : rancang bangun mesin mixer pengaduk bahan crucible berbahan limbah Evaporation Boats

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 29 Juli s.d. 27 September 2020.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

a.n. Dekan FT
 Wakil Dekan Bid. Akademik,



Dr. -Ing. Dhidik Prastiyanto, S. T., M. T.
 NIP 197805312005011002

Tembusan:
 Dekan FT;
 Universitas Negeri Semarang



Lampiran 6

Table Baja Kontruksi Umum DIN 17100

Baja konstruktif umum menurut DIN 17100 (Sept. 1965)

Simbol dengan grup kualitas	* Tipe deskripsi	No. bahan	Jenis baja menurut EUROKOD 25	Kadar C (%)	Kekuatan		Pegangan	
					R_{yk} (N/mm ²)	R_{m} (N/mm ²)	σ_{yk} (N/mm ²)	σ_{m} (N/mm ²)
Ss 23-1		1.0033	Fe 23-0	-	340-400	500	18	Utak bagian tempa bahan khusus
Ss 23-2		1.0035	-	-	340-400	500	18	-
Ss 24-1	U	1.0100	Fe 24-A	0,17	330-410	500	20	Baja tempa, mudah dikerjakan, baik untuk paku kelang dan aksoris, pelat ekstrusi dan pipa.
Ss 24-2	U	1.0102	Fe 24-B33FU	0,15	-	-	-	-
Ss 24-3	R	1.0106	Fe 24-B33FN	-	-	-	-	-
Ss 27-1	U	1.0110	Fe 27-A	0,20	300-440	540	20	Baja tempa, bisa dipakai dikonstruksi mesin, untuk tangki dan ketel, mudah dilas.
Ss 27-2	R	1.0111	-	-	-	-	-	-
Ss 27-3	U	1.0112	Fe 27-B33FU	0,18	-	-	-	-
Ss 27-4	R	1.0114	Fe 27-B33FN	-	-	-	-	-
Ss 27-5	RR	1.0116	Fe 27-C3	0,17	-	-	-	-
Ss 42-1	U	1.0130	Fe 42-A	0,25	410-490	550	22	Komponen pres dan tempa, paku kelang, aksoris, bearing engkol kecil, mudah dilas.
Ss 42-2	R	1.0131	-	-	-	-	-	-
Ss 42-3	U	1.0132	Fe 42-B33FU	0,20	-	-	-	-
Ss 42-4	R	1.0134	Fe 42-B33FN	-	-	-	-	-
Ss 42-5	RR	1.0136	Fe 42-C3	0,23	-	-	-	-
Ss 50-1	R	1.0530	Fe 50-1	0,55	400-580	500	20	Perak tempa tinggi, batang engkol mudah dikerjakan, sulit dilas.
Ss 50-2	R	1.0532	Fe 50-2	0,50	-	-	-	-
Ss 60-1	RR	1.0841	Fe 60-C3	0,3	510-610 ^a	600	22	Baja konstruktif bangunan, mudah dilas.
Ss 60-2	R	1.0540	Fe 60-1	0,35	500-710	600	15	Utak komponen pembalokan tinggi dan bahan gesek, paku pasak, spidol, paku pasak, spidol, dapat dilas.
Ss 70-1	R	1.0572	Fe 60-2	0,40	-	-	-	-
Ss 70-2	R	1.0632	Fe 70-2	0,5	600-830	600	10	Utak komponen yang sangat keras, mesin as, penggilang, eratkan, dapat dilas, empur dan bisa dikerjakan.

* Utak grup kualitas utama, bahan mengandung kadar S, P, S atau N yang rendah.
 Q : Tipe yang tidak relak, E : batang tarik, F : tempa, Ro : untuk pipa.
 U : tidak relak, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.
 a : Harga untuk tebal ≤ 16 mm, untuk 16...40, σ_{yk} ...10 N/mm², untuk 40...100 mm, σ_{yk} ...20 N/mm² apabila lebih rendah.

