

**PERANCANGAN DAN SIMULASI *BELT CONVEYOR* UNTUK
MENGANGKUT BIOMASSA SERBUK KAYU SEBAGAI
CAMPURAN BATUBARA UNTUK PEMBAKARAN PADA
BOILER DENGAN KAPASITAS 16,7 TON/JAM**



**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Program Strata-1 (S1)
Pada Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun Oleh :

BILLY TAYMIYA JUNIANTA

3331170015

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN**

2023

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN SIMULASI *BELT CONVEYOR* UNTUK MENGANGKUT BIOMASSA SERBUK KAYU SEBAGAI CAMPURAN BATUBARA UNTUK PEMBAKARAN PADA *BOILER* DENGAN KAPASITAS 16,7 TON/JAM

Dipersiapkan dan disusun oleh:

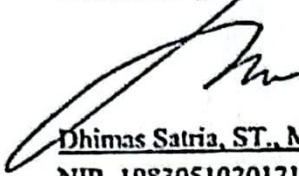
Billy Taymiya Junianta

3331170015

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

pada tanggal, 26 Juli 2023

Pembimbing Utama



Dhimas Satria, ST., M.Eng.
NIP. 198305102012121006



Ipick Setiawan, ST., M.Eng.
NIP. 197705012003121001

Anggota Dewan Penguji



Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP. 197312182005011001



Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001



Dhimas Satria, ST., M.Eng.
NIP. 198305102012121006



Ipick Setiawan, ST., M.Eng.
NIP. 197705012003121001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Billy Taymiya Junianta

NPM : 3331170015

Judul : Perancangan dan Simulasi *Belt Conveyor* untuk Mengangkut Biomassa Serbuk Kayu sebagai Campuran Batubara untuk Pembakaran pada *Boiler* dengan Kapasitas 16,7 Ton/Jam

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 26 Juli 2023



Billy Taymiya Junianta

NPM. 3331170015

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur tercurah limpahkan kepada sang pemegang alam Allah SWT karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala kelebihan dan kekurangannya. Tugas akhir yang berjudul “Perancangan dan Simulasi *Belt Conveyor* untuk Mengangkut Biomassa Serbuk Kayu sebagai Campuran Batubara untuk Pembakaran pada *Boiler* dengan Kapasitas 16,7 Ton/Jam” merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan masa perkuliahan pada S1 jurusan teknik mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak sehingga segala bentuk kesulitan yang terjadi dapat diminimalisir. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sekaligus pembimbing akademik dan selaku dosen pembimbing I. Terima kasih atas segala ilmu, bantuan dan bimbingan yang telah diberikan selama penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Ipick Setiawan, S.T., M.Eng. selaku dosen Pembimbing II. Terima kasih atas segala ilmu, bantuan dan bimbingan yang telah diberikan selama penulisan tugas akhir ini.
3. Ibu Miftahul Jannah, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang tidak bisa disebutkan Namanya satu per satu. Terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan.
5. Keluarga Teknik Mesin 2017. Terima kasih atas segala manis pahit kehidupan yang telah diberikan selama tahun-tahun perkuliahan.
6. Seluruh Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Mesin FT. Untirta. Terima kasih atas jerih payahnya untuk menjaga kebersamaan selama ini.

7. Kedua Orang Tua, Prilyono Sugiharto dan Jumiatin. Terima kasih atas segala kasih sayang, perjuangan serta do'a yang tidak pernah terputus yang penulis tidak akan sanggup membayarnya sampai kapanpun.
8. Nurbaety Septiana, yang selalu memberi dukungan, membantu, memotivasi dan memberi semangat dalam penelitian ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari akan lemah dan kurangnya tulisan ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, Juli 2023

Penulis

ABSTRAK

Perancangan dan Simulasi

***Belt Conveyor* untuk Mengangkut Biomassa Serbuk Kayu sebagai Campuran Batubara untuk Pembakaran pada Boiler dengan Kapasitas 16,7 Ton/Jam**

Disusun oleh:

BILLY TAYMIYA JUNIANTA

NIM. 3331170015

Pada saat ini pemerintah sedang fokus terhadap energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang menjadi konsentrasi pemerintah di dalam sektor pembangkit saat ini sekaligus mempercepat rencana target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 adalah penggunaan biomassa untuk PLTU. Maka dari itu, dalam konteks PLTU dengan bahan bakar batubara dan biomassa itu merupakan praktik yang umum dilakukan, namun tantangannya adalah untuk mengangkut biomassa menuju tempat pencampurannya dengan batubara dikarenakan terdapat perbedaan ketinggian yang signifikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai spesifikasi dari masing-masing komponen pada desain *belt conveyor*, varian terbaik, merancang dan mensimulasikan dan rancangan yang aman. Dari proses perancangan didapat varian terbaik yaitu 5 buah *support* pada rangka, tipe *belt conveyor* yang digunakan yaitu tipe *troughed*, lebar *belt conveyor* yang sesuai adalah 500 mm, dan tipe *belt* yang digunakan adalah *chevron belt*. Lalu, perancangan gambar teknik dapat dilihat pada *Lampiran A*. Kemudian hasil simulasi statik pada perancangan rangka dan poros dapat dikatakan aman dengan nilai faktor keamanan berturut-turut sebesar 3 dan 1,125. Sedangkan, apabila dilakukan perhitungan dengan metode *Hibbeler* pada rangka adalah 2,25. Kemudian, hasil simulasi *stress* juga menunjukkan angka 20,8323 MPa dan 62,4965 MPa, simulasi *displacement* juga menunjukkan tidak ada pembengkokan pada rangka dan angkanya 0 mm.

Kata Kunci: *belt conveyor*, perancangan, simulasi, *stress*

ABSTRACT

Design and Simulation

Belt Conveyor for Transporting Wood Powder Biomass as a Coal Mixture for Combustion in Boilers with a Capacity of 16.7 Tons/Hour

Created by:

BILLY TAYMIYA JUNIANTA

NIM. 3331170015

Currently, the government is focusing on renewable energy. One of the renewable energies that the government concentrate in the generation sector at the moment while accelerating the Net Zero Emission target plan by 2060 is the use of biomass for steam power plant. Therefore, in the context of coal-fired and biomass-fired power plants, it is common practice, but the challenge is to transport biomass to the place where it is mixed with coal because there is a significant difference in altitude. The purpose of this research is to obtain the specification value of each component in the belt conveyor design, the best variant, design and simulate and safe design. From the design process, the best variant is obtained, namely 5 supports on the frame, the type of conveyor belt used is the troughed type, the appropriate conveyor belt width is 500 mm, and the type of belt used is chevron belt. Then, the design of engineering drawings can be seen in Appendix A. Then the results of static simulations on the design of the frame and shaft can be said to be safe with a safety factor value of 3 and 1.125, respectively. Meanwhile, when calculating with the Hibbeler method on the frame is 2.25. Then, the stress simulation results also show the numbers 20.8323 MPa and 62.4965 MPa, the displacement simulation also shows no bending of the frame and the number is 0 mm.

Keywords: belt conveyor, design, simulation, stress

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. <i>State of Art</i>	6
2.2. Definisi Alat Pemindah Bahan	7
2.3. Komponen-komponen pada Alat Penghantar Biomassa	7
2.3.1 Motor Penggerak	7
2.3.2 <i>Belt Conveyor</i>	8
2.3.2.1 Komponen-komponen pada <i>Belt Conveyor</i>	8
2.3.2.2 Macam-macam <i>Belt Conveyor</i>	10
2.3.2.3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Belt Conveyor</i>	12
2.3.3 Poros	12
2.3.4 Pasak	13
2.4. Statika Struktur	15
2.5. Macam-macam Struktur	15
2.5.1 Struktur Batang (Balok dan Kolom)	15

2.5.2 Struktur Dinding dan Pelat Datar	16
2.5.3 Struktur Rangka Batang (<i>Truss</i>).....	17
2.5.4 Struktur Rangka	17
2.5.5 Struktur Cangkang	18
2.5.6 Struktur Kabel	19
2.5.7 Struktur Pelengkung.....	19
2.5.8 Struktur Membran, Tenda dan Jaring	20
2.6. Pembebanan pada Statika Struktur.....	20
2.6.1 Beban Mati	20
2.6.2 Beban Gempa	20
2.6.3 Beban Angin	21
2.6.4 Beban Hidup	21
2.7. <i>Safety Factor</i>	21
2.7.1 Parameter dalam <i>Safety Factor</i>	21
2.7.2 Nilai Faktor Keamanan	22
2.8 <i>Angle of Surcharge</i>	23
2.9 <i>Angle of Repose</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Diagram Alir Penelitian	26
3.2. Alat dan Bahan.....	27
3.3. Prosedur Penelitian.....	28
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.5. Penentuan <i>Requirement List</i>	30
3.6. Penentuan Skala Prioritas.....	32
3.7. Penentuan <i>House of Quality (HOQ)</i>	32
3.8. Penentuan Spesifikasi Alat yang dibutuhkan <i>Customer</i>	34
3.9. Penentuan Varian Terbaik.....	34
3.10. Perancangan <i>Belt Conveyor</i> untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara	39
3.11. Pembuatan Gambar Detail	39
3.12. Simulasi dan Pengujian <i>Belt Conveyor</i> untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara	40

BAB IV DATA DAN ANALISA	41
4.1. Pemilihan Material <i>Belt</i> pada <i>Belt Conveyor</i> untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara.....	41
4.1.1. <i>Translation</i>	41
4.1.2. <i>Screening</i>	42
4.1.3. <i>Ranking</i>	45
4.1.4. Informasi Pendukung	46
4.2. Pemilihan Material Rangka pada <i>Belt Conveyor</i> untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara	47
4.2.1. <i>Translation</i>	47
4.2.2. <i>Screening</i>	47
4.2.3. <i>Ranking</i>	48
4.2.4. Informasi Pendukung	49
4.3. Perancangan Sistem <i>Belt Conveyor</i>	50
4.3.1. Rangka.....	51
4.3.2. <i>Chevron Belt</i>	52
4.3.3. <i>Return Roller</i>	52
4.3.4. Sistem Motor Penggerak	53
4.3.5. <i>Hopper</i>	53
4.3.6. <i>Carrying Idler 1/Troughed Idler 1</i>	54
4.3.7. <i>Carrying Idler 2/Troughed Idler 2</i>	54
4.4. Simulasi dan Perhitungan Beban yang Bekerja	54
4.4.1. <i>Mass Properties</i>	56
4.4.1.1. Rangka.....	56
4.4.1.2. <i>Chevron Belt</i>	58
4.4.1.3. Motor Penggerak beserta Transmisi.....	59
4.4.1.4. <i>Hopper</i>	61
4.4.1.5. <i>Carrying Idler 1/Troughed Idler 1</i>	63
4.4.1.6. <i>Carrying Idler 2/Troughed Idler 2</i>	64
4.4.1.7. <i>Return Roller</i>	66
4.4.1.8. <i>Head dan Tail Pulley</i>	67

4.4.2.	Menghitung Beban yang Akan Bekerja pada Simulasi per Satu Kali <i>Belt Conveyor</i> Berjalan.....	70
4.4.3.	Menghitung Pembuktian Kecepatan dari Tabel Rekomendasi berdasarkan Nilai Putaran	71
4.4.4.	Hasil Simulasi Pembebanan Statis pada Sistem <i>Belt Conveyor</i> ...	71
4.4.4.1.	Hasil Simulasi Tegangan (<i>Stress</i>).....	71
4.4.4.2.	Hasil Simulasi <i>Displacement</i>	73
4.4.4.3.	Hasil Simulasi Regangan (<i>Strain</i>).....	74
4.4.4.4.	Hasil Simulasi <i>Safety Factor</i>	76
4.4.5.	Hasil Simulasi Pembebanan Puntir pada Poros	76
4.4.5.1.	Hasil Simulasi Tegangan (<i>Stress</i>).....	77
4.4.5.2.	Hasil Simulasi <i>Displacement</i>	77
4.5.	Menghitung Kebutuhan <i>Belt Conveyor</i>	78
4.5.1	Menghitung Panjang Hypotenusa dan Sudut Kemiringan dari <i>Belt Conveyor</i>	83
4.5.2	Menentukan Lebar <i>Belt</i> dan Lebar <i>Pulley</i>	84
4.5.3	Menentukan Diameter <i>Roller Idlers</i>	85
4.5.4	Menentukan Lebar Permukaan <i>Pulley</i>	85
4.5.5	Menentukan Diameter <i>Pulley</i> pada <i>Belt Conveyor</i>	86
4.5.6	Menentukan Diameter untuk <i>Ball Bearing</i>	87
4.5.7	Menentukan Ukuran Pasak Berdasarkan Diameter Poros.....	88
4.5.8	Menentukan Beban Penampang Melintang (ft^2).....	90
4.5.9	Menghitung Berat Material di Sepanjang <i>Belt Conveyor</i>	90
4.5.10	Menentukan Jarak Normal antara <i>Belt Idlers</i> (<i>Si</i>).....	91
4.5.11	Menghitung Massa Material yang akan diangkut Sepanjang <i>Belt Conveyor</i>	91
4.5.12	Menghitung Tegangan <i>Belt</i> Efektif (T_e).....	92
4.5.13	Menghitung Daya Motor Listrik yang Dibutuhkan.....	96
4.5.14	Menghitung Torsi Motor Listrik dan Diameter Poros.....	97
4.5.15	Menghitung Slip pada <i>Belt Conveyor</i>	98
4.5.16	Menghitung Struktur Rangka	99
4.5.1.1	Batang 1.....	100

4.5.1.2 Batang 2.....	107
4.6. Analisa Hasil Pengujian.....	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	108
5.1. Kesimpulan.....	108
5.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen-komponen pada <i>Belt Conveyor</i>	8
Gambar 2.2 <i>Belt Conveyor</i>	10
Gambar 2.3 <i>Flat Belt Conveyor</i>	11
Gambar 2.4 <i>Troughed Belt Conveyor</i>	11
Gambar 2.5 <i>Closed Belt Conveyor</i>	11
Gambar 2.6 Poros.....	12
Gambar 2.7 Pasak.....	13
Gambar 2.8 Menentukan Kedalaman Chordal dan Poros Kunci.....	14
Gambar 2.9 Struktur Batang (Balok dan Kolom).....	16
Gambar 2.10 Struktur Pelat Datar	16
Gambar 2.11 Struktur Dinding	16
Gambar 2.12 Struktur Rangka Batang (<i>Truss</i>).....	17
Gambar 2.13 Struktur Rangka.....	18
Gambar 2.14 Struktur Cangkang.....	18
Gambar 2.15 Struktur Kabel.....	19
Gambar 2.16 Struktur Pelengkung.....	19
Gambar 2.17 Struktur Membran, Tenda dan Jaring	20
Gambar 2.18 Simulasi <i>Safety Factor</i>	22
Gambar 2.19 <i>Angle of Repose</i> dan <i>Angle of Surcharge</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Tampak Atas Jalur yang akan dipasang <i>Belt Conveyor</i>	30
Gambar 4.1 Pemilihan Material Rangka	48
Gambar 4.2 Rancangan <i>Belt Conveyor</i>	51
Gambar 4.3 Rangka.....	51
Gambar 4.4 <i>Chevron Belt</i>	52
Gambar 4.5 <i>Return Roller</i>	52
Gambar 4.6 Sistem Motor Penggerak.....	53
Gambar 4.7 <i>Hopper</i>	53
Gambar 4.8 Carrying Idler 1/ <i>Troughed Idler 1</i>	54
Gambar 4.9 Carrying Idler 2/ <i>Troughed Idler 2</i>	54

Gambar 4.10 Titik Penahan (<i>Fixed Support</i>) pada Simulasi <i>Belt Conveyor</i>	55
Gambar 4.11 Pembebanan yang dilakukan di atas <i>belt</i> pada Simulasi <i>Belt Conveyor</i>	56
Gambar 4.12 Rangka <i>Belt Conveyor</i>	57
Gambar 4.13 <i>Mass Properties</i> dari Rangka <i>Belt Conveyor</i>	57
Gambar 4.14 <i>Chevron Belt</i>	58
Gambar 4.15 <i>Mass Properties Belt</i>	59
Gambar 4.16 Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa <i>Pulley</i>	60
Gambar 4.17 <i>Mass Properties</i> Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa <i>Pulley</i>	61
Gambar 4.18 <i>Hopper</i>	62
Gambar 4.19 <i>Mass Properties Hopper</i>	62
Gambar 4.20 <i>Carrying Idler 1/Troughed Roller 1</i>	63
Gambar 4.21 <i>Mass Properties Carrying Idler/Troughed Roller 1</i>	64
Gambar 4.22 <i>Carrying Idler 2/Troughed Roller 2</i>	65
Gambar 4.23 <i>Mass Properties</i> dari <i>Troughed Roller 2</i>	65
Gambar 4.24 <i>Return Roller</i>	66
Gambar 4.25 <i>Mass Properties</i> dari <i>Return Roller</i>	67
Gambar 4.26 <i>Tail Pulley</i>	68
Gambar 4.27 <i>Mass Properties</i> dari <i>Tail Pulley</i>	68
Gambar 4.28 <i>Head Pulley</i>	69
Gambar 4.29 <i>Mass Properties</i> dari <i>Head Pulley</i>	69
Gambar 4.30 Hasil Distribusi Tegangan pada Sistem <i>Belt Conveyor</i>	72
Gambar 4.31 Hasil Simulasi <i>Displacement</i>	73
Gambar 4.32 Hasil Simulasi Regangan pada Sistem <i>Belt Conveyor</i>	75
Gambar 4.33 <i>Safety Factor</i>	76
Gambar 4.34 Hasil Distribusi Tegangan pada Poros	77
Gambar 4.35 Hasil Simulasi <i>Displacement</i>	77
Gambar 4.36 Menghitung Sudut Kemiringan dan Panjang Hypotenusa <i>Belt Conveyor</i>	83
Gambar 4.37 Menentukan Lebar Belt berdasarkan Kecepatan <i>Belt Conveyor</i> dan Kapasitasnya	84

Gambar 4.38 Bagian-bagian pada <i>Belt Conveyor Pulley</i>	87
Gambar 4.39 Menentukan Kedalaman <i>Chordal</i> dan Poros Kunci	89
Gambar 4.40 Grafik Faktor Koreksi Temperatur Lingkungan	92
Gambar 4.41 Grafik untuk Mencari Nilai T_{ac}	94
Gambar 4.42 Posisi Beban Kritis.....	99
Gambar 4.43 Diagram Benda Bebas Batang 1.....	101
Gambar 4.44 Potongan pada Batang 1.....	102
Gambar 4.45 Potongan 1 pada Batang 1.....	102
Gambar 4.46 Potongan 2 pada Batang 1.....	103
Gambar 4.47 Potongan 3 pada Batang 1.....	103
Gambar 4.48 Potongan 4 pada Batang 1.....	104
Gambar 4.49 Potongan 5 pada Batang 1.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Penyesuaian Ukuran Pasak berdasarkan Diameter Poros.....	14
Tabel 2.2 Nilai Faktor Keamanan Berdasarkan Material	22
Tabel 2.3 Menentukan <i>Angle of Surcharge</i> dan <i>Angle of Repose</i> dari Material yang Akan Dialirkan Melalui <i>Belt Conveyor</i>	24
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	29
Tabel 3.2 <i>Requirement List Belt Conveyor</i> Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara.....	31
Tabel 3.3 Skala Prioritas Harapan (<i>Wishes</i>) <i>Belt Conveyor</i> Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara.....	32
Tabel 3.4 <i>House of Quality</i> (HOQ) <i>Belt Conveyor</i> Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara.....	33
Tabel 3.5 Varian <i>Belt Conveyor</i> Untuk Pengangkut Biomassa Sebagai Campuran Batubara Pembakaran pada Boiler.....	35
Tabel 3.6 Kombinasi Varian <i>Belt Conveyor</i> untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara Pembakaran pada Boiler.....	35
Tabel 3.7 Solusi Varian Terbaik <i>Belt Conveyor</i>	37
Tabel 4.1 <i>Material Properties</i> pada Dua <i>Grade Belt</i> dari <i>Rubber Manufacturers Association</i> (RMA).....	43
Tabel 4.2 Penjelasan Kelebihan-kelebihan dari Berbagai Macam Material <i>Belt</i> yang digunakan pada <i>Belt Conveyor</i>	43
Tabel 4.3 Kandidat Material untuk <i>Belt</i>	45
Tabel 4.4 Ketebalan Minimal <i>Belt</i> yang Direkomendasikan untuk Mengangkut Bahan pada <i>Belt Conveyor</i> pada Kondisi normal – <i>Medium Oil Resistant</i>	46
Tabel 4.5 Kandidat Material untuk Rangka.....	49
Tabel 4.6 <i>Material Properties Baja Karbon Medium</i>	50
Tabel 4.7 Menentukan <i>Angle of Surcharge</i> dan <i>Angle of Repose</i> dari Material yang Akan Dialirkan Melalui <i>Belt Conveyor</i>	78
Tabel 4.8 Karakteristik Material serta Kode Materialnya	79

Tabel 4.9 Menentukan Berat Rata-rata Material, <i>Angle of Repose</i> dan Sudut Ketinggian Maksimum	81
Tabel 4.10 Profil Biomassa Serbuk Kayu.....	82
Tabel 4.11 Menentukan Rekomendasi Kecepatan <i>Belt Conveyor</i> yang Disarankan.....	82
Tabel 4.12 Menentukan Rekomendasi Besarnya Diameter <i>Roller Idlers</i>	85
Tabel 4.13 Menentukan Diameter <i>Pulley</i> dan Besaran Lubang Maksimum Berdasarkan Lebar <i>Belt</i> dan Lebar <i>Permukaan Pulley</i>	87
Tabel 4.14 Menentukan Diameter untuk <i>Ball Bearing</i> pada Poros	88
Tabel 4.15 Menentukan Ukuran Pasak berdasarkan Diameter Poros	88
Tabel 4.16 Menentukan Beban Penampang Melintang.....	90
Tabel 4.17 Menentukan Jarak antara <i>Belt Idlers</i>	91
Tabel 4.18 Perkiraan Berat <i>Belt</i> Rata-rata.....	93
Tabel 4.19 Nilai Faktor daya pendukung yang digunakan untuk menghitung kombinasi resistansi pada <i>belt</i> dan resistensi beban untuk melentur saat <i>belt</i> dan beban bergerak di atas <i>idlers</i>	93
Tabel 4.20 Nilai Referensi Faktor K_y untuk diinterpolasi Ketika Digunakan sebagai Jarak antara <i>Idler</i> Pembawa Material di <i>Belt Conveyor</i>	94
Tabel 4.21 Nilai Tegangan <i>Belt</i> untuk Memutar <i>Pulley</i>	95
Tabel 4.22 Persentase Penambahan Daya pada <i>Belt Conveyor</i> yang Bekerja ditanjakan	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Gambar Teknik.....	108
Lampiran B Tabel <i>Bearing</i>	122
Lampiran C Material Properties <i>Medium Carbon Steel</i>	123

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalannya waktu, perkembangan teknologi di bidang pembangkit semakin terarah dan maju, yang dimana pada saat ini pemerintah sedang fokus terhadap energi terbarukan. Menurut siaran pers kementerian energi dan sumber daya mineral nomor 324 tahun 2022, Salah satu energi terbarukan yang menjadi konsentrasi pemerintah di dalam sektor pembangkit saat ini sekaligus mempercepat rencana target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 adalah penggunaan biomassa untuk PLTU, penggunaan biomassa sebagai sumber bahan bakar telah mendapatkan popularitas dalam beberapa tahun terakhir karena sangat bermanfaat untuk lingkungan dan berpotensi untuk menghemat biaya, dimana seperti kita tahu penggunaan batu bara sebagai media bahan bakar untuk menghasilkan energi di pembangkit listrik adalah salah satu penyumbang polusi udara selama ini. (Ida, 2007), dan pemerintah saat ini sangat berkonsentrasi untuk mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh batubara. Maka dari itu berdasarkan judul yang dipilih, dalam konteks pembangkit listrik bertenaga uap dengan bahan bakar batubara dan biomassa itu merupakan praktik yang umum dilakukan, namun tantangannya adalah untuk mengangkut biomassa menuju tempat pencampurannya dengan batubara dikarenakan terdapat perbedaan ketinggian yang signifikan antara tempat *unloading* biomassa dan tempat pencampurannya.

Conveyor merupakan sebuah mesin yang umum digunakan pada industri, salah satunya industri yang menggunakan *conveyor* ini adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), yang dimana *Conveyor* ini biasanya digunakan untuk memindahkan batubara dari kapal menuju boiler menggunakan truk untuk dilakukan proses pembakaran yang menghasilkan energi untuk membuat PLTU bekerja. Salah satu jenis *Conveyor* digunakan pada industri yaitu jenis *Belt Conveyor*, dimana menurut (Dedi Suryadi, 2018), mempunyai banyak kelebihan dari pada jenis-jenis *conveyor* lainnya.

Biomassa serbuk kayu ini merupakan limbah organik yang berasal dari pengolahan dan eksploitasi material kayu. Biomassa serbuk kayu ini dijadikan sebagai sumber energi untuk memenuhi berbagai kebutuhan menjadi sangat menarik sebab biomassa ini tersedia menjadi energi terbarukan. Biomassa ini sangat berbeda dengan batubara, memiliki bentuk dan ukuran yang tidak seragam. Kepadatan, ukuran partikel dan kadar airnya dapat mempengaruhi karakteristik alirannya pada *belt conveyor* selama proses pengangkutan. Maka dari itu, hal ini dapat menjadi tantangan tersendiri untuk mendesain *belt conveyor* untuk mengangkut biomassa serbuk kayu secara efektif sebagai campuran batubara hasil pembakaran di dalam boiler berkapasitas 16,7 ton/jam. Desain *belt conveyor* ini harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti karakteristik material, tata letaknya, persyaratan khusus dari sistem PLTU nya, potensi terjadinya penumpukan material di dalam *belt conveyor*, yang dapat menyebabkan *belt conveyor* mengalami kerusakan. *Belt conveyor* ini juga harus dirancang untuk menangani potensi kebakaran atau ledakan. Desain yang berhasil akan menghasilkan sistem *belt conveyor* yang efektif dan aman untuk mengangkut biomassa ke tempat pencampuran dengan batubara. (Adegoke, 2022)

Berdasarkan permasalahan diatas penulis mempunyai gagasan ide untuk merancang *belt conveyor* sebagai media untuk memindahkan biomassa dari tempat penampungan dengan rute transfer *belt conveyor* terletak sepanjang 31,02 m dengan kapasitas 16,7 ton/jam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin *belt conveyor* untuk mengangkut batubara dan biomassa serbuk kayu sebagai campuran pembakaran pada boiler dengan kapasitas 16,7 ton/jam?
2. Bagaimana hasil simulasi pembebanan statik dan beban bergerak di jalur *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa serbuk kayu sebagai

campuran batubara pembakaran pada boiler dengan target kapasitas 16,7 ton/jam ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai spesifikasi dari masing-masing komponen pada desain *belt conveyor* untuk pengangkut campuran batubara pembakaran pada boiler dengan target kapasitas 16,7 ton/jam.
2. Mendapatkan varian terbaik dari perancangan *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa serbuk kayu sebagai campuran batubara pembakaran pada boiler dengan kapasitas 16,7 ton/jam.
3. Merancang dan mensimulasikan mesin *belt conveyor* dengan kapasitas 16,7 ton dengan jalur sepanjang 31,02 m.
4. Bagaimana caranya agar sistem *belt conveyor* ini memiliki nilai *safety factor* yang dinilai aman.

1.4 Batasan Masalah

Melihat luasnya ruang lingkup bahasan tentang perancangan alat penghantar biomassa untuk campuran pembakaran pada boiler ini, maka batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Menggunakan *belt conveyor* berkapasitas 16,7 ton/jam.
2. Panjang jalur untuk *belt conveyor* yang disediakan adalah 31,02 meter.
3. Tinggi *belt conveyornya* 8 meter.
4. Kondisi pengoperasiannya berada di luar ruangan yaitu dari tempat penumpukan batubara sampai dengan tempat pencampuran antara batubara dan biomassa.
5. Komponen mesin yang direncanakan dan dihitung pada penelitian ini yaitu *belt*, poros, bearing, *troughed idler*, *return roller*, sistem motor penggerak dan rangka.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjawab dari berbagai permasalahan yang telah dijelaskan di latar belakang di atas :

1. Dapat menjadi referensi tersendiri untuk pembaca dalam mendesain sebuah *belt conveyor* dengan kapasitas 16,7 ton/ jam dan sebagai pengangkut biomassa serbuk kayu
2. Dapat membantu perusahaan untuk mempermudah mengaliri biomassa serbuk kayu secara otomatis menuju tempat pencampuran.
3. Dapat menerapkan pengetahuan yang sudah dipelajari selama pembelajaran di bangku kuliah untuk diaplikasikan pada permasalahan yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini, susunan penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori pendukung penelitian seperti *state of art*, definisi alat pemindah bahan, komponen pada *belt conveyor*, statika struktur, macam-macam struktur, pembebanan, *safety factor*, *angle of surcharge*, dan *angle of repose*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, tempat dan waktu penelitian, penentuan *requirement list*, penentuan skala prioritas, penentuan *house of quality (HOQ)*, penentuan spesifikasi alat yang dibutuhkan customer, penentuan varian terbaik, perancangan *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara, pembuatan gambar detail, dan simulasi dan pengujian *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang menghitung kebutuhan *belt conveyor*, pemilihan material *belt* pada *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara, perancangan sistem *belt conveyor*, simulasi dan perhitungan beban yang bekerja dan terakhir ada analisa hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 State of the Art

Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan berbagai penelitian terdahulu sebagai pedoman. Penelitian ini dilatar belakangi oleh penelitian yang dilakukan oleh (Cahyadi, et al., 2015), yaitu melakukan perancangan *belt conveyor* alat bantu angkut kertas yang kuat, kokoh, aman dan efisien sehingga proses mobilitas produk kertas dapat berjalan dengan lancar. Hasil penelitian ini menghasilkan lebar belt 800 mm dan dengan panjang lintasan 50 m.

Selanjutnya, pada penelitian (Aosoby, 2016) melakukan perancangan *belt conveyor* sebagai pengangkut batubara dengan kapasitas 2700 ton/jam. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi *belt conveyor* tidak menyerap menyerap air (low higroscopicity), memiliki kekuatan tinggi, ringan, fleksibilitas tinggi, lapisan tidak mudah lepas dan tahan lama. Di dalam menentukan lapisan *belt conveyor* dapat ditentukan dengan lebar *belt conveyor* yang digunakan. *Belt* yang digunakan berjenis *belt* datar berbahan dasar karet dan katun yang menutupi rangka kawat baja dan terdiri dari beberapa lapisan, mempunyai panjang 500 m, lebar 1500 mm, dan tebal 10 mm. *Roller* bagian atas dengan lebar 820 mm dan berdiameter 194 mm, dan kemudian motor penggeraknya membutuhkan daya 10 hp.

Lalu, penelitian selanjutnya berasal dari penelitian (Silaen, 2021) yang melakukan perancangan *belt conveyor* sebagai alat pengangkut pada pabrik karet dengan kapasitas 6 ton/jam. Hasil penelitian ini menghasilkan lebar *belt* yang direncanakan adalah ($L = 800$ mm) dan panjang keseluruhan ($L_s = 24$ m). Dimana ban berjalan dengan didorong oleh katrol yang lebarnya 900 mm, diameter *pulley* yang direncanakan adalah ($D_p = 625$ mm), putaran puli penggerak ($n = 24,45$ rpm), motor listrik sebagai penggerak awal untuk menggerakkan mesin ban berjalan untuk menggerakkan katrol digunakan motor dengan momen puntir ($T = 12906$ kg/m).

2.2 Definisi Alat Pemindah Bahan

Alat pemindah bahan merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan bahan yang dibutuhkan di pabrik sebelum diproses, dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lainnya yang tempatnya tidak terlalu jauh, misalnya mulai dari tempat penumpukan bahan, tempat pembongkaran muatan, lokasi konstruksi menuju ke tempat produksi ataupun tempat pemrosesan bahan baku menjadi barang jadi. Alat pemindah bahan ini hanya memindahkan muatan dalam jumlah besar dan dengan jarak yang sudah ditentukan dengan arah perpindahan bahal secara horizontal, vertikal maupun gabungan keduanya.

Alat pemindah bahan digunakan untuk mendistribusikan bahan ke seluruh tempat atau titik di dalam pabrik, memindahkan bahan dari proses bahan baku hingga menjadi produk jadi ketempat produk yang akan dimuat, kemudian memindahkan limbah produksi dari tempat produksi menuju ke tempat pemuatan limbah pabrik. Kemudian, terdapat *belt conveyor* pengangkat dan *belt conveyor* pengangkut yang digunakan untuk memindahkan bahan atau limbah pabrik pada areal pembangunan, pergudangan pertambangan dan tempat-tempat penampungan atau ke alat transportasi untuk kemudian diangkut menuju ke tempat daur ulang ataupun dibuang. Untuk operasi bongkar muat dari alat transportasi, mekanisme alat pemindah bahan dilengkapi dengan alat pemegang khusus yang dioperasikan oleh mesin bantu atau secara manual. (Recki, 2016)

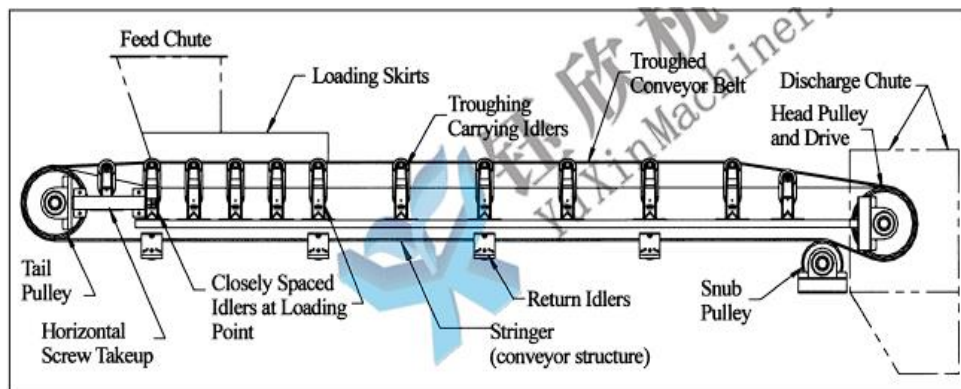
2.3 Komponen-komponen pada Alat Penghantar Biomassa

2.3.1 Motor Penggerak

Satu buah motor penggerak dengan pengaturan transmisi yang disesuaikan akan digunakan untuk menggerakkan sistem pada *roller conveyor*. Ketika motor penggerak digerakkan, transmisi akan mengkonversi dari daya menjadi gerakan, yang kemudian akan menggerakkan mulai dari satu *roller* ke *roller* yang lainnya, *roller-roller* pada *roller conveyor* itu terhubung satu sama lain.

2.3.2 Belt Conveyor

Belt conveyor adalah salah satu yang terdapat dalam klasifikasi dari *conveyor*, yang dimana kegunaannya sama seperti *conveyor* pada umumnya, yaitu memindahkan barang dari tempat satu ke tempat lainnya. Adapun media penggerak yang digunakan untuk memindahkan barang tersebut menggunakan sabuk karet (*belt*) yang terdiri didalamnya seperti lapisan yang diperkeras dengan sebuah serat baja (*fiber steel*) yang dimana untuk menghasilkan sebuah kekuatan pada *belt*. *Belt conveyor* juga dapat digunakan untuk memindahkan muatan satuan (*unit load*) maupun muatan curan (*bulk load*) sepanjang garis lurus (*horizontal*) atau sudut inklinasi terbatas (Dedi, 2018).



Gambar 2.1 Komponen-komponen pada *Belt Conveyor* (YuXin, 2016)

2.3.2.1 Komponen-komponen pada *Belt Conveyor*

Adapun komponen umum yang terdapat dalam *belt conveyor* menurut standar dari *Conveyor Equipment Manufactures Association* (CEMA), sebagai berikut:

1. *Tail Pulley*

Tail Pulley berfungsi untuk mengikuti arah gerakan *belt* membalik ke *return roller*.

2. *Snub Pulley* (pada *Head-End* dan *Tail-End*)

Snub Pulley berfungsi untuk memperbesar sudut lilitan *Belt* pada *Drive* dan menstabilkan tegangan *belt conveyor* setelah *belt conveyor* melewati *tail pulley*.

3. *Internal Belt Cleaner (Internal Belt Scraper)*

Internal Belt Cleaner berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada bagian *Tail Pulley*.