Sumber: Sularso, 2004: 3

Lampiran 7

Baja Karbon untuk Poros

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	"	52	
	S40C	"	55	
	S45C	"	58	
	S50C	"	62	
	S55C	"	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	-	53	ditarik dingin, digerinda, dibubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

Sumber: Sularso, 2004:3

Lampiran 8

Tabel Faktor Koreksi pada Transmisi V-Belt

Mesin yang digerakkan		Penggerak						
		Momen punter puncak 200%			Momen punter puncak > 200%			
		Motor arus bolak-balik(momen normal, sangkar bajing, 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, kop[ling 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	
Variasi beban sangat kecil	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	
Variasi beban kecil	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	
Variasi beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan pahu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
Variasi beban besar	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	

Sumber: Sularso, 2004:165

Lampiran 9

Tabel. Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (MPa)	Tegangan Leleh minimum, f_u (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Tabel 2.4. JIS 2123 batang baja karbon difinish dingin (sering dipakai untuk poros).

Lambang	Perlakuan panas	Dimater (mm)	Kekuatan Tarik (kg/mm)	Kekerasan	
				H _{RC} (H _{RB})	H _B
S35C-D	Dilunakan	20 atau kurang 21-80	58-79	(84)-23 (73)-17	- 144-216
	Tanpa dilunakan	20 atau kurang 21-80	63-82 58-72	(87)-25 (84)-19	- 160-225
S45C-D	Dilunakan	20 atau kurang 21-80	65-86 60-76	(89)-27 (85)-22	- 166-238
	Tanpa dilunakan	20 atau kurang 21-80	71-91 66-81	12-30 (90)-24	- 183-253
S55C-D	Dilunakan	20 atau kurang 21-80	72-93 67-83	14-31 10-26	- 188-260
	Tanpa dilunakan	20 atau kurang 21-80	80-101 75-91	19-34 16-30	- 213-285

(Sumber: Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2002: 330)

Lampiran 10

Tabel Faktor Koreksi K_θ

$\frac{D_p - d_p}{C}$	Sudut Kontak puli kecil $\theta(^{\circ})$	Faktor Koreksi K_θ
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

(Sumber: Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 174)

Lampiran 11

Tabel Daerah Penyetelan Jarak Sumbu Poros

Nomor Nominal Sabuk	Panjang Keliling Sabuk	Ke sebelah dalam dari letak standart ΔC_t					Ke sebelah luar dari letak standart ΔC_t (umum untuk semua tipe)
		A	B	C	D	E	
11-38	280-970	20	25				25
36-60	970-1500	20	25	40			40
60-90	1500-2200	20	35	40			50
90-120	2200-3000	25	35	40			65
120-158	3000-4000	25	35	40	50		75

(Sumber: Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 174)

Lampiran 12

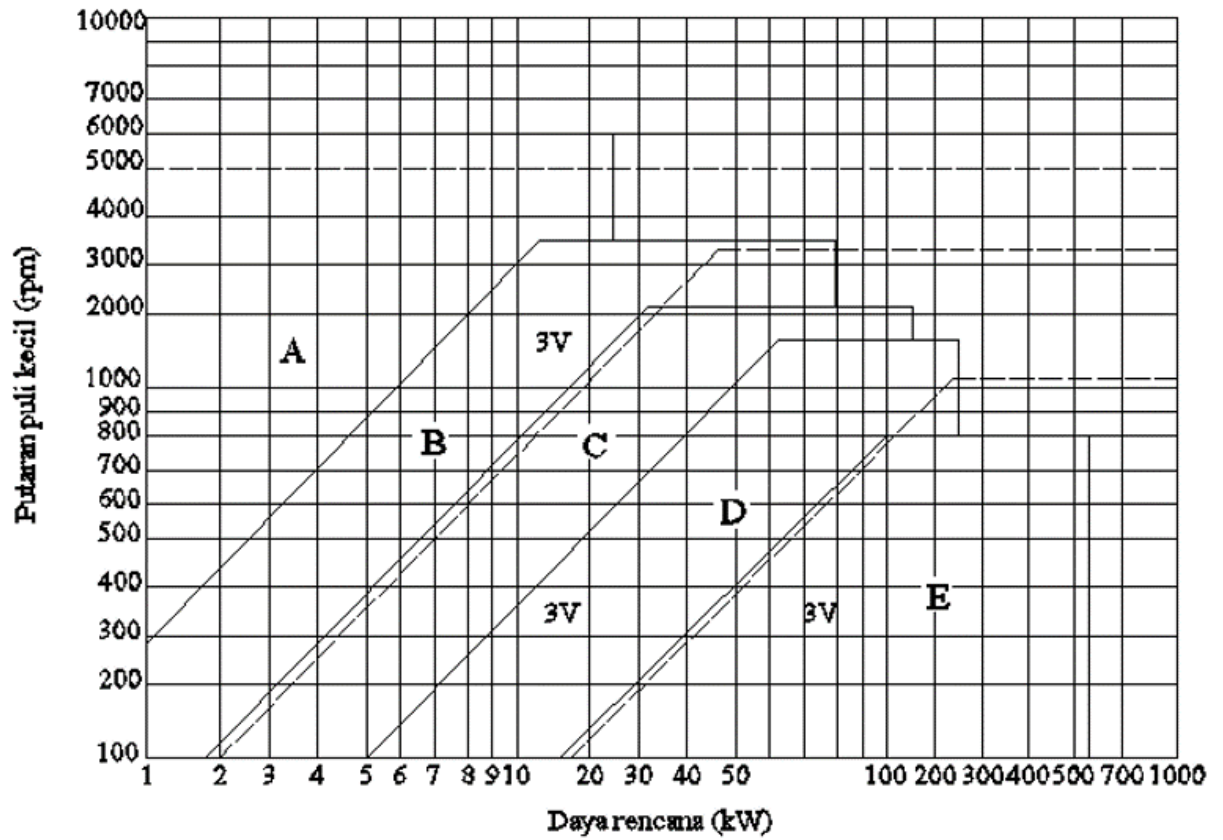
Tabel Panjang *V-belt* Standar

Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor Nominal	
(inchi)	(mm)	(inchi)	(mm)	(inchi)	(mm)	(inchi)	(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
38	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

(Sumber: Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 168)

Lampiran 13

Diagram Pemilihan V-belt



(Sumber: Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

Lampiran 14

Angka Perbandingan Transmisi yang Diijinkan

Jenis Transmisi	Macam Transmisi	i yang Disarankan	Jarak Poros Maksimum	Kecepatan Maksimum
Ban Mesin	<i>v-belt</i>	1-7	5 m	25 m/dt
	<i>flat-belt</i>	1-6	10 m	25 m/dt
Rantai	ban bergigi	1-6	2 m	25 m/dt
	rantai rol	1-7	4 m	10 m/dt
	rantai gigi	1-7	4 m	30 m/dt

(Sumber: JarwoPusito, 2004: 168)

Lampiran 15

Faktor-faktor V, X, Y, dan X₀, Y₀ Bantalan Gelinding

Jenis bantalan		Beban putar pd cincin dalam	Beban putar pada cincin luar	Baris tunggal		Baris ganda				e	Baris tunggal		Baris ganda			
				$F_a/VF_r > e$		$F_a/VF_r \leq e$					X_0	Y_0	X_0	Y_0		
				X	Y	X	Y	X	Y							
Bantalan bola alur dalam	$F_a/C_0 = 0,014$	1	1,2		2,30	1	0	0,56	2,30	0,19	0,6	0,5	0,6	0,5		
	$= 0,028$				1,99				1,90	0,22						
	$= 0,056$				1,71				1,71	0,26						
	$= 0,084$				1,55				1,55	0,28						
	$= 0,11$			0,56	1,45				1,45	0,30						
	$= 0,17$				1,31				1,31	0,34						
	$= 0,28$				1,15				1,15	0,38						
	$= 0,42$				1,04				1,04	0,42						
$= 0,56$		1,00	1,00	0,44												
Bantalan bola sudut	$\alpha = 20^\circ$	1	1,2	0,43	1,00	1	0,78	0,63	1,09	0,70	1,63	0,57	0,42	0,84		
	$= 25^\circ$			0,41	0,87				0,92	0,67	1,41	0,68	0,38	0,76		
	$= 30^\circ$			0,39	0,76				0,78	0,63	1,24	0,80	0,5	0,33	1	0,66
	$= 35^\circ$			0,37	0,66				0,66	0,60	1,07	0,95	0,29	0,58		
	$= 40^\circ$			0,35	0,57				0,55	0,57	0,93	1,14	0,26	0,52		