4. *Return Idlers (Return Roller)*

Return Idlers ini berfungsi untuk menyangga *Belt* dengan muatan kosong serta terletak pada bagian bawah *Carrying Idler* dan untuk mengembalikan *belt* ke atas kembali ke posisi *troughed roller*.

5. *Belt*

Belt berfungsi untuk menerima transfer energi gerak dari *Pulley* yang berputar, kemudian *Belt* akan mengangkat material dari ujung suatu konstruksi *Belt conveyor* ke ujung lainnya.

6. *Bend Pulley*

Bend Pulley berfungsi untuk melengkungkan atau mengubah arah *Belt*.

7. *Vertical Gravity Take-Up Pulley*

Take-Up Pulley berfungsi untuk dapat bergerak otomatis mempertahankan ketegangan *Belt* yang mengimbangi peregangan pada saat operasional pengangkutan sedang dilakukan *Belt conveyor*.

8. *Carrying Idler (Troughed Roller)*

Carrying Idler berfungsi untuk menyangga *belt* yang membawa muatan material. *Carrying idler* yang digunakan pada penelitian kali ini adalah bertipe *troughed idler*.

9. *Pulley Cleaner*

Pulley Cleaner berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada *Pulley* akibat bergesek dengan *Belt*.

10. *Hopper*

Hopper atau biasa disebut juga *transfer chute* adalah sebuah corong yang terletak di bagian paling depan *belt conveyor* yang berfungsi untuk memuat material curah dari truck ataupun dari *crane*.

11. Pembersih *Belt* Bagian Luar (*External Belt Cleaner*)

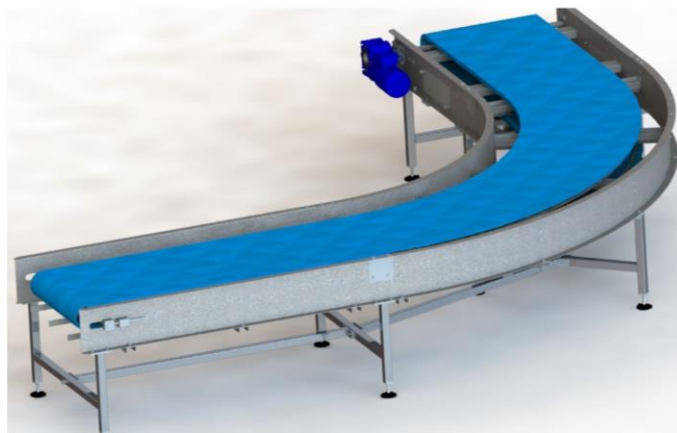
External Belt Cleaner berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada bagian *Head Pulley*.

12. *Head Pulley* (biasanya sebagai *Discharge Pulley* dan juga *Drive Pulley*).

Head Pulley berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar pada *Belt* sehingga *belt* berjalan sebagaimana mestinya.

(CEMA, 2007)

Belt Conveyors



Gambar 2.2 *Belt Conveyor*

2.3.2.2 Macam-Macam *Belt conveyor*

Adapun macam-macam *belt conveyor* adalah sebagai berikut: (Leo Hutri, 2013).

a. *Flat Belt conveyor*

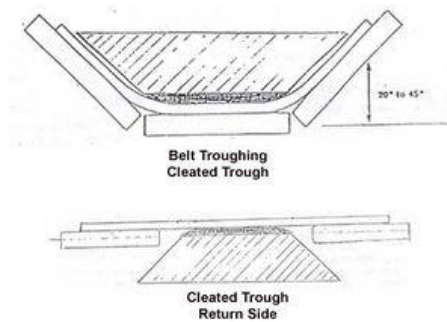
Merupakan *conveyor* yang dimana pada umumnya bentuk flat dari material karet, logam, nylon, polyester. Pada umumnya mengangkut barang atau material curah.



Gambar 2.3 *Flat Belt conveyor*

b. *Troughed Belt conveyor*

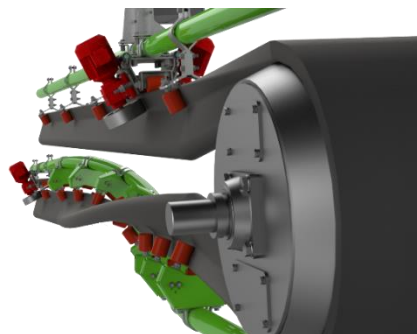
Merupakan *conveyor* yang memiliki sabuk membentuk V dan biasanya digunakan untuk pengangkutan batubara, industri makanan dan banyak lagi.



Gambar 2.4 *Troughed Belt Conveyor*

c. *Closed Belt conveyor*

Conveyor yang menggunakan belt khusus. Pada saat material diangkat, *belt* akan menutup dengan rapat dan akan berbentuk seperti tabung tertutup. Adapun keuntungan pada *conveyor* dapat mengangkut material rapug dan korosif.



Gambar 2.5 *Closed Belt Conveyor*

2.3.2.3 Kelebihan dan Kekurangan *Belt conveyor*

Adapun beberapa kelebihan dan kekurangan *belt conveyor* adalah sebagai berikut (Ray, 2008):

A. Kelebihan

1. Menurunkan biaya produksi pada saat memindahkan material.
2. Pemindahan berlangsung terus menerus dalam jumlah yang tetap dan sesuai keinginan.
3. Menurunkan tingkat kecelakaan saat pekerja memindahkan material.
4. Kapasitas tinggi dan dapat diatur
5. Perawatan relatif mudah

B. Kekurangan.

1. Apabila satu saja komponennya tidak berfungsi dengan baik maka pemindahan material tidak dapat berjalan.
2. *Belt* sangat peka terhadap pengaruh luar, misalnya timbul kerusakan pada pinggir dan permukaan *belt*, *belt* bisa robek karena batuan tajam atau lepasnya sambungan *belt*.

2.3.3 Poros

Poros adalah salah satu komponen yang ada pada sebuah mesin yang digunakan untuk memindahkan daya dari satu komponen lain, ke komponen lainnya. (Mahendra, 2019). Adapun poros dapat dibedakan menjadi 3 jeni yaitu (Leo Hutri, 2013).



Gambar 2.6 Poros

1. Poros Transmisi

Poros yang mengalami beban puntir dan pada umumnya daya yang di transmisikan pada poros ini adalah kopling, roda gigi, *pulley*.

2. Spindel

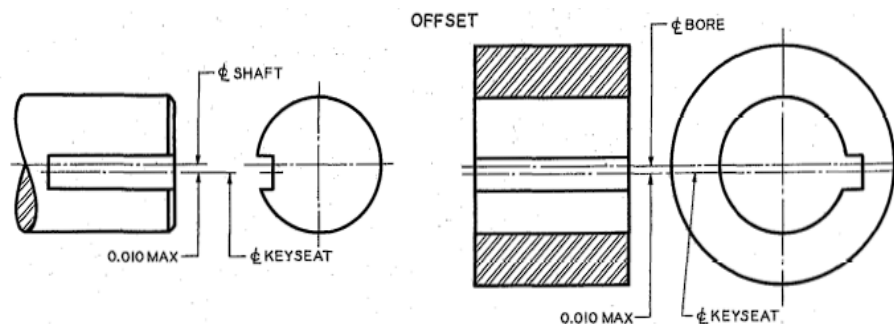
Poros yang biasa digunakan untuk transmisi yang bentuknya relatif pendek seperti yang ada utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran.

3. Gandar

Poros yang digunakan untuk menahan beban puntir.

2.3.4 Pasak

Merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam sebuah mesin yang memiliki fungsi untuk mengunci antar sambungan dan sebagai media mentransimikan torsi antara poros. (ASME B17, 1967)



Gambar 2.7 Pasak (ASME, 1967)

Adapun berikut tabel berdasarkan standar ASME B17.1-1967 yang menunjukkan penyesuaian ukuran pasak berdasarkan diameter poros.

Tabel 2.1 Tabel Penyesuaian Ukuran Pasak berdasarkan Diameter Poros (ASME, 1967)

NOMINAL SHAFT DIAMETER		NOMINAL KEY SIZE			NOMINAL KEYSEAT DEPTH	
Over	To (Incl)	Width, W	Height, H		H/2	
			Square	Rectangular	Square	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32		3/64	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32	1/16	3/64
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8	3/32	1/16
7/8	1-1/4	1/4	1/4	3/16	1/8	3/32
1-1/4	1-3/8	5/16	5/16	1/4	5/32	1/8
1-3/8	1-3/4	3/8	3/8	1/4	3/16	1/8
1-3/4	2-1/4	1/2	1/2	3/8	1/4	3/16
2-1/4	2-3/4	5/8	5/8	7/16	5/16	7/32
2-3/4	3-1/4	3/4	3/4	1/2	3/8	1/4
3-1/4	3-3/4	7/8	7/8	5/8	7/16	5/16
3-3/4	4-1/2	1	1	3/4	1/2	3/8
4-1/2	5-1/2	1-1/4	1-1/4	7/8	5/8	7/16
5-1/2	6-1/2	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2
6-1/2	7-1/2	1-3/4	1-3/4	1-1/2*	7/8	3/4
7-1/2	9	2	2	1-1/2	1	3/4
9	11	2-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4	7/8
11	13	3	3	2	1-1/2	1
13	15	3-1/2	3-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4
15	18	4		3		1-1/2
18	22	5		3-1/2		1-3/4
22	26	6		4		2
26	30	7		5		2-1/2

Berikut beberapa formula matematis untuk menentukan ke dalam dalam sebuah pasak.

1. Menentukan ketinggian *chordal*

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Menentukan jarak kunci poros ke sisi berlawanan dari poros.

$$S = D - Y - \frac{H}{2} = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots\dots\dots(2.2)$$

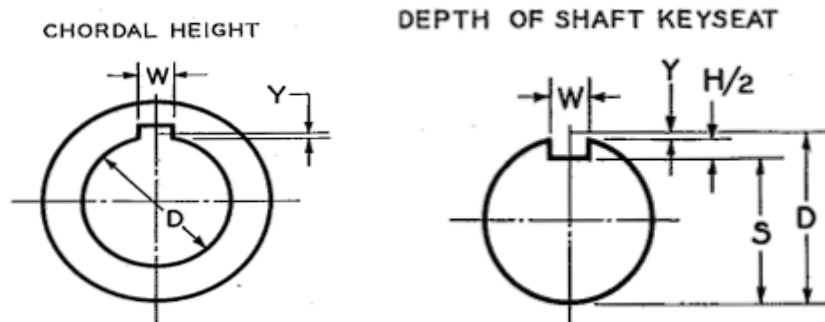
Dimana:

D = Poros Nominal atau diameter lubang (Inchi)

H = Tinggi Pasak (Inchi)

W = Lebar Pasak (Inchi)

Y = Tinggi *Chordal* (Inchi)



Gambar 2.8 Menentukan Kedalaman *Chordal* dan Poros Kunci (ASME, 1967)

2.4 Statika Struktur

Mekanika merupakan suatu cabang ilmu fisika yang membahas mengenai benda yang keadaannya diam atau gerak benda-benda yang mengalami kerja/aksi gaya. Mekanika ini kemudian terbagi menjadi tiga cabang yaitu, mekanika benda tegar, mekanika fluida dan mekanika benda yang dapat berubah bentuk.

Mekanika benda tegar ini kemudian terbagi menjadi dua yaitu, statika dan dinamika. Statika ini membahas mengenai benda-benda yang dalam kondisi diam maupun bergerak dalam keadaan setimbang. Sedangkan definisi struktur sendiri adalah gabungan dari komponen-komponen yang menahan gaya desak dan atau tarik, mungkin juga momen untuk meneruskan beban-beban ke tanah dengan aman. Ilmu statika struktur ini biasanya diaplikasikan pada perancangan struktur-struktur seperti struktur gedung, jembatan, menara, mesin dan berbagai infrastruktur lainnya. (Oori, 2009)

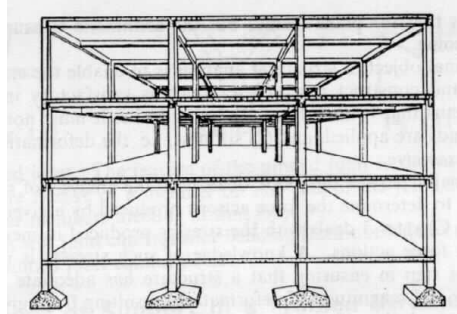
2.5 Macam-macam Struktur

Berikut ini adalah macam-macam struktur berdasarkan aksi strukturalnya dalam menerima dan mentransfer beban adalah sebagai berikut:

2.5.1 Struktur Batang (Balok dan Kolom)

Balok dan kolom adalah salah satu elemen struktur. Elemen struktur ini adalah elemen yang terbentuk dengan cara meletakkan elemen kaku secara horizontal di atas elemen kaku vertikal. Elemen balok ini merupakan komponen struktur yang dapat menahan gaya geser, gaya lentur dan gaya aksial. Balok adalah komponen struktur horizontal, yaitu memikul beban yang bekerja pada arah transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Sedangkan, kolom adalah komponen struktur vertikal, kolom dibebani secara aksial oleh balok, kemudian mentransfer beban tersebut ke tanah. Kolom ini murni untuk menerima gaya aksial tekan sehingga tidak membuat struktur melentur ataupun melendut. Struktur batang ini juga dapat menyerap gaya normal, gaya lintang, dan momen lentur. Penampang batang pada konstruksinya tidak harus mempunyai luas yang

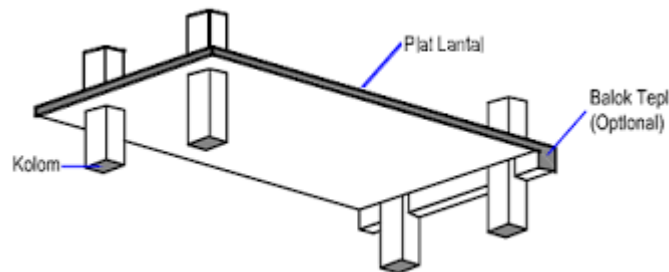
tetap di sepanjang batangnya. Yang perlu diperhatikan adalah tinggi penampang batang selalu lebih kecil daripada panjang bentangan batang. (Bambang, 2003)



Gambar 2.9 Struktur Batang (Balok dan Kolom)

2.5.2 Struktur Dinding dan Pelat Datar

Dinding dan pelat datar ini adalah salah satu jenis struktur dalam konstruksi yang kaku dalam pembentukan permukaan. Misalnya, apabila pelat datar digunakan secara horizontal dan memikul beban yang lentur, namun juga dapat diteruskan tumpuannya. (Darma E., 2011)



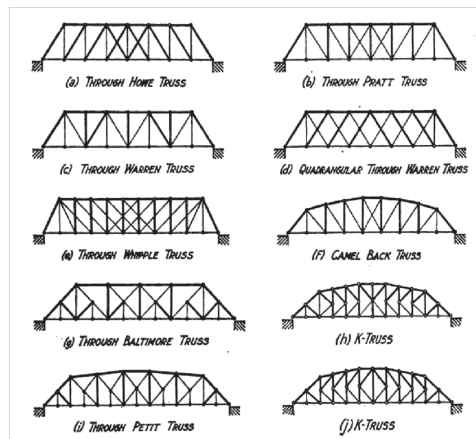
Gambar 2.10 Struktur Pelat Datar (Vishal, 2015)



Gambar 2.11 Struktur Dinding

2.5.3 Struktur Rangka Batang (*Truss*)

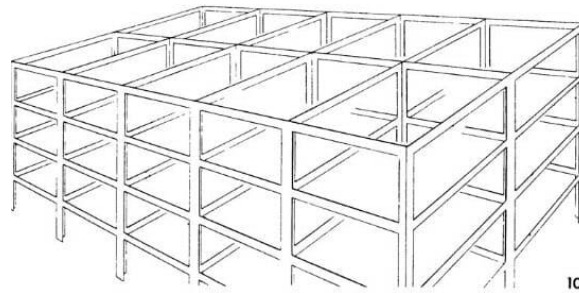
Struktur ini terdiri dari elemen-elemen batang yang dihubungkan pada titik simpul (titik pertemuan antar batang), yang disusun hingga membentuk suatu geometri yang diinginkan, sehingga apabila diberi beban pada titik simpul, maka struktur itu akan disalurkan mulai dari beban ke tumpuan melalui gaya aksial di setiap batangnya. Elemen-elemen batang hanya akan menyalurkan gaya normal (gaya yang searah pada batang-batangnya). Titik-titik simpul pada rangka batang diasumsikan sebagai sendi atau engsel, sehingga tidak menahan atau menyalurkan momen ke batang lainnya. (Darma E., 2011)



Gambar 2.12 Struktur Rangka Batang (*Truss*) (Astaneh, 2010)

2.5.4 Struktur Rangka

Elemen struktur ini mempunyai struktural yang berbeda dengan jenis balok tiang. Hal ini dikarenakan terdapat titik hubung kaku antara elemen vertikal dan elemen horizontal. Selain itu, elemen ini dapat memberikan kestabilan terhadap gaya lateral dalam setiap titik hubung antara elemen satu dengan elemen lainnya. Pada sistem rangka, biasanya bentuknya akan melentur karena adanya aksi beban pada struktur tersebut. Struktur rangka ini juga merupakan kumpulan dari elemen batang yang tersambung untuk membentuk suatu geometri sehingga struktur tersebut dapat menyalurkan beban ke tumpuan melalui gaya aksial pada batang-batangnya. (Darma E., 2011)



Gambar 2.13 Struktur Rangka (Wei Wu, 2020)

2.5.5 Struktur Cangkang

Struktur tipe cangkang ini adalah bentuk struktural tiga dimensional yang kaku dan tipis, yang mempunyai permukaan lengkung. Bentuk cangkang ini mengadopsi dari bentuk kulit telur dan juga seperti cangkang kepiting. Struktur cangkang ini mempunyai bentangan longitudinal dan lengkungannya tegak lurus terhadap diameter bentangan. Struktur cangkang ini selain bertindak sebagai penahan beban dalam bangunan juga dapat menutup ruangan yang besar. Lebar dari cangkang ini dapat dibentuk sangat besar apabila dibandingkan dengan tipisnya pelat cangkang bangunan dengan bentang besar tanpa dilakukan pembagian pada interior. Contoh penggunaan struktur cangkang ini adalah terdapat pada stadion, stasiun, pasar, masjid, dan *exhibition hall*. (Darma E., 2011)



Gambar 2.14 Struktur Cangkang

2.5.6 Struktur Kabel

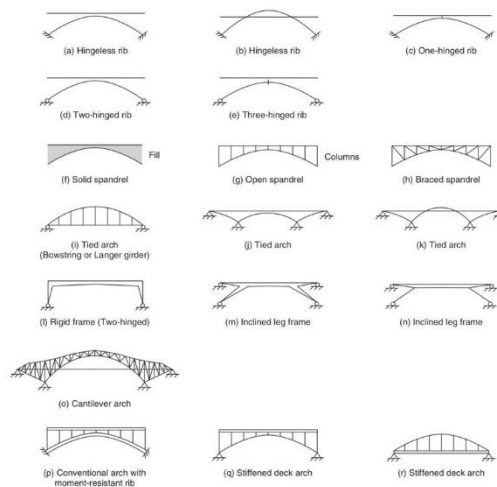
Struktur kabel ini adalah elemen struktur penahan gaya tarik aksial pada struktur batang, yang kemudian ditransfer ke subsistem beban pada struktur lainnya. Struktur kabel banyak ditemukan pada struktur jembatan bentangan panjang yang sifatnya fleksibel. Ukuran dan bentuk struktur kabel ini tergantung pada besaran dan perilaku beban yang bekerja pada strukturnya. Salah satu keuntungan dari penempatan kabel dapat mencegah atap dari getaran akibat tekanan dan isapan angin. Selain itu, gaya tarik umumnya dapat diberikan pada kabel alat *jacking* sehingga seluruh permukaan dapat menahan getaran terhadap atap. (Darma E., 2011)



Gambar 2.15 Struktur Kabel (Ephraem, 2011)

2.5.7 Struktur Pelengkung

Struktur tipe ini adalah tipe struktur yang berbentuk lengkungan yang membentang di antara dua titik tumpuan. (Darma E., 2011)



Gambar 2.16 Struktur Pelengkung (Rade, 2018)

2.5.8 Struktur Membran, Tenda dan Jaring

Terakhir ada struktur tipe membran, tenda dan jaring. Membran merupakan lembaran tipis dan fleksibel. Sedangkan, untuk tendanya biasanya terbuat dari permukaan membran itu sendiri. Bentuk tenda yang sederhana maupun kompleks dapat dibuat menggunakan membran-membran. Lalu, definisi jaring adalah permukaan 3D yang terdiri dari sekumpulan kabel lengkung yang melintang. Jaring ini memiliki analogi dengan permukaan membran. Memungkinkan adanya lubang saringan untuk variasi sesuai dengan keperluan, maka bentuk permukaan yang akan diperoleh akan sangat banyak variasinya. (Darma E., 2011)



Gambar 2.17 Struktur Membran, Tenda dan Jaring

2.6 Pembebanan pada Statika Struktur

Berikut ini adalah jenis beban yang ada pada statika struktur adalah:

2.6.1 Beban Mati

Beban ini merupakan beban dari semua bagian struktur yang bersifat tetap termasuk berat sendiri dari bagian struktur tersebut. Contoh dari beban mati ini adalah beban dari mesin-mesin yang tetap, peralatan-peralatan yang bersifat tetap dan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari struktur tersebut.

2.6.2 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja pada sebuah struktur yang diakibatkan oleh gerakan yang merupakan akibat dari gempa bumi

(gempa tektonik maupun gempa vulkanik) yang akan mempengaruhi struktur tersebut.

2.6.3 Beban Angin

Merupakan beban yang bekerja pada sebuah struktur yang disebabkan oleh selisih tekanan udara (angin).

2.6.4 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bersifat tidak tetap. Beban ini sifatnya dapat bergerak (berpindah dengan sendirinya, seperti manusia, air dan sebagainya) atau beban yang karena penggunaannya dapat dipindah-pindahkan.

2.7 Safety Factor

Safety factor secara definisi, merupakan rasio maksimum dengan tegangan kerja secara matematis (Khurmi, 2005). Adapun *safety factor* adalah faktor yang digunakan untuk menganalisa perencanaan setiap komponen elemen mesin yang ada, agar terjamin keamanannya. (Ainur Rozik, 2019). Berikut penggambaran rumus *safety factor*:

$$A. \text{ Safety Factor} = \frac{\text{Maximum Stress}}{\text{Working or Design Stress}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$B. \text{ Safety Factor} = \frac{\text{Yield Point Stress}}{\text{Working or Design Stress}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$C. \text{ Safety Factor} = \frac{\text{Ultimate Stress}}{\text{Working or Design Stress}} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.7.1 Parameter dalam *Safety Factor*.

Adapun beberapa parameter dan indikator utama dalam memilih faktor kewanaman untuk merancang setiap komponen permesinan adalah sebagai berikut:

1. Keandalan sifat-sifat material dan perubahan sifat-sifat ini selama terjadinya perlakuan terhadap material.
2. Keandalan hasil pengujian dan keakuratan penerapan hasil ini ke bagian mesin yang sebenarnya.
3. Keandalan beban yang diterapkan.
4. Kepastian untuk mode kegagalan yang tepat.
5. Luasnya penyederhanaan asumsi.

6. Luasnya tegangan lokal.
7. Besarnya tegangan awal yang terjadi selama pembuatan.
8. Besarnya korban jiwa jika terjadi kegagalan.
9. Besarnya kerugian harta benda jika terjadi kegagalan.

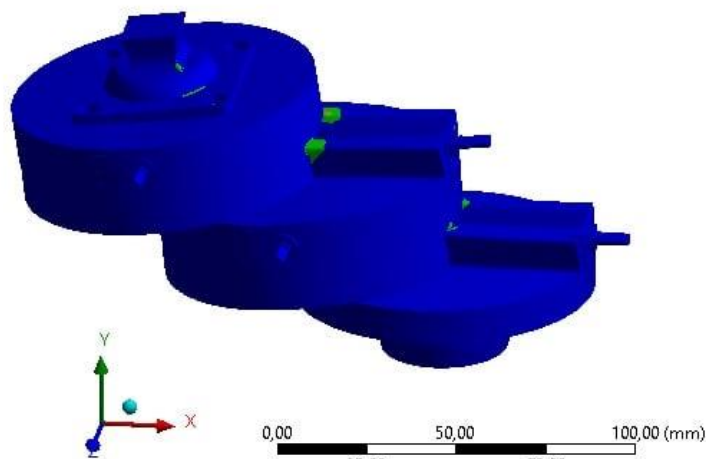
2.7.2 Nilai Faktor Keamanan

Adapun nilai faktor keamanan berdasarkan kekuatan maksimal untuk berbagai bahan dan jenis bahan tercantum dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Nilai Faktor Keamanan Berdasarkan Material (Khurmi, 2005)

Material	Beban Stabil	Beban Langsung	Beban secara Tiba-tiba
Besi Cor	5-6	8-12	16-20
Besi Tempa	4	7	10-15
Baja	4	8	12-16
Material yang lembut dan campuran komposit	6	9	15
Kulit Hewan	9	12	15
Kayu	7	10-15	20

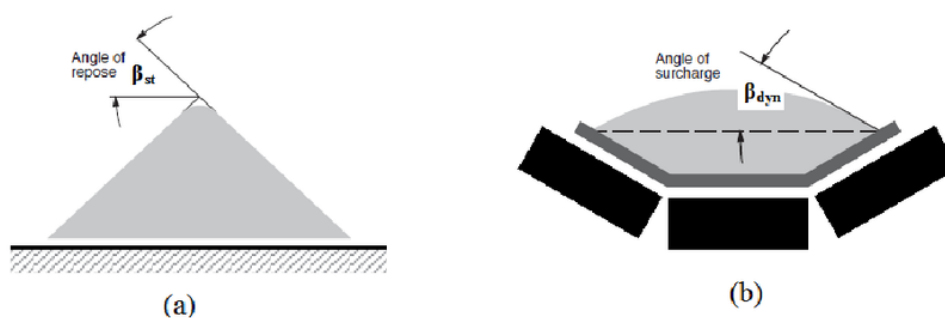
A: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 10/02/2019 3:21 p. m.



Gambar 2.18 Simulasi *Safety Factor*

2.8 Angle of Surcharge

Terdapat dua sudut dasar yang menggambarkan sifat aliran material, yaitu *Angle of Surcharge* dan *Angle of Repose*. *Angle of Surcharge* adalah sudut yang terbentuk antara bidang horizontal dan pada tumpukan material curah yang diangkut pada *belt conveyor* yang sedang berjalan. Sudut ini mewakili kemiringan maksimum di mana material dapat ditumpuk pada *belt* tanpa menyebabkan tumpahan selama proses pengangkutan. Menentukan *angle of surcharge* secara akurat merupakan hal yang sangat penting dalam desain dan pengoperasian *belt conveyor*. Karena, sudut ini mempengaruhi *Angle of Surcharge* ini menjadi parameter penting yang secara langsung mempengaruhi karakteristik material pada saat mengalir, efisiensi pada saat bongkar muat, dan kinerja *belt conveyor* (PPI, 2012).








Gambar 2.19 *Angle of Repose* dan *Angle of Surcharge* (Tsakalakis, 2015)

2.9 Angle of Repose

Sedangkan, *angle of repose* merupakan sudut lancip yang dibuat oleh permukaan yang normal dan terbentuk oleh tumpukan material secara horizontal. *Angle of repose* ini juga memegang peran yang sangat penting pada desain, pengoperasian dan tentu saja efisiensi dari sebuah *belt conveyor*. *Angle of repose* ini juga berhubungan untuk menentukan kecepatan *belt conveyor* dan desain *chute*. Apabila *angle of repose* ditentukan secara benar, maka dapat meminimalkan resiko terjadinya material yang tumpah, penyumbatan pada *belt conveyor*, dan tentu saja keausan *belt* yang berlebihan. Pada saat pengoperasian *belt conveyornya*, *angle of repose* ini harus dipantau secara

rutin agar beltnya tidak menyimpang dari jalurnya. Penyesuaian ini dapat dilakukan pada pengaturan kecepatan *belt conveyor* dan laju pengumpulan material.

Tabel 2.3 Menentukan *Angle of Surcharge* dan *Angle of Repose* dari Material yang Akan Dialirkan Melalui *Belt Conveyor* (CEMA, 2007)

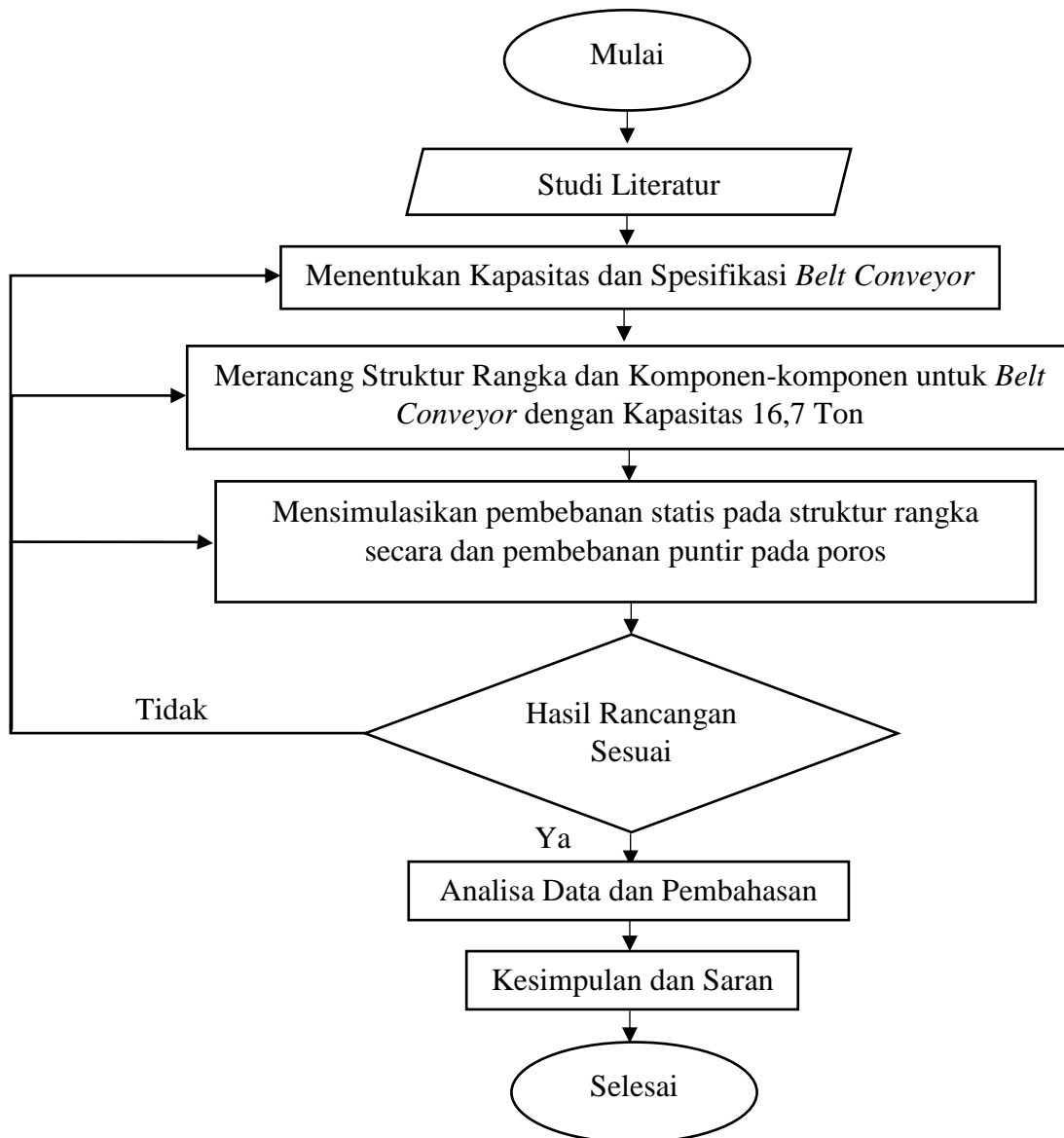
Arus pada <i>Belt Conveyor</i>				
Arus berjalan dengan sangat bebas 1°	Arus berjalan bebas 2°	Arus berjalan rata-rata 3°		Lamban 4°
<i>Angle of Surcharge</i>				
5°	10°	20°	25°	30°
				
<i>Angle of Repose</i>				
$0-19^{\circ}$	$20-25^{\circ}$	$30-34^{\circ}$	$35-39^{\circ}$	40° - up
Karakteristik Material				
Ukurannya seragam, partikel berbentuk bulat dan berukuran sangat kecil, baik itu basah maupun kering, seperti pasir, silikon kering,	Partikel yang dikeringkan, berbentuk bulat, dengan berat sedang, contohnya seperti biji-bijian dan kacang-kacangan.	Material yang mengalir tidak beraturan, berbentuk butiran atau menggumpal dengan berat sedang, seperti batu bara antrasit, tepung biji kapas, serbuk kayu, tanah liat	Material-material umum seperti batu bara bitumen, batu, sebagian besar bijih, dan sebagainya.	Material yang tidak beraturan, berserabut, berserat, dan partikelnya saling mengunci, seperti ampas tebu, pengecoran logam, pasir,

semen, beton basah dan sebagainya.		dan sebagainya.		dan sebagainya.
--	--	--------------------	--	--------------------

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan metode perancangan *Pahl and Beitz* (Pahl, 2007), metode *House of Quality (HOQ)* dan metode simulasi menggunakan software *solidworks*. Adapun diagram alir pada yang menggambarkan bagaimana proses yang dilalui mulai dari awal persiapan alat, persiapan bahan hingga proses pengambilan data beserta data-data apa saja yang dibutuhkan, berikut adalah bentuk diagram alir penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah rincian dari isi diagram alir diatas:

1. Studi Literatur

Merupakan proses pengumpulan informasi diperlukan dengan segala informasi yang berkaitan dengan *belt conveyor* biomassa untuk campuran pembakaran pada boiler, seperti mekanisme kerja *belt conveyor*, spesifikasi *belt conveyor*. Kemudian disertakan pula hasil penelitian dari peneliti terdahulu sebagai referensi dan aspek pembandingan terhadap penelitian yang akan dilakukan.

2. Menentukan kapasitas dan spesifikasi *belt conveyor* serta menghitung kebutuhan komponen *belt conveyor*.

3. Merancang struktur rangka dan komponen-komponen untuk *belt conveyor* dengan kapasitas 16,7 ton/jam.

4. Mensimulasikan pembebanan statis pada sistem *belt conveyor* dan juga pembebanan puntir pada poros.

5. Apabila hasil rancangan sudah sesuai dan dinilai aman, maka dilanjutkan ke analisa data dan pembahasan

6. Analisa Data Simulasi dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengambilan data dan diteliti hasilnya maka proses berikutnya adalah melakukan analisa. Analisa ini dilakukan dengan membaca hasil simulasi yang telah dilakukan pada proses sebelumnya

7. Kesimpulan dan Saran

Dari analisa dan pembahasan kemudian dapat ditarik kesimpulan akhir

3.2 Alat dan Bahan

Untuk melakukan perancangan *belt conveyor* biomassa untuk campuran batubara pembakaran pada boiler untuk kapasitas 16,7 ton/jam membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. *Software Solidworks*

2. *Software PTC CREO*

3. Laptop/Komputer dengan spesifikasi yang memadai

Sedangkan, untuk komponen-komponen yang harus dipersiapkan dan dibuat di dalam software solidworks adalah sebagai berikut:

1. *Chevron belt*,
2. Rangka untuk menopang *belt conveyor*,
3. *Head dan tail pulley*,
4. *Troughed roller idler*,
5. *Roller idler* pembalik,
6. Motor penggerak beserta transmisinya,
7. *Bearing*,
8. Baut dan mur,
9. *Bosing*,
10. *Hopper*.