Untuk bantalan baris tunggal, bila $F_a/VF_r \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$

(Sumber: Sularso, 2004:135.)

Lampiran 16

Faktor-faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

(Sumber: Sularso, 2004:7.)

Lampiran 17

Harga Kekasaran dan Angka Kelas Kekasaran

Harga kekasaran R_a (μm)	Angka kelas kekasaran
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1

(Sumber: Q. Takeshi Sato, 2008:186.)

Lampiran 18

Suaian untuk Tujuan-Tujuan Umum Sistem Lubang Dasar

Lubang dasar	Lambang dan kualitas untuk poros																
	Suaian longgar					Suaian pas					Suaian paksa						
	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x
H 5						4	4	4	4	4							
H 6						5	5	5	5	5							
					6	6	6	6	6	6	6	6					
H 7				(6)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
				7	7	(7)	7	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
H 8					7		7										
				8	8		8										
				9													
H 9				8			8										
		9	9	9			9										
H 10	9	9	9														

(Sumber: Q. Takeshi Sato, 2008:130.)

Lampiran 19

Nilai Penyimpangan Lubang

Ukuran Diameter dalam mm	B		C			D			E			F			G		H				
	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7	H8	H9	H10		
6 - 10	+230	+116	+138	+62	+76	+98	+40	+47	+61	+22	+28	+35	+14	+20	+9	+15	+22	+36	+58		
	+150	+80	+80	+40	+40	+40	+25	+25	+25	+13	+13	+13	+5	+5	0	0	0	0	0		
10 - 18	+220	+138	+165	+77	+93	+120	+50	+59	+75	+27	+34	+43	+17	+24	+11	+18	+27	+43	+70		
	+150	+95	+95	+50	+50	+50	+32	+32	+32	+16	+16	+16	+16	+6	0	0	0	0	0		
18 - 30	+244	+162	+194	+98	+117	+149	+61	+73	+92	+33	+41	+53	+20	+28	+13	+21	+33	+52	+84		
	+160	+110	+101	+65	+65	+65	+40	+40	+40	+20	+20	+20	+7	+7	0	0	0	0	0		
30 - 40	+270	+182	+220	+119	+142	+180	+75	+89	+112	+41	+50	+64	+25	+34	+16	+25	+39	+62	+100		
	+170	+120	+120	+80	+60	+80	+50	+50	+50	+25	+25	+25	+9	+9	0	0	0	0	0		
40 - 50	+280	+192	+230	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+180	+130	+130	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
50 - 65	+310	+214	+260	+146	+174	+220	+90	+106	+134	+49	+60	+76	+29	+40	+19	+30	+46	+74	+120		
	+190	+140	+140	+100	+100	+100	+60	+60	+60	+30	+30	+30	+10	+10	0	0	0	0	0		
65 - 80	+320	+224	+270	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+200	+150	+150	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
80 - 100	+360	+257	+310	+174	+207	+260	+107	+126	+159	+58	+71	+90	+34	+47	+22	+35	+54	+87	+140		
	+220	+170	+170	+120	+120	+120	+72	+72	+72	+36	+36	+36	+12	+12	0	0	0	0	0		
100 - 120	+380	+267	+320	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+200	+180	+180	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
120 - 140	+420	+300	+360	+208	+245	+305	+125	+146	+185	+68	+83	+106	+39	+54	+25	+40	+63	+100	+160		
	+260	+200	+200	+145	+145	+145	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+14	+14	0	0	0	0	0		
140 - 160	+440	+310	+370	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+280	+210	+210	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
160 - 180	+470	+330	+390	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+310	+230	+230	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
180 - 200	+525	+355	+425	+242	+285	+355	+146	+172	+215	+79	+96	+122	+44	+61	+29	+46	+72	+105	+185		
	+340	+240	+240	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+15	+15	0	0	0	0	0		
200 - 225	+565	+375	+445	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+380	+260	+260	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
225 - 250	+605	+395	+465	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	+420	+280	+280	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		

(Sumber : G. Takeshi Sato, 2008:132.)