3.3 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan perancangan *belt conveyor* biomassa untuk campuran pembakaran pada boiler:

1. Menentukan kebutuhan dari *belt conveyor* sebagai *belt conveyor* biomassa untuk campuran pembakaran pada boiler dengan melakukan pengukuran, dan survey di PT. Indonesia Power UJP PLTU Banten 2 Labuan,
2. Membuat perhitungan komponen dari kebutuhan *belt conveyor* yang diinginkan,
3. Menghitung beban yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan,
4. Membuat perancangan komponen-komponen berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di *software solidworks*,
5. Menambahkan material pada setiap komponen *belt conveyor*.
6. Melakukan *assembly* terhadap komponen-komponen yang sudah dibuat,
7. Melakukan *export file* dengan format .STEP ke software PTC CREO dan kemudian pada PTC CREO dilakukan *import file*,
8. Melakukan *meshing* pada setiap komponen yang telah dibuat,
9. Menentukan titik tumpu pada rangka *belt conveyor*,
10. Menentukan posisi beban pada *belt conveyor*,

11. Melakukan simulasi pergerakan dan simulasi pembebanan pada *belt conveyor* yang telah dibuat,
12. Melakukan analisa dari simulasi pembebanan pada *belt conveyor* yang telah dibuat,
13. Membuat evaluasi, kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan,
14. Selesai.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara fleksibel karena hanya membutuhkan komputer atau laptop untuk melakukan perancangan di dalam *software* dan simulasinya, akan tetapi untuk survey tempat dilakukan di PT. Indonesia Power UJP PLTU Banten 2 Labuan. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga bulan April 2023. Tahapan penelitian ini meliputi perhitungan alat, pembuatan alat di dalam *software*, *assembly* alat, simulasi alat, dan kemudian dilakukan evaluasi. Berikut ini jadwal kegiatan penelitian disajikan dalam bentuk tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke-1	Bulan ke-2	Bulan ke-3	Bulan ke-4
1.	Pengajuan Proposal				
2.	Survey Tempat				
3.	Perhitungan Alat				
4.	Pembuatan, Assembly, Simulasi Alat				
5.	Penyusunan Laporan				

Setelah dilakukan penentuan jadwal kegiatan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan survey di PT. Indonesia Power UJP PLTU Banten 2 Labuan. Survey ini bertujuan untuk menentukan lokasi yang tepat, menghitung panjang,

lebar dan tinggi dari *belt conveyor* yang akan dipasang dan melihat kondisi di sekitar tempat yang akan dipasang *belt conveyor*.



Gambar 3.2 Tampak Atas Jalur yang akan dipasang *Belt Conveyor*

3.5 Penentuan *Requirement List*

Penentuan *requirement list* atau penentuan kriteria adalah sebuah proses perumusan fungsi yang diharuskan dan tidak harus ada pada alat yang akan dirancang. Kriteria-kriteria yang ditentukan dapat berupa informasi mengenai fungsi, geometri, material, pembuatan, operasi, biaya dan *safety factor* pada desain. Kemudian, dalam menentukan kriteria alat yang akan dirancang, setiap informasi dapat dibagi menjadi dua yaitu permintaan (*demand*) dan harapan (*wish*). Permintaan atau *demand* adalah kriteria yang harus dimiliki oleh alat yang akan dirancang agar fungsi alat yang diharapkan dapat tercapai, sedangkan harapan atau *wish* merupakan kriteria yang tidak mempengaruhi fungsi utama alat sehingga biasanya dapat memberikan nilai tambah pada alat yang akan dirancang.

Tabel 3.2 *Requirement List Belt conveyor* Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara

Kriteria yang dibutuhkan	Uraian	<i>Demand (D)</i> atau <i>Wish (W)</i>
Fungsi	Mampu memindahkan batubara dan biomassa dari tempat <i>unloading</i> ke tempat pencampuran	D
	Mampu mencapai target kapasitas 16,7 Ton/jam	D
Geometri	Ukuran efisien dan ekonomis	W
Material	Mampu menahan beban dari biomassa dan batubara yang berjalan dari <i>unloading</i> menuju ke tempat pencampuran	D
	Material mudah didapatkan dan murah	W
	Material yang digunakan pada komponen <i>belt conveyor</i> tahan lama	D
Pembuatan	Komponen mudah didapatkan dipasaran	W
Operasi	Biaya pengoperasiannya rendah	W
Keamanan	Aman ketika digunakan	D
Biaya	Biaya pembuatan alat murah dan terjangkau	W

3.6 Penentuan Skala Prioritas

Setelah didapat permintaan (*demand*) dan harapan (*wishes*) yang bisa dicapai dari *Belt Conveyor* Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara, selanjutnya harus menentukan skala prioritas berdasarkan dari harapan-harapan (*wishes*).

Tabel 3.3 Skala Prioritas Harapan (*Wishes*) *Belt Conveyor* Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara

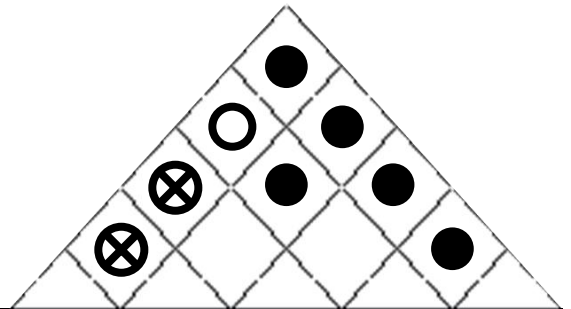
No.	<i>Requirement List (Wishes)</i>	Matriks Korelasi					Sum	%	Rank
1.	Ukuran efisien dan ekonomis	-	1	1	1	1	4	40	1
2.	Material mudah didapatkan dan murah	0	-	0	0	1	1	10	4
3.	Komponen mudah didapatkan di pasaran	0	1	-	0	1	2	20	3
4.	Biaya pengoperasiannya rendah	0	1	1	-	1	3	30	2
5.	Biaya pembuatan alat murah dan terjangkau	0	0	0	0	-	0	0	5
Total							11	100	-

3.7 Penentuan *House of Quality (HOQ)*

House of Quality (HOQ) merupakan salah satu metode menggunakan matriks yang mendukung *QFD (Quality Function Development)*, menggunakan matriks yang menghubungkan keinginan konsumen dengan langkah dan membandingkan langkah desain sehingga desainer dapat memfokuskan pada karakteristik yang berharga dan penting. Matriks *HOQ* ini pada awalnya digunakan dalam proses menampilkan kebutuhan konsumen terhadap respon teknis (Alexander et al., 2015). Berdasarkan *requirement list* pada **tabel 3.2** dan maka dapat dibuat *house of quality* sebagai berikut:

Tabel 3.4 *House of Quality (HOQ) Belt Conveyor Pengangkut Biomassa untuk Campuran Batubara*

Pembobotan	Relasi:
Kepentingan:	9 = Kuat
10 = Sempurna	3 = Sedang
5 = Ok	1 = Lemah
1 = Lemah	



Kolom			1	2	3	4	5	
Satuan			Ton	m/s	meter	kW	Juta	
Sasaran			16,7	0,8	25	≤ 5	50	
No.	Technical Requirement		Pembobotan Kepentingan	Kapasitas Pengolahan	Kecepatan saat Berjalan	Panjang Conveyor	Daya Motor Listrik	Biaya
Customer Requirement								
1	Fungsi	Mampu memindahkan batubara dan biomassa dari tempat <i>unloading</i> menuju ke tempat pencampuran	10	9	9	1	9	1
		Mampu mencapai target kapasitas 16,7 Ton/Jam	10	9	9	1	9	1
2	Geometri	Ukuran efisien dan ekonomis	5	9	1	1	1	3
3	Material	Mampu menahan beban dari biomassa dan batubara yang berjalan	10	9	9	1	9	1

		dari <i>unloading</i> menuju ke tempat pencampuran						
		Material mudah didapatkan dan murah	1	1	1	1	1	9
		Material yang digunakan pada komponen <i>belt conveyor</i> tahan lama	5	3	3	3	3	1
4	Pembuatan	Komponen mudah di dapatkan dipasaran	5	1	1	1	1	3
5	Operasi	Biaya pengoperasiannya rendah	1	1	1	1	1	9
6	Keamanan	Aman ketika digunakan	5	1	9	1	3	1
7	Biaya	Biaya pembuatan alat murah dan terjangkau	1	9	9	9	9	9
Skor				351	351	71	322	97
Persentase Skala Prioritas (%)				29,41	29,41	6,01	26,98	8,19
Ranking				1	1	4	2	3

3.8 Penentuan Spesifikasi Alat yang Dibutuhkan *Customer*

Menentukan kebutuhan *customer* dilakukan untuk menerjemahkan apa yang menjadi keinginan dari pembeli. Dari tahapan-tahapan yang sudah dilakukan sebelumnya dan *requirement* yang dibutuhkan, didapat spesifikasi alat yang dibutuhkan *customer Belt conveyor* untuk pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara Pembakaran pada Boiler sebagai berikut :

1. Kapasitas angkut yang dibutuhkan 16,7 ton/jam.
2. Panjang alat yang dibutuhkan adalah 31,02 meter.
3. Tinggi alat yang dibutuhkan adalah 8 meter.

3.9 Penentuan Varian Terbaik

Pada tahapan ini ada beberapa varian-varian yang terdiri dari kombinasi elemen mesin yang benar dan optimal dengan fungsi *belt conveyor* sebagai pengangkut Biomassa sebagai campuran batubara pada boiler dimana komponen-komponen tersebut memiliki varian-varian yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing untuk mencapai fungsi kerja

terbaik. Oleh sebab itu, akan dijabarkan beberapa varian komponen yang digunakan serta beberapa varian bentuk. Jumlah kategori varian ini ada 4 macam dengan masing-masing memiliki 2 varian yang berbeda satu dengan yang lainnya. Berikut ini beberapa varian *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara pembakaran pada boiler, sebagai berikut.

Tabel 3.5 Varian *Belt Conveyor* Untuk Pengangkut Biomassa Sebagai Campuran Batubara Pembakaran pada Boiler

No	Varian	A	B
1	Jumlah <i>support column</i> pada <i>Belt Conveyor</i>	3 buah	5 buah
2	Tipe <i>Belt Conveyor</i>	<i>Straight</i>	<i>Troughed</i>
3	Lebar <i>Belt</i>	500 mm	700 mm
4	Tipe <i>Belt</i>	<i>Flat Belt</i>	<i>Chevron Belt</i>

Dari beberapa varian yang telah ditentukan pada tabel di atas maka dari varian tersebut dapat dikombinasikan agar didapatkan varian terbaik. Adapun kombinasi varian pada tabel berikut:

Tabel 3.6 Kombinasi Varian *Belt Conveyor* untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara Pembakaran pada Boiler

Jenis Varian	Keterangan
Varian 1 (1A-2A-3A-4A)	3 buah – <i>Straight</i> – 500 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 2 (1B-2A-3A-4A)	5 buah – <i>Straight</i> – 500 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 3 (1A-2B-3A-4A)	3 buah – <i>Troughed</i> – 500 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 4 (1A-2A-3B-4A)	3 buah – <i>Troughed</i> – 700 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 5	3 buah – <i>Straight</i> – 500 mm – <i>Chevron Belt</i>

(1A-2A-3A-4B)	
Varian 6 (1B-2B-3A-4A)	5 buah – <i>Troughed</i> – 500 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 7 (1B-2A-3B-4A)	5 buah – <i>Straight</i> – 700 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 8 (1B-2A-3A-4B)	5 buah – <i>Straight</i> – 500 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 9 (1A-2B-3B-4A)	3 buah – <i>Troughed</i> – 700 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 10 (1A-2B-3A-4B)	3 buah – <i>Troughed</i> – 500 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 11 (1A-2A-3B-4B)	3 buah – <i>Straight</i> – 700 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 12 (1B-2B-3B-4A)	5 buah – <i>Troughed</i> – 700 mm – <i>Flat Belt</i>
Varian 13 (1B-2B-3A-4B)	5 buah – <i>Troughed</i> – 500 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 14 (1B-2A-3B-4B)	5 buah – <i>Straight</i> – 700 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 15 (1A-2B-3B-4B)	3 buah – <i>Troughed</i> – 700 mm – <i>Chevron Belt</i>
Varian 16 (1B-2B-3B-4B)	5 buah – <i>Troughed</i> – 700 mm – <i>Chevron Belt</i>

Setelah penyusunan kombinasi varian pada tabel di atas, terdapat 16 varian *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara pembakaran pada boiler yang harus dipilih salah satu yang terbaik. Varian tersebut kemudian dipilih melalui tabel berikut:

Tabel 3.7 Solusi Varian Terbaik *Belt Conveyor*

Pemilihan Varian Terbaik <i>Belt Conveyor</i>								
V a r i a n	Solusi di evaluasi dengan:						Keputusan	
	(+) Ya (-) Tidak (?) Kurang informasi (!) Tinjau kembali (cek <i>requirements list</i>)						(+) Solusi Dilanjutkan (-) Solusi Ditolak (?) Kumpulkan informasi (!) Tinjau kembali	
- v a r i a n	Daftar Spesifikasi						K e p u t u s a n	
	Kompatibel untuk fungsi keseluruhan							
n	Memenuhi kebutuhan spesifikasi						K e p u t u s a n	
	Secara prinsip dapat diwujudkan							
	<i>Safety</i>							
	Lebih sederhana							
	Informasi memadai							
	Keterangan							
A	B	C	D	E	F			
V1	-	-	-	-	+	?	Rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i> dan tipe <i>belt</i> nya tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V2	-	-	-	+	-	?	Tipe <i>Belt</i> nya dan tipe <i>belt conveyornya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V3	-	-	-	-	-	?	Rangkanya tidak cukup kuat dan tipe <i>belt</i> nya tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-

V4	-	-	-	-	-	?	<i>Belt</i> terlalu lebar dan rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i>	-
V5	-	-	-	-	-	?	Rangkanya tidak cukup kuat dan lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam	-
V6	+	-	+	+	-	?	Tipe <i>beltnya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V7	-	-	-	+	-	?	Tipe <i>Beltnya</i> , tipe <i>belt conveyornya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu dan lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam	-
V8	-	-	-	+	-	?	Tipe <i>belt conveyornya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V9	+	-	-	+	-	+	Rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i> , lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam dan tipe <i>beltnya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V10	+	-	-	+	+	?	Rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i>	-
V11	-	-	-	-	-	?	Rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i> , lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam dan tipe <i>belt conveyornya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-

V12	+	-	+	+	-	?	Lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam dan tipe <i>beltnya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu	-
V13	+	+	+	+	+	+	Varian yang dipilih	+
V14	-	-	+	+	-	?	Tipe <i>belt conveyornya</i> tidak memungkinkan untuk menahan beban serbuk kayu dan lebar <i>beltnya</i> terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam	-
V15	+	+	-	-	-	+	Rangkanya tidak cukup kuat untuk menahan rangkaian <i>belt conveyor</i> dan lebar <i>beltnya</i> terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam	-
V16	+	+	+	+	+	?	Lebar <i>belt</i> nya terlalu lebar untuk mengangkut serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam	-

3.10 Perancangan *Belt conveyor* untuk pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara

Setelah dipilih satu varian terbaik dari 16 varian-varian lainnya, dan ditentukan juga spesifikasinya maka akan dilakukan proses perhitungan dari berbagai komponen *belt conveyor* agar komponen dapat dirancang dan tentunya berjalan sesuai dengan fungsinya. Komponen utama pada rangkaian *belt conveyor* ini adalah *belt*, *bearing*, poros, rangka, *pulley*, motor penggerak beserta transmisinya dan *roller*.

3.11 Pembuatan Gambar Detail

Perancangan *Belt conveyor* untuk pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara yang dilakukan dengan menggunakan *software* CAD

apabila sudah sesuai dengan spesifikasi *belt conveyor* maka didapatkan hasil perancangan didokumentasikan dalam bentuk gambar detail *belt conveyor*, lalu digunakan sebagai dasar untuk membuat gambar *as-built drawing* dan akan berada dilampiran.

3.12 Simulasi dan Pengujian *Belt conveyor* untuk pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara

Belt conveyor yang sudah dirancang dan di *assembly* sedemikian rupa selanjutnya akan dilakukan simulasi *stress*, *displacement*, *strain* dan *safety factor*, kemudian diberikan beban dan *belt conveyornya* dijalankan berupa serbuk kayu dengan kapasitas 16,7 ton/jam. Kemudian, dilakukan juga simulasi pada poros dengan menjalankan motor penggerak sebesar 1500 rpm.

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Pemilihan Material *Belt* pada *Belt Conveyor* untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara

Berdasarkan pada Asbhy (2005), ketika melakukan pemilihan material, terdapat empat langkah utama, yaitu ada *translation*, *screening*, *ranking* dan beserta informasi pendukung. Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkahnya:

4.1.1 *Translation*

Pada langkah pertama ini akan dilakukan pemilihan kandidat material yang akan digunakan pada *belt*. *Belt* ini pertama-tama akan dianalisis dan diidentifikasi fungsi, kemampuan dan keterampilan yang diperlukan oleh material tersebut. Pada tahapan pertama ini, terdapat empat subtahap, yaitu:

a. *Function* (apa yang dapat dilakukan *belt*)

1. Mampu menahan beban eksternal yaitu biomassa serbuk kayu itu sendiri dan dengan kapasitas 16,7 ton/jam

b. *Constraints* (batasan yang digunakan pada *belt*)

1. Hanya digunakan untuk mengangkut biomassa serbuk kayu, material ini memiliki tekstur yang ringan dan bersifat *nonabrasif*.
2. Material memiliki nilai *minimum tensile strength* sebesar 14 MPa.
3. Material memiliki nilai *minimum elongation* sebesar 400 %

c. *Objective* (apa yang dapat dimaksimalkan atau diminimalkan dari *belt*)

1. Memaksimalkan kemampuan untuk menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh

d. *Free Variable* (parameter yang dapat di ubah oleh perancang)

1. Pemilihan material pada *belt*

4.1.2 Screening

Kemudian pada tahap kedua ini yaitu akan dilakukan eliminasi kandidat material yang tidak sesuai dengan batasan yang digunakan pada *belt* atau *constraints*, yaitu material dengan nilai *tensile strength* minimalnya 14 MPa dan panjangnya sudah ditentukan pada desain serta *objective* nya yaitu material ini harus dapat menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh.

Menurut CEMA (2007), *Belt* ini pada umumnya memiliki material yang terbuat dari karet alami, SBR, *polybutadine*, dan *acrylonitrile* atau bisa juga dengan mengombinasikan berbagai material tersebut. Material-material ini jika diteliti lebih lanjut maka kemudian didefinisikan sebagai *Rubber Manufacturers Association* (RMA) dan dikategorikan sebagai *Grade I* dan *Grade II*. *RMA Grade I* ini terdiri dari material karet alam atau sintetis maupun dikombinasikan keduanya, material ini memiliki karakteristik sebagai material yang tahan terhadap terpotong, tercungkil dan sobekan yang sangat baik. Material dengan *grade I* ini lebih direkomendasikan untuk mengangkut bahan yang bersifat abrasif dan juga untuk kondisi pemuatan benturan yang ekstrim. Sedangkan, *RMA Grade II* ini terdiri dari material elastomer yang komposisinya serupa dengan *Grade I* memiliki ketahanan terhadap material abrasif yang baik akan tetapi mungkin tidak akan memberikan tingkat ketahanan terhadap terpotong atau tercungkil.

Ketika material *belt* ini ditest berdasarkan standar ASTM D412, hasil *tensile strength* dan hasil *elongation break* nya harus memenuhi persyaratan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 *Material Properties* pada Dua *Grade Belt* dari *Rubber Manufacturers Association (RMA)*

Grade	Nilai Kekuatan Tarik Minimal (psi)	Nilai Kekuatan Tarik Minimal (MPa)	Elongasi Minimal hingga Putus (%)
I	2500	17	400
II	2000	14	400

Tabel 4.2 Penjelasan Kelebihan-kelebihan dari Berbagai Macam Material *Belt* yang digunakan pada *Belt Conveyor*

<i>Grade</i>	Kelebihan secara Garis Besar			Pengaplikasian Material
	Ketahanan terhadap Resiko Terpotong dan Sobek	Ketahanan terhadap Abrasi	Ketahanan terhadap Material Berminyak	
Material-material yang Bersifat Umum				
<i>Grade I</i>	Sangat Baik	Sangat Baik	Tidak Direkomendasikan	Bijih-bijih berukuran besar, material-material yang tajam. Untuk membawa material yang ekstrim.
<i>Grade II</i>	Baik	Baik Mendekati Sangat Baik	Tidak Direkomendasikan	Material-material berukuran tidak beraturan dengan aksi pemotongan yang terbatas-abrasi primer. Untuk pelayanan tugas yang berat

Material Berminyak atau Oil dan Kimiawi				
<i>Chloroprene (Neoprene) oil resistant</i>	Baik	Sangat Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak bumi, minyak nabati dan minyak hewani	Batubara yang disemprot minyak bumi (minyak bumi hingga 20% aromatik, bahan bakar diesel No. 2). Bahan apa pun yang diolah dengan atau mengandung minyak bumi dalam jumlah besar.
<i>Buna N Nitrile oil resistant</i>	Baik	Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak nabati dan minyak hewani	Biji-bijian berminyak seperti kedelai, jagung yang ditumbuk dan sebagainya, batubara yang disemprot minyak (minyak bumi hingga 40% aromatik, minyak pemanas no. 2)
<i>Medium oil resistant</i>	Baik	Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak bumi, minyak nabati dan minyak hewani	Batubara yang sangat halus, biji-bijian dan pakan yang berminyak, serbuk kayu, dan fosfat.

Maka pada tahap *screening* ini akhirnya didapat lima kandidat material yaitu *RMA grade I*, *RMA grade II*, *Chloroprene (Neoprene) Oil*

Resistant, Buna N Nitrile Oil Resistant dan Medium Oil Resistant. Setelah didapatkan kandidatnya, maka kemudian masuk ke tahap selanjutnya, yaitu tahap *ranking*.

4.1.3 *Ranking*

Berdasarkan tahap *screening* yang telah dijabarkan di atas, kemudian dilakukan tahapan *ranking*, pada tahap *ranking* ini kemudian kedua kandidat material ini dipilih berdasarkan parameter objektif yang ingin dicapai, yaitu memaksimalkan kemampuan *belt* untuk menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh.

Tabel 4.3 Kandidat Material untuk *Belt*

Material	Rank Material
<i>Grade I</i>	2
<i>Grade II</i>	3
<i>Chloroprene (Neoprene) oil resistant</i>	5
<i>Buna N Nitrile oil resistant</i>	4
<i>Medium oil resistant</i>	1

Berdasarkan sifat-sifat material *RMA* yang telah dijelaskan di atas, maka dipilihlah material *RMA Medium Oil Resistant*. Kemudian setelah ditentukan materialnya, maka selanjutnya harus ditentukan ketebalan minimal dari *belt*nya dan ketebalan minimal dari *pulleynya*. Berikut ini adalah tabel untuk menentukan ketebalan minimal *belt* yang direkomendasikan untuk mengangkut bahan pada *belt conveyor* pada kondisi normal – *RMA Grade II*.

Tabel 4.4 Ketebalan Minimal *Belt* yang Direkomendasikan untuk Mengangkut Bahan pada *Belt Conveyor* pada Kondisi normal – *Medium Oil Resistant*

Golongan Material	Contoh Material	Ketebalan (inchi)
Paket/Kemasan	Karton, produk-produk makanan	Bergesekan sampai dengan 1/32
Ringan dan halus, bersifat nonabrasif	Serbuk kayu, <i>pulp</i> dari kertas, biji-bijian, batubara bitumen, bijih kalium	1/16 sampai dengan 1/8
Halus dan abrasif	Pasir-pasir yang halus, klinker	1/8 sampai dengan 3/16
Berat, dihancurkan sampai berukuran 3 inchi (76 mm)	Pasir dan aspal, batu yang dihancurkan	1/8 sampai dengan 3/16
Berat, dihancurkan sampai berukuran 8 inchi (203 mm)	Batubara, batu dan bijih besi	3/16 sampai dengan 1/4
Berat, gumpalan berukuran besar	Bijih besi kasar dan terak	1/4 sampai dengan 5/16

Kemudian jika dilihat dari tabel di atas, ketebalan minimal *belt* sesuai dengan kondisi pengoperasiannya menggunakan material yang bersifat *non-abrasif* maka ketebalan pilihannya ada 1/16 sampai dengan 1/8 inchi atau 1,5875 sampai dengan 3,175 mm. Akan tetapi, akan dipilih *belt* dengan ketebalan 3,175 mm.

4.1.4 Informasi Pendukung

Pada tahap sebelumnya dijelaskan bahwa material pada *belt* dipilih hanya berdasarkan tahap *translation*, sehingga membutuhkan beberapa informasi pendukung (*supporting information*) dari material *RMA Grade II* ini berupa perilaku material ini pada benda lainnya.

4.2 Pemilihan Material Rangka pada *Belt Conveyor* untuk Pengangkut

Biomassa sebagai Campuran Batubara

Berdasarkan pada Asbhy (2005), ketika melakukan pemilihan material, terdapat empat langkah utama, yaitu ada *translation*, *screening*, *ranking* dan beserta informasi pendukung. Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkahnya:

4.2.1 *Translation*

Pada langkah pertama ini akan dilakukan pemilihan kandidat material yang akan digunakan pada rangka. Rangka ini adalah penahan atau *support* untuk menahan beban dari seluruh komponen *belt conveyor* dan beban yang bekerja pada *belt conveyor*. Pembebanan ini terjadi karena adanya gaya berat dan reaksi dari masing-masing tumpuan. Rangka ini pertama-tama akan dianalisis dan diidentifikasi fungsi, kemampuan dan keterampilan yang diperlukan oleh material tersebut. Pada tahapan pertama ini, terdapat empat subtahap, yaitu:

a. *Function* (apa yang dapat dilakukan rangka)

1. Mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor*

b. *Constraints* (batasan yang digunakan pada rangka)

1. Keras (*Hardness*)
2. Kaku (*Stiffness*)

c. *Objective* (apa yang dapat dimaksimalkan atau diminimalkan dari rangka)

1. Kuat (*Strength*)

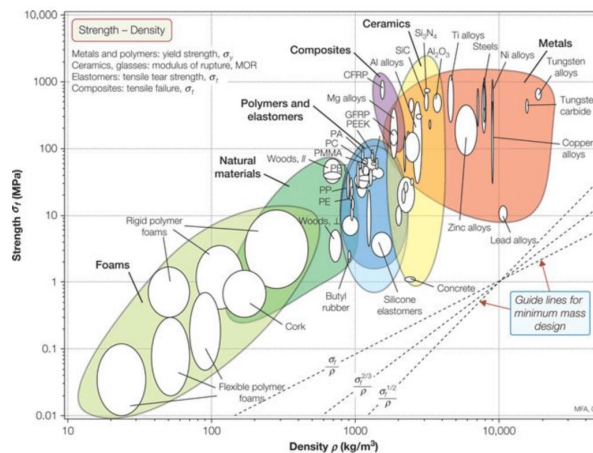
d. *Free Variable* (parameter yang dapat di ubah oleh perancang)

1. Pemilihan material pada rangka

4.2.2 *Screening*

Kemudian pada tahap kedua ini yaitu akan dilakukan eliminasi kandidat material yang tidak sesuai dengan batasan yang digunakan pada rangka. Untuk mendapatkan material yang mampu menahan beban statis dengan baik dan bersifat keras dan kaku, maka dibutuhkan hubungan

antara variabel-variabel tersebut. Berdasarkan (Ashby, 2011), berikut ini adalah gambar grafik untuk menentukan material pada rangka.



Gambar 4.1 Pemilihan Material Rangka

Berdasarkan grafik di atas, terdapat 6 kelas material yang dapat memenuhi dari fungsi rangka yaitu logam, komposit, polimer, keramik, busa dan material alam. Material logam ini lah yang paling memenuhi, karena material-material lain seperti polimer sangat mudah terdeformasi apabila terkena panas, sedangkan *belt conveyor* ini akan ditempatkan di lingkungan outdoor, busa dan material-material alam seperti kayu, dan karet memiliki ketahanan terhadap pembebanan yang buruk sehingga tidak cocok apabila diaplikasikan sebagai material rangka, kemudian komposit dan keramik yang sangat sulit untuk dimanufaktur. Kandidat-kandidat material logam yang memenuhi syarat adalah aluminium (Al), baja dan besi.

4.2.3 Ranking

Berdasarkan tahap *screening* yang telah dijabarkan di atas, kemudian dilakukan tahapan *ranking*, pada tahap ranking ini kemudian kedua kandidat material ini dipilih berdasarkan parameter objektif yang ingin dicapai, yaitu mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor*.

Tabel 4.5 Kandidat Material Rangka (Ashby, 2011)

Material	Material Indeks	Biaya per m
Aluminium <i>Alloy</i>	5,10-13,7	Rp51.690,56
Besi	2,69	Rp34.000,00
Baja Karbon	1,7	Rp46.000,00

Dari nilai indeks material diatas, dapat disimpulkan bahwa material aluminium memiliki nilai material indeks dan biaya yang paling besar dibandingkan kedua material metal lainnya, hal ini menunjukkan bahwa aluminium mempunyai kekakuan yang cukup besar dan massa jenis yang rendah. Akan tetapi apabila dilihat dari segmen harga, maka baja karbon memiliki harga yang lebih murah dibandingkan aluminium, namun, lebih mahal daripada besi. Kemudian, jika dilihat dari kebutuhan pada *belt conveyor*, rangka harus mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor* sehingga dipilihlah baja karbon untuk memenuhi fungsi ini.

4.2.4 Informasi Pendukung

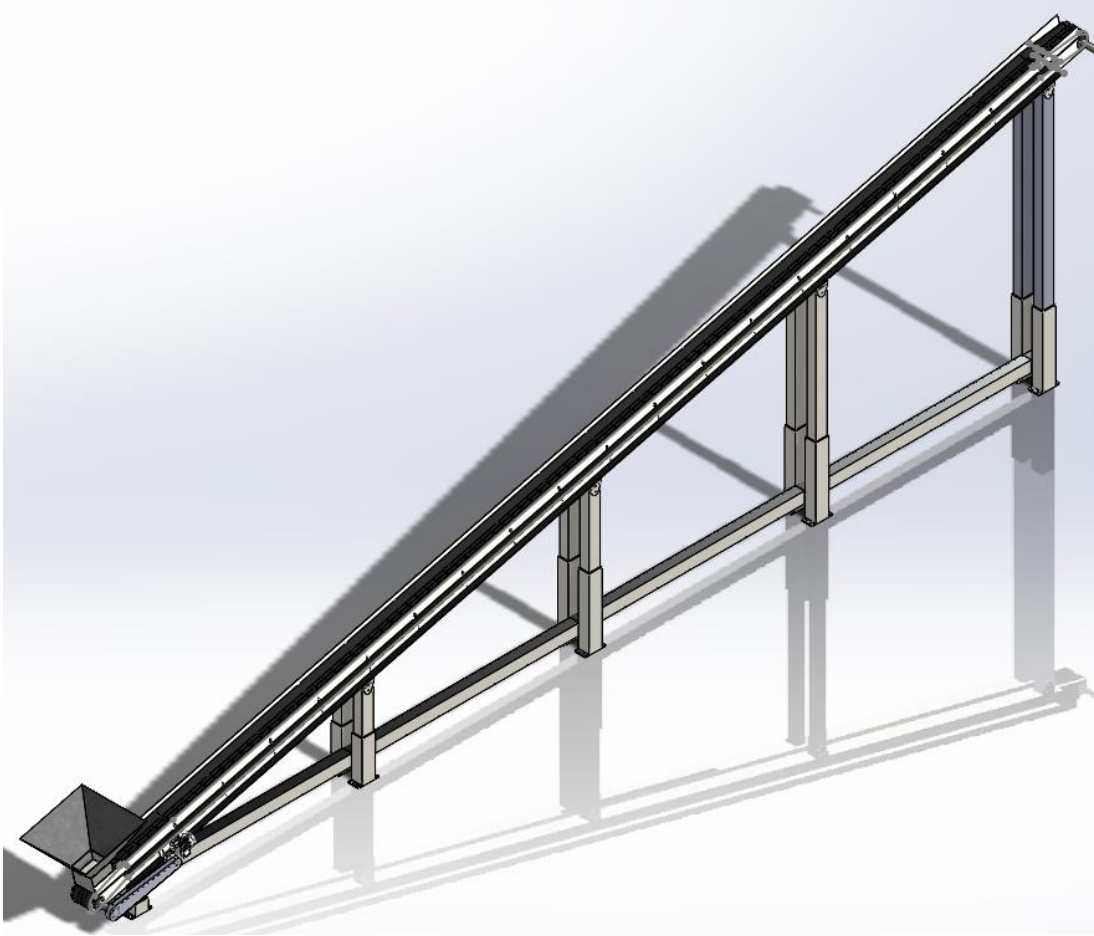
Pada tahap sebelumnya dijelaskan bahwa material pada *belt* dipilih hanya berdasarkan tahap *translation*, sehingga membutuhkan beberapa informasi pendukung (*supporting information*) dari material Baja Karbon Medium ini berupa perilaku material ini pada benda lainnya. Baja karbon ini memiliki kekakuan yang sangat baik dikarenakan kandungan karbonnya. Hal ini sangat penting untuk mencegah terjadinya patahan akibat beban menekuk. Salah satu jenis baja yang digunakan yaitu bertipe *plain carbon steel*. Selain memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi, baja ini juga sangat mudah ditemukan dipasaran.

Tabel 4.6 Material Properties *Baja Karbon Medium* (Sumber: matweb.com)

Sifat Fisik	
Densitas	7,75-7,89 g/cc
Ukuran Partikel	6,7-12 μm
Sifat Mekanis	
Tensile Strength, Ultimate	450-2730 MPa
Tensile Strength, Yield	245-1740 MPa
Elongasi pada saat patah	5-34,2 %
Modulus Elastisitas	20-71,4 %
Poisson Ratio	0,28-0,3
Shear Modulus	72-82 GPa
Bulk Modulus	152-163 GPa

4.3 Perancangan Sistem *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah gambar hasil dari perancangan sistem *belt conveyor* beserta dimensinya. Kemudian, di bawah gambar ini akan dijabarkan mengenai komponen-komponen utama pada *belt conveyor* ini.