Lampiran 20

Nilai Penyimpangan Poros

Ukuran Diameter dalam mm	b		c		d		e			f			g			h					
	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g4	g5	g6	h4	h5	h6	h7	h8	h9		
6 – 10	-150	-80	-40	-40	-25	-25	-25	-13	-13	-13	-5	-5	-5	0	0	0	0	0	0		
	-186	-116	-62	-76	-47	-61	-76	-22	-28	-35	-9	-11	-14	-4	-6	-9	-15	-22	-36		
10 – 18	-150	-95	-50	-50	-32	-32	-32	-16	-16	-16	-6	-6	-6	0	0	0	0	0	0		
	-193	-138	-77	-93	-50	-59	-75	-27	-34	-43	-11	-14	-17	-5	-8	-11	-18	-27	-43		
18 – 30	-160	-110	-65	-65	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-7	-7	-7	0	0	0	0	0	0		
	-212	-162	-98	-117	-60	-71	-92	-33	-41	-53	-13	-16	-20	-6	-9	-13	-21	-33	-52		
30 – 40	-170	-120	-80	-80	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0		
	-232	-182	-119	-142	-70	-89	-112	-41	-50	-64	-16	-20	-25	-7	-11	-16	-25	-39	-62		
40 – 50	-180	-130	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	-242	-192	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
50 – 65	-190	-140	-100	-100	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-10	-10	-10	0	0	0	0	0	0		
	-261	-214	-146	-174	-90	-106	-134	-49	-60	-76	-18	-23	-29	-8	-13	-19	-30	-46	-74		
65 – 80	-200	-150	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	-274	-224	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
80 – 100	-220	-170	-120	-120	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0		
	-307	-257	-174	-207	-107	-126	-159	-58	-71	-90	-22	-27	-34	-10	-15	-22	-35	-54	-87		
100 – 120	-240	-180	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	-327	-267	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
120 – 140	-260	-200	-145	-145	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-14	-14	-14	0	0	0	0	0	0		
	-360	-300	-208	-245	-125	-148	-185	-68	-83	-106	-26	-32	-39	-12	-18	-25	-40	-63	-100		

(Sumber : G. Takeshi Sato, 2008:134.)

Lampiran 21

Tabel Harga Sf_1 dan Sf_2

Jenis bahan	Sf_1	Sf_2
Bahan SF dengan kekuatan yang dijamin	5,6	1,3 – 3,0
Bahan S-C dan baja paduan	6,0	1,3 – 3,0

(Sumber: Sularso, 2004:8.)

Lampiran 22

Tabel Faktor Keamanan

Material	Steady load	Live load	Shock load
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel	4	8	12 to 16
Soft materials and alloy	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

(Sumber : Khurmi,R.S and J.K Gupta,1982:86.)