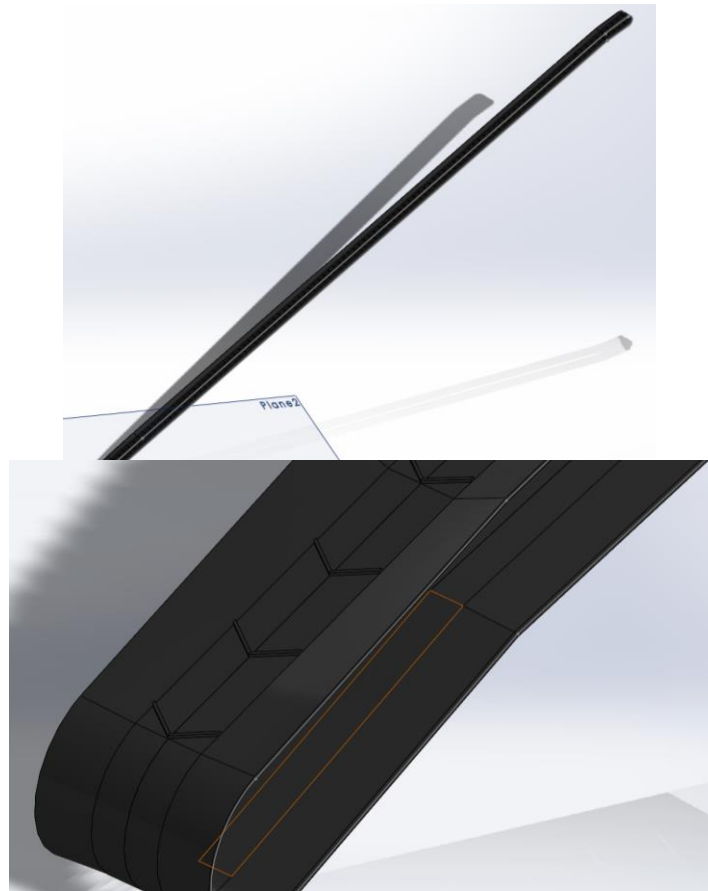
Gambar 4.2 Rancangan *Belt Conveyor*

4.3.1 Rangka



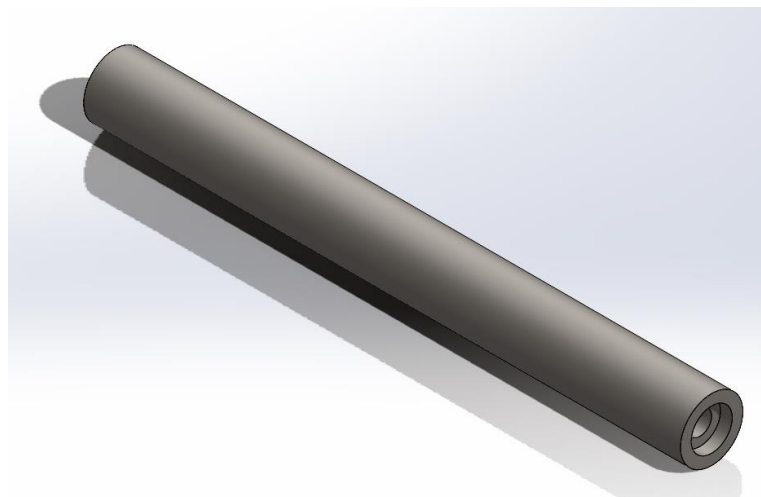
Gambar 4.3 Rangka

4.3.2 Chevron Belt



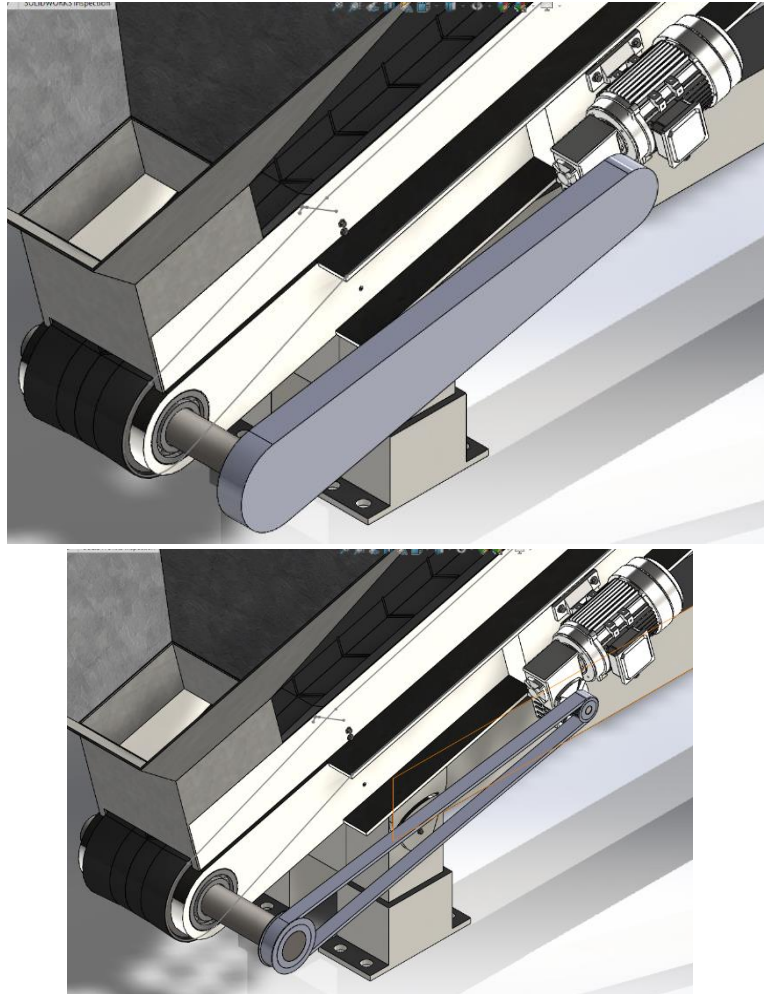
Gambar 4.4 *Chevron Belt*

4.3.3 Return Roller



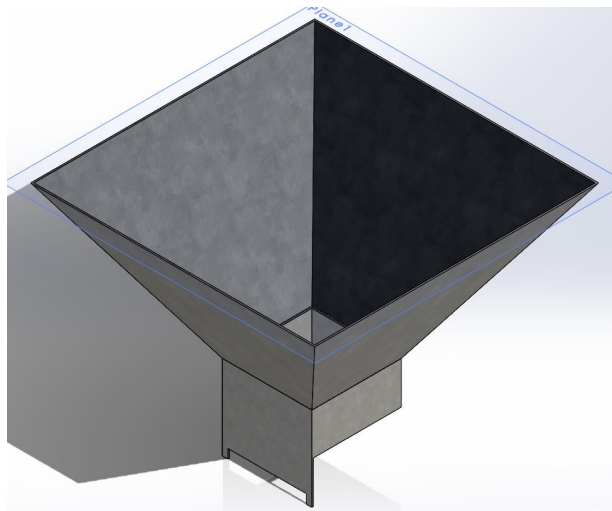
Gambar 4.5 *Return Roller*

4.3.4 Sistem Motor Penggerak



Gambar 4.6 Sistem Motor Penggerak

4.3.5 Hopper



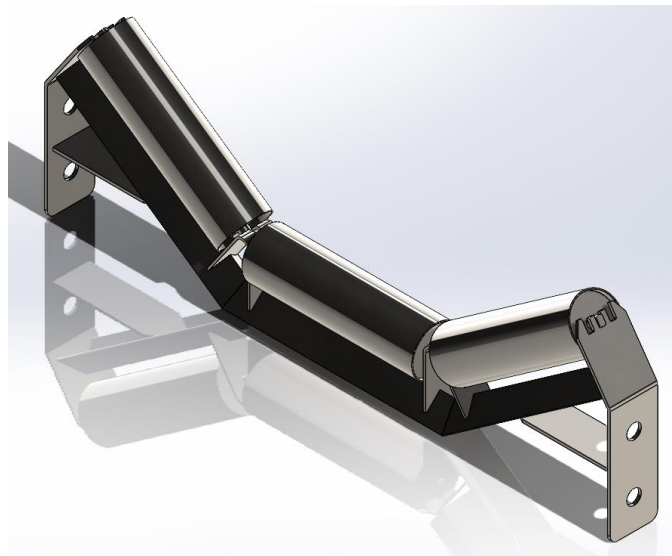
Gambar 4.7 Hopper

4.3.6 *Carrying Idler 1/Troughed Idler 1*



Gambar 4.8 *Carrying Idler 1/Troughed Idler 1*

4.3.7 *Carrying Idler 2/Troughed Idler 2*

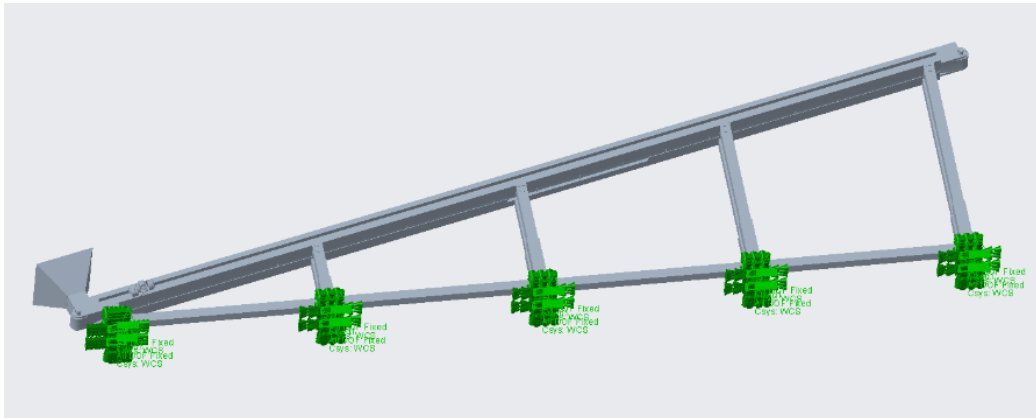


Gambar 4.9 *Carrying Idler 2/Troughed Idler 2*

4.4 Simulasi dan Perhitungan Beban yang Bekerja

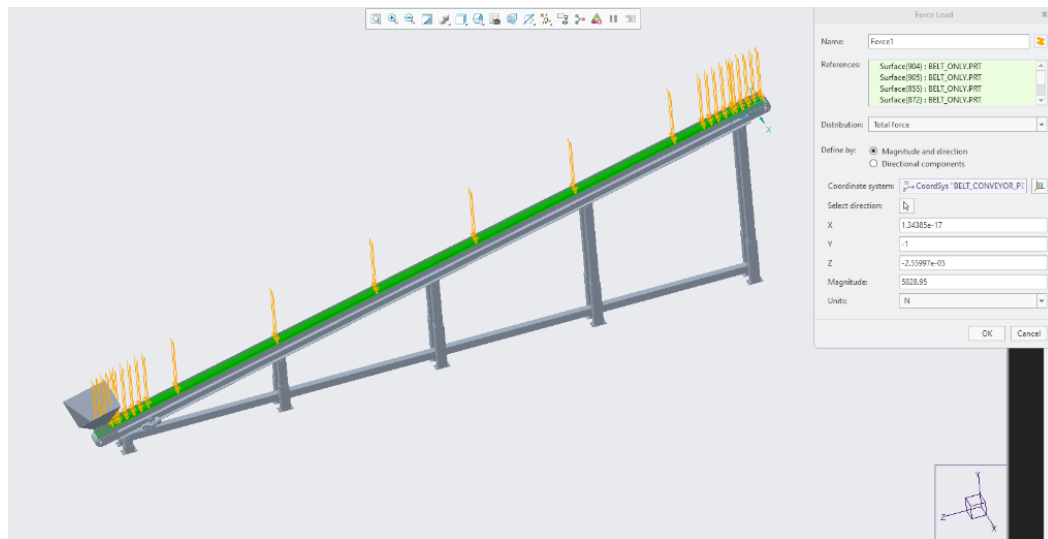
Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan berapa besarnya komponen pada *belt conveyor* dan juga sudah dilakukan perancangan keseluruhan sistem *belt conveyor*, maka langkah selanjutnya harus dilakukan simulasi. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan (*safety*

factor) dari desain yang sudah dibuat, beban-beban yang terjadi pada *belt conveyor* berasal dari bobot pada setiap komponen seperti *belt*, motor listrik dan *roller idlers*nya. Simulasi yang akan dilakukan adalah simulasi pembebanan statis pada sistem *belt conveyor*, simulasi pembebanan statis pada kedua poros *head* dan *tail pulley*. Sedangkan, untuk titik penahannya (*fixed support*) terdapat pada setiap baut di *belt conveyor* dan juga bagian bawah rangka *belt conveyor*, berikut ini adalah gambar dari titik penahannya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.10 Titik Penahan (*Fixed Support*) pada Simulasi *Belt Conveyor*

Lalu, untuk pembebanannya dilakukan di atas *belt*, karena untuk mensimulasikan apabila biomassa serbuk kayunya berjalan di atas *belt conveyor* tersebut. Berikut ini adalah ilustrasi untuk pembebanan yang dilakukan di atas *belt conveyor*.



Gambar 4.11 Pembebanan yang dilakukan di atas *belt* pada Simulasi *Belt Conveyor*

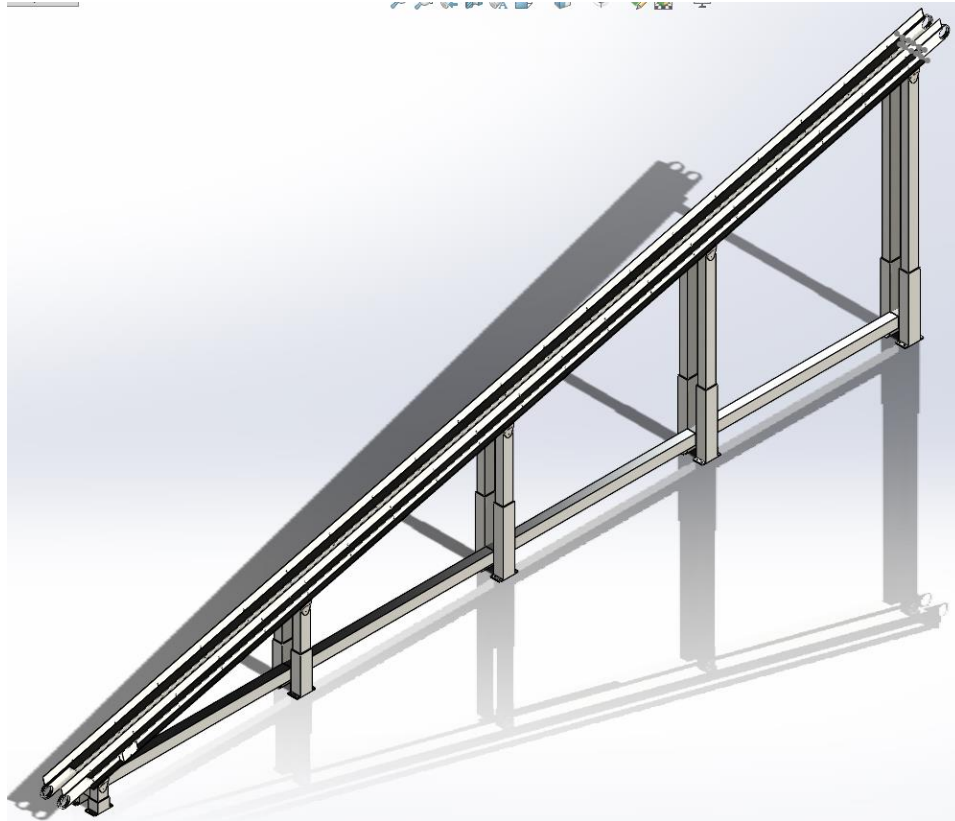
Kemudian, harus ditentukan dulu profil *mass properties* untuk setiap komponen pada *belt conveyor*. *Mass properties* ini terdapat berbagai macam informasi di dalamnya, seperti massa, *center of gravity* atau disebut juga *center of mass*, densitas, total volume dan momen inersianya.

4.4.1 *Mass Properties*

Definisi dari *mass properties* ini adalah informasi dari setiap komponen pada *belt conveyor*. *Mass properties* ini terdapat berbagai macam informasi di dalamnya, seperti massa, *center of gravity* atau disebut juga *center of mass*, densitas, total volume dan momen inersianya. Berikut ini komponen yang sudah ditentukan *mass properties*nya.

4.4.1.1 Rangka

Rangka ini merupakan bagian terpenting pada sebuah *belt conveyor*, karena pada *belt conveyor* ini berfungsi sebagai penopang untuk berbagai komponen seperti head dan tail pulley, *troughed roller*, *return roller*, *belt* beserta motor penggeraknya. Berikut ini adalah desain rangka dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass properties*nya.



Gambar 4.12 Rangka *Belt Conveyor*

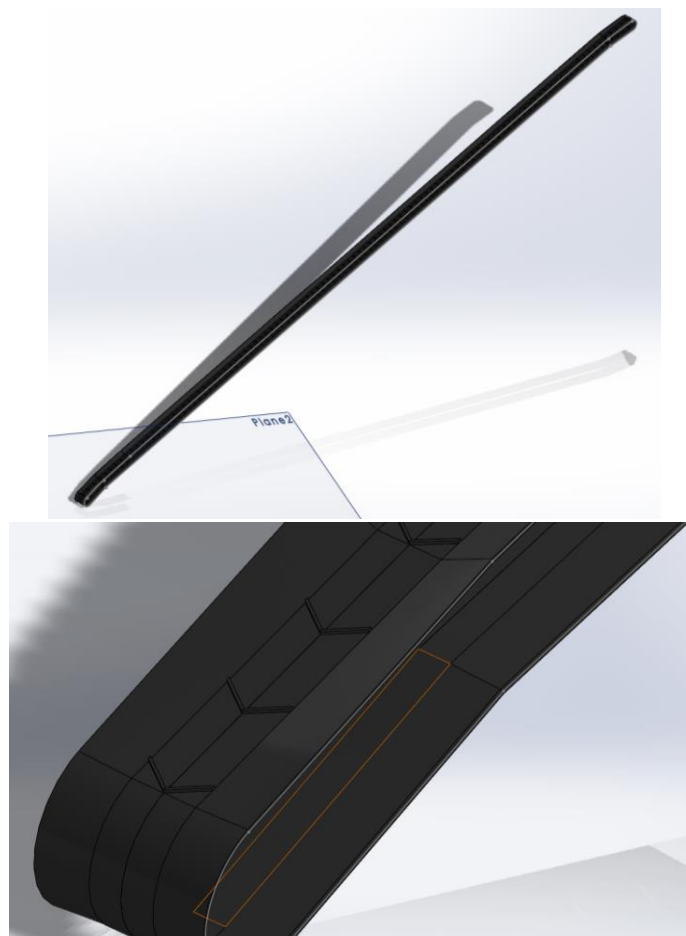
Mass properties of Belt Conveyor Pengangkut Sekam Kayu Rangka Only		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Mass = 58600672.43 grams		
Volume = 7512746475.96 cubic millimeters		
Surface area = 483118767.33 square millimeters		
Center of mass: (millimeters)		
X = 14674.05		
Y = 6284.81		
Z = 17968.41		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass.		
lx = (0.00, -0.16, 0.99)	Px = 281468156899462.78	
ly = (-0.02, -0.99, -0.16)	Py = 4728204174444052.00	
lz = (1.00, -0.02, 0.00)	Pz = 5000020776250499.00	
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 4999920563782743.00	Lxy = 4142089316538.57	Lxz = 6156679202583.07
Lyx = 4142089316538.57	Lyy = 4619868860320461.00	Lyz = -685863639951106.75
Lzx = 6156679202583.07	Lzy = -685863639951106.75	Lzz = 389903683490823.88
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 26234606355100928.00	lxy = 5408511164969664.00	lxz = 1545735561
lyx = 5408511164969664.00	lyy = 36158246583628552.00	lyz = 5931797480926779.00
lzx = 15457355612619796.00	lzy = 5931797480926779.00	lzz = 1532291703

Gambar 4.13 *Mass Properties* dari Rangka *Belt Conveyor*

Jenis material	: <i>Plain Carbon Steel</i>
Massa benda	: 58600672,43 gr
Volume	: 7.512.746.475,96 mm ³
<i>Surface area</i>	: 483.118.767,33 mm ²
<i>Center of Mass</i>	: X = 14.674,05 mm Y = 6.284,81 mm Z = 17.968,41 mm

4.4.1.2 *Chevron Belt*

Belt berfungsi untuk menerima transfer energi gerak dari *Pulley* yang berputar, kemudian *Belt* akan mengangkut material dari ujung suatu konstruksi *belt conveyor* ke ujung lainnya. Berikut ini adalah *belt* dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



Gambar 4.14 *Chevron Belt*

```

Mass properties of Belt Only 2
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter
Mass = 369960.50 grams
Volume = 369960502.43 cubic millimeters
Surface area = 77059954.92 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = 0.06
Y = 4087.61
Z = -15282.88

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass.
Ix = ( 0.00, -0.25, 0.97)   Px = 24169783744.71
Iy = ( 0.00, -0.97, -0.25) Py = 31987850041654.40
Iz = ( 1.00, 0.00, 0.00)   Pz = 31994182781531.67

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
Lxx = 31994182779805.84   Lxy = 56667201.71   Lxz = -215667707.61
Lyx = 56667201.71       Lyy = 29997159620271.04   Lyz = -7724438087641.86
Lzx = -215667707.61     Lzy = -7724438087641.86   Lzz = 2014860206854.00

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
lxx = 124586027973815.36   lxy = 140943119.39   lxz = -530761118.87
lyx = 140943119.39       lyy = 116407502118372.61   lyz = -30836031827549.26
lzx = -530761118.87     lzy = -30836031827549.26   lzz = 8196362905059.93