Lampiran 23



















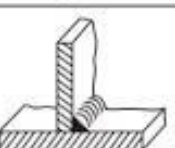



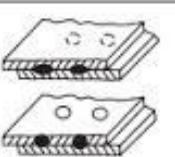

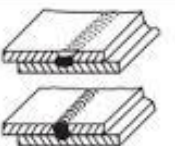

Tabel Modulus Elastisitas Bahan

BAHAN	MODULUS ELASTISITAS (E)		Modulus Elastisitas Geser (G)		Poisson's Ratio
	Ksi	GPa	Ksi	GPa	
Paduan Aluminium 2014-T6 6061-T6 7075-T6	10.000-11.400	70-79	3.800-4.300	26-30	0.33
	10.600	73	4.000	28	0.33
	10.000	70	3.800	26	0.3
	10.400	72	3.900	27	0.33
Kuningan	14.000-16.000	96-110	5.200-6.000	36-41	0.34
	14.000-17.000	96-120	5.200-6.300	36-44	0.34
Perunggu	12.000-25.000	83-170	4.600-10.000	32-69	0.2-0.3
Besi Tuang	2.500-4.500	17-31			0.1-0.2
Beton (tekan)	16.000-18.000	110-120	5.800-6.800	40-47	0.33-0.36
	7.000-12.000	48-83	2.700-5.100	19-35	0.17-0.27
Tembaga dan paduannya	6.000-6.500	41-45	2.200-2.400	15-17	0.35
Paduan Magnesium	25.000	170	9.500	66	0.32
Monel (67% Ni, 30% Cu)	30.000	210	11.400	80	0.31
Nikel					
Plastik					
Nilon	300-500	2.1-3.4			0.4
	100-200	0.7-1.4			0.4
Poliestilin					
Batu (tekan)					
Granit, Marmer	6.000-14.000	40-100			0.2-0.3
	3.000-10.000	20-70			0.2-0.3
Kuarsa, Sandstone	0.1-0.6	0.0007-0.004	0.03-0.2	0.0002-0.001	0.45-0.50
	28.000-30.000	190-210	10.800-11.800	75-80	0.27-0.30
Paduan Titanium	15.000-17.000	100-120	5.600-6.400	39-44	0.33
	50.000-55.000	340-380	21.000-23.000	140-160	0.2
Tungsten					
Kayu (bengkok)					
Douglas fir	1.600-1.900	11-13			
	1.600-1.800	11-12			
Oak	1.600-2.000	11-14			
Southern pine					

(Sumber. Gere dan Timoshenko.2000.462)

Lampiran 24

Lambang-Lambang Las

No.	Designation	Illustration	Symbol
1.	Butt weld between plates with raised edges (the raised edges being melted down completely)		
2.	Square butt weld		
3.	Single-V butt weld		
4.	Single-bevel butt weld		
5.	Single-V butt weld with broad root face		
6.	Single-bevel butt weld with broad root face		
7.	Single-U butt weld (parallel or sloping sides)		
8.	Single-U butt weld		
9.	Backing run; back or backing weld		
10.	Fillet weld		
11.	Plug weld; plug or slot weld		
12.	Spot weld		
13.	Seam weld		

(Sumber : G. Takeshi Sato, 2008:238)

Lampiran . Lanjutan

Pengelasan		Benda	Penunjukan
Las alur U	Dalam alur 27 mm		
Las alur tirus ganda	Kedua sisi		
Las alur tirus	Sisi sebelah atau sisi jauh		
Las kontinyu	Sudut satu sisi tebal las 6 mm		
Las sudut kontinyu	Kedua sisi tebal las 6 mm		
Las sudut tidak kontinyu	Las sudut tidak kontinyu (Zig-zag) Tebal las 6 mm Panjang las 50 mm Jarak antara 300 mm		
Las titik	Pada sisi panah atau sisi dekat, dipergunakan kawat las pipih		
Gabungan lambung-lambung dasar	Sambungan las tirus ganda dengan las sudut		
	Sambungan las tirus dan las sudut		

(Sumber : G. Takeshi Sato, 2008:238)

Lampiran 25

Allowable Static Stress

<i>Material</i>	<i>Allowable static stress (σ_s) MPa or N/mm²</i>
Cast iron, ordinary	56
Cast iron, medium grade	70
Cast iron, highest grade	105
Cast steel, untreated	140
Cast steel, heat treated	196
Forged carbon steel-case hardened	126
Forged carbon steel-untreated	140 to 210
Forged carbon steel-heat treated	210 to 245
Alloy steel-case hardened	350
Alloy steel-heat treated	455 to 472
Phosphor bronze	84
<i>Non-metallic materials</i>	
Rawhide, fabroil	42
Bakelite, Micarta, Celoron	56

(Khurmi, R.S., 2005).