```

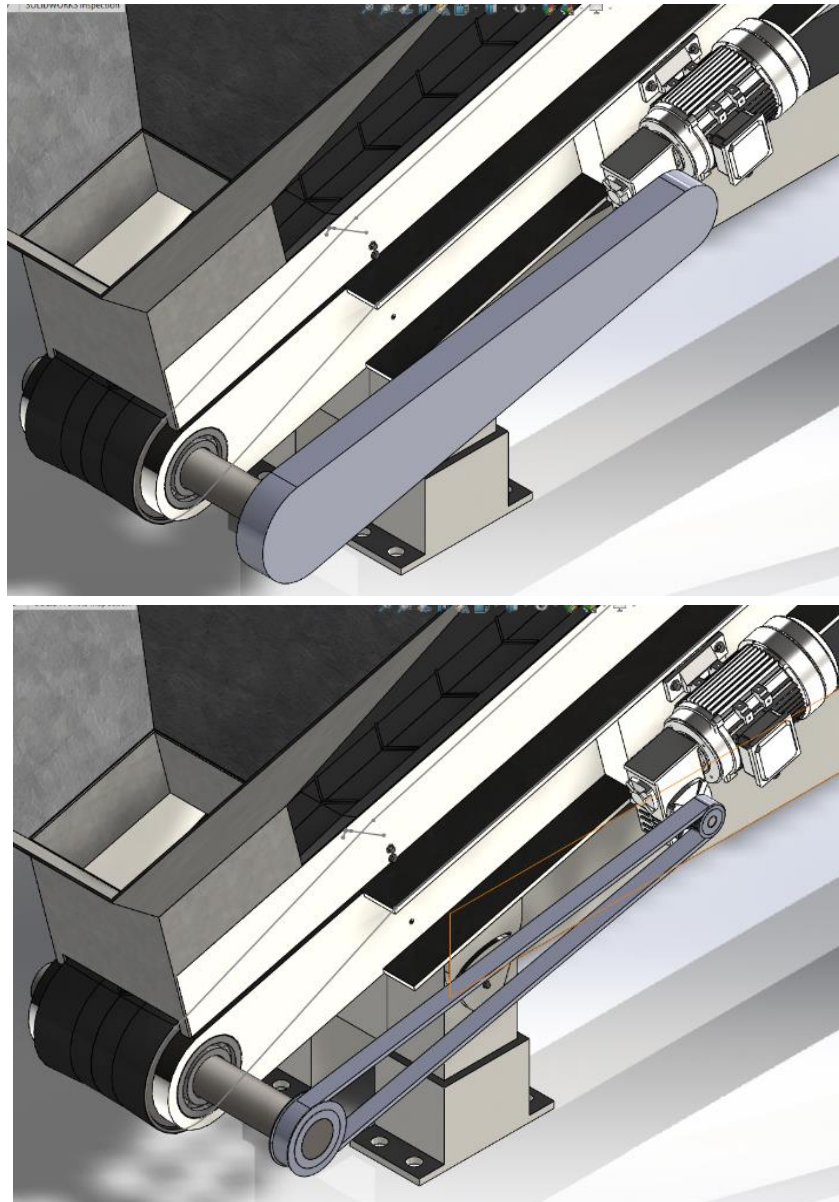
Gambar 4.15 *Mass Properties Belt*

Jenis material	: <i>Rubber</i> yang di dalamnya berisi serat baja
Massa jenis	: 0 gr/mm ³
Massa benda	: 369.960,5 gr
Volume	: 369960502,43 mm ³
<i>Surface area</i>	: 77059954,92 mm ²
<i>Center of Mass</i>	: X = 0,06 mm Y = 4.087,61 mm Z = -15.282,88 mm

4.4.1.3 Motor Penggerak beserta Transmisi

Satu buah motor penggerak dengan pengaturan transmisi yang disesuaikan akan digunakan untuk menggerakkan sistem pada *belt conveyor*. Ketika motor penggerak digerakkan, transmisi akan mengkonversi dari daya menjadi gerakan, yang kemudian akan menggerakkan mulai dari satu *roller* ke *roller* yang lainnya, *roller-roller* pada *roller conveyor* itu terhubung satu sama lain.

Berikut ini adalah desain dari motor penggerak beserta transmisinya beserta nilai *mass properties*nya.



Gambar 4.16 Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa *Pulley*

```

Mass properties of Motor Penggerak beserta Transmisi
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Mass = 920984.05 grams

Volume = 146207163.70 cubic millimeters

Surface area = 9223389.02 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = 14813.15
Y = 3709.61
Z = 34327.32

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass.
Ix = (-0.29, -0.23, 0.93) Px = 59161864326.91
Iy = ( 0.96, -0.08, 0.28) Py = 791471178148.41
Iz = ( 0.01, 0.97, 0.25) Pz = 831040243847.15

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation)
Lxx = 730693453462.42 Lxy = 48388588392.98 Lxz = -196160475142.14
Lyx = 48388588392.98 Lyy = 789234417442.82 Lyz = -167254889191.39
Lzx = -196160475142.14 Lzy = -167254889191.39 Lzz = 161745415417.23

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
Ixx = 1098659982763959.50 Ixy = 50657353287492.45 Ixz = 468120411898561.94
Iyx = 50657353287492.45 Iyy = 1288135741715571.50 Iyz = 117111651165881.14
Izx = 468120411898561.94 Izy = 117111651165881.14 Izz = 214926620806698.75

One or more components have overridden mass properties:
bearing v1<3><Default>
bearing v1<4><Default>

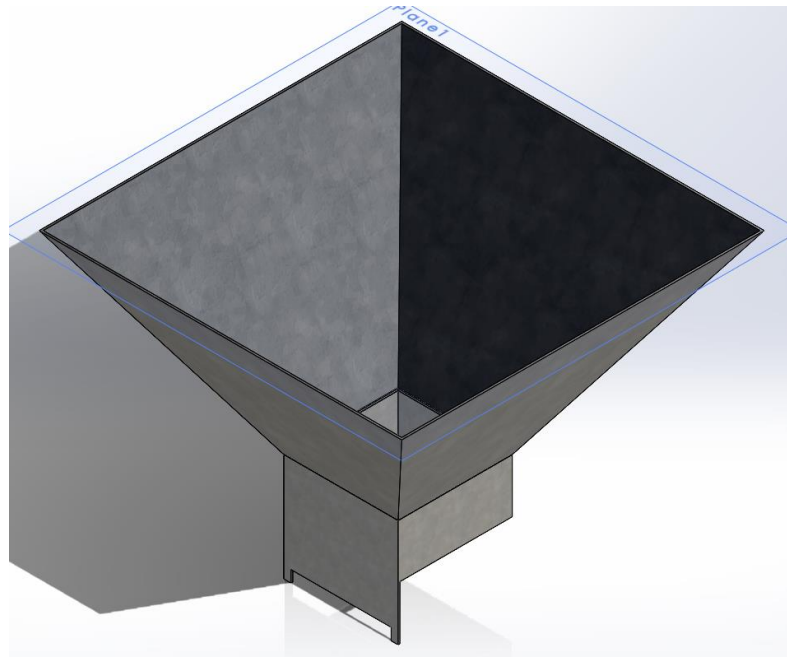
```

Gambar 4.17 *Mass Properties* Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa *Pulley*

Massa benda	: 920.984,05 gr
Volume	: 146.207.163,70 mm ³
Surface area	: 9.223.389,02 mm ²
Center of Mass	: X = 14813,15 mm
	Y = 3.709,61 mm
	Z = 34327,32 mm

4.4.1.4 Hopper

Hopper atau biasa disebut juga *transfer chute* adalah sebuah corong yang terletak di bagian paling depan *belt conveyor* yang berfungsi untuk memuat material curah dari truck ataupun dari *crane*. Berikut ini adalah desain *hopper* dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass properties*nya.



Gambar 4.18 *Hopper*

Mass properties of Hopper 3		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 603138.35 grams		
Volume = 76637655.25 cubic millimeters		
Surface area = 15505336.83 square millimeters		
Center of mass: (millimeters)		
X = -3.51		
Y = 835.95		
Z = 9.84		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass.		
lx = (-0.07, -0.04, 1.00)	Px = 291756880247.28	
ly = (1.00, 0.01, 0.07)	Py = 292735467531.31	
lz = (-0.01, 1.00, 0.04)	Pz = 401483298164.61	
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 292737756025.50	Lxy = 883431115.44	Lxz = -32169962.52
Lyx = 883431115.44	Lyy = 401287715276.30	Lyz = -4543024817.64
Lzx = -32169962.52	Lzy = -4543024817.64	Lzz = 291950174641.41
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 714281399356.62	lxy = -887535333.26	lxz = -53021886.67
lyx = -887535333.26	lyy = 401353588826.48	lyz = 419676566.43
lzx = -53021886.67	lzy = 419676566.43	lzz = 713442826662.97

Gambar 4.19 *Mass Properties Hopper*

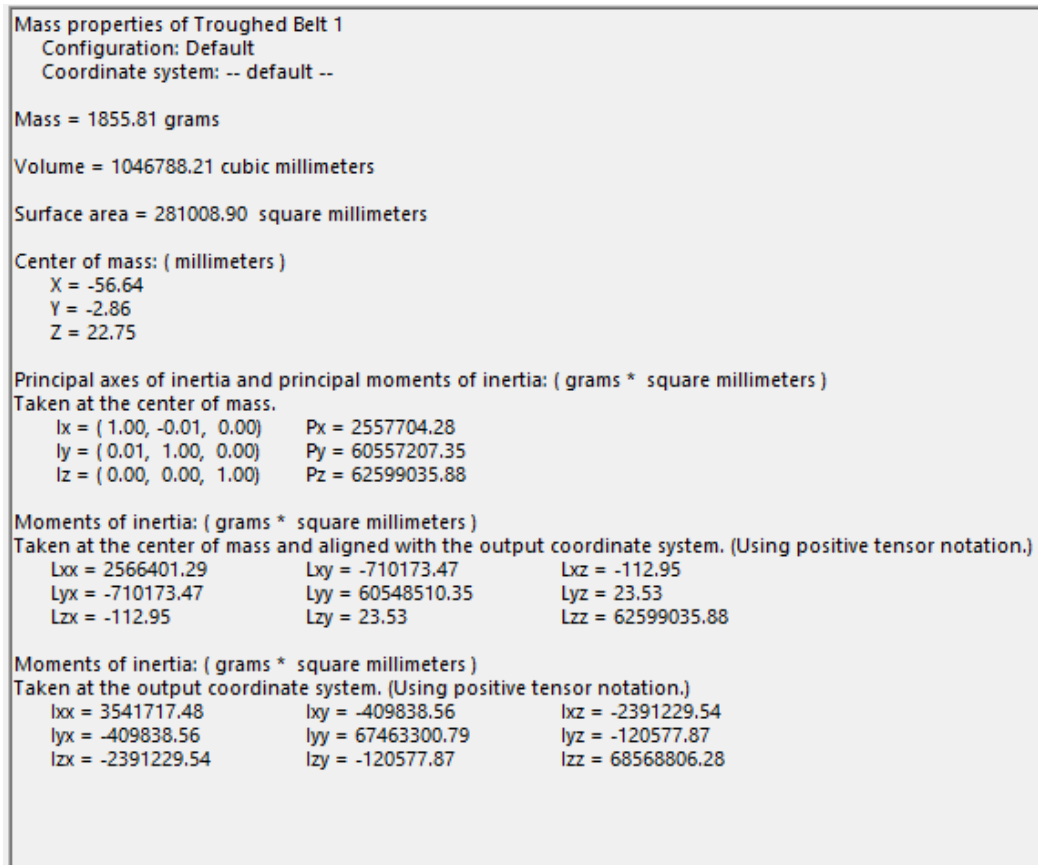
Jenis material	: <i>Galvanized Steel</i>
Massa jenis	: 0,01 gr/mm ³
Massa benda	: 603.138,35 gr
Volume	: 76.637.655,25 mm ³
Surface area	: 15.505.336,83 mm ²
Center of Mass	: X = -3,51 mm Y = 835,95 mm Z = 9,84 mm

4.4.1.5 *Carrying Idler 1/Troughed Roller 1*

Carrying Idler atau disebut juga *troughed roller* yang kedua ini berfungsi untuk menyangga *belt* yang membawa muatan material. *Troughed roller* yang pertama ini sudutnya tidak lebih cembung daripada *troughed roller* yang kedua, dikarenakan agar terjadi transisi yang baik dengan *head* atau *tail pulley* dan tidak menyebabkan *belt* cepat aus atau terjadi *crack*. Berikut ini adalah desain *troughed roller* yang pertama dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



Gambar 4.20 *Carrying Idler 1/Troughed Roller 1*



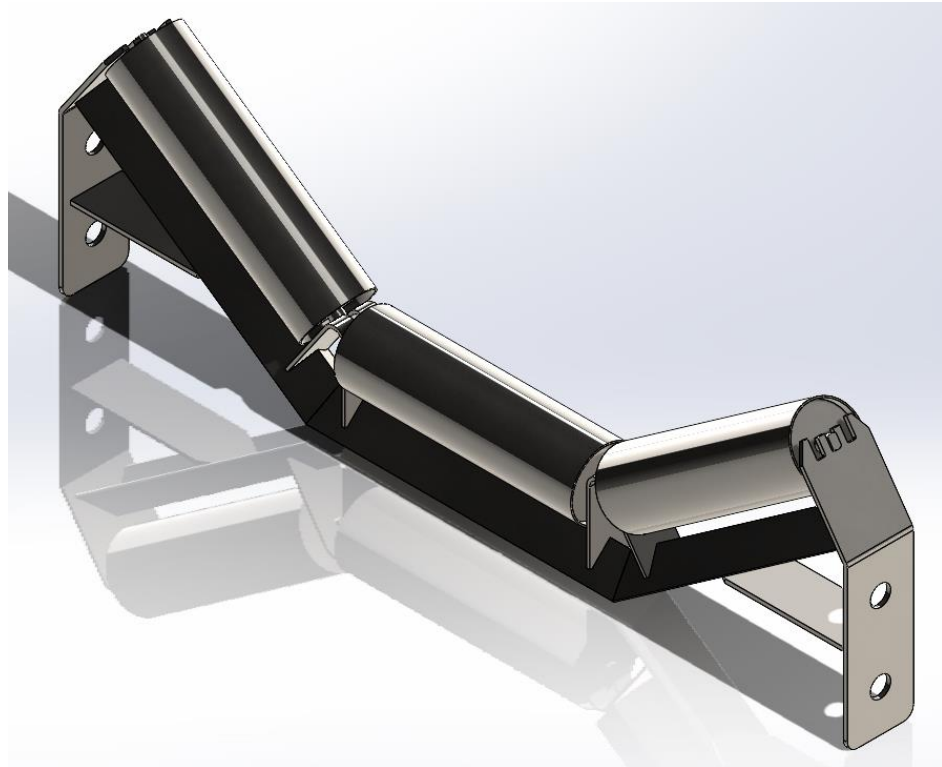
Gambar 4.21 *Mass Properties Carrying Idler/Troughed Roller 1*

Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa benda	: 1.855,81 gr
Volume	: 1.046.788,21 mm ³
Surface area	: 281.008,9 mm ²
Center of Mass	: X = -56,64 mm
	Y = -2,66 mm
	Z = 22,75 mm

4.4.1.6 Carrying Idler 2/Troughed Roller 2

Carrying Idler atau disebut juga *troughed roller* yang kedua ini berfungsi untuk menyangga *belt* yang membawa muatan material. *Troughed roller* yang kedua ini sudutnya lebih cembung daripada *troughed roller* yang pertama, dikarenakan agar tidak adanya material yang terbuang. Berikut ini adalah desain

troughed roller yang kedua dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



Gambar 4.22 *Carrying Idler 2/Troughed Roller 2*

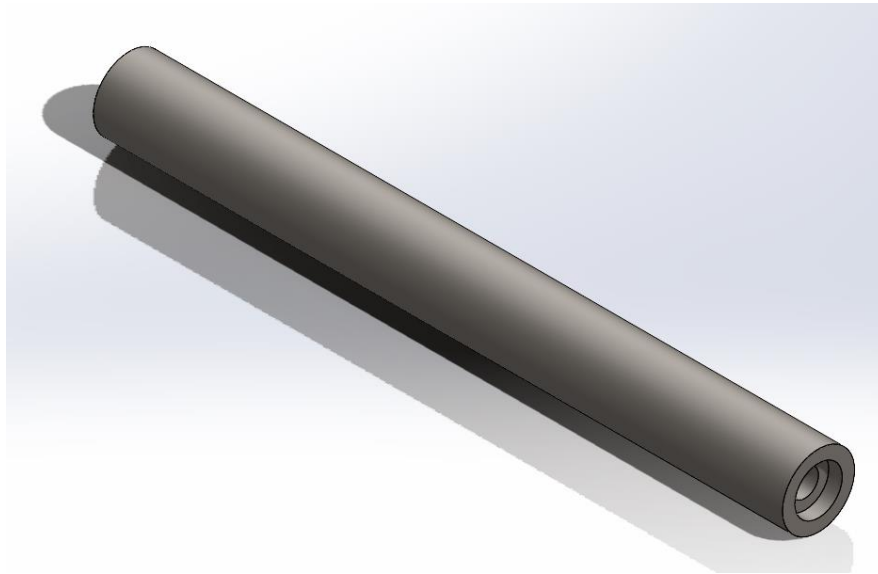
Mass properties of Trough idler 2		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
* Includes the mass properties of one or more hidden components/bodies.		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 3392.79 grams		
Volume = 440621.59 cubic millimeters		
Surface area = 457172.17 square millimeters		
Center of mass: (millimeters)		
X = 105.31		
Y = 26.96		
Z = 12.87		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass.		
lx = (1.00, 0.03, 0.00)	Px = 8353898.91	
ly = (-0.03, 1.00, 0.02)	Py = 136383167.20	
lz = (0.00, -0.02, 1.00)	Pz = 143358040.16	
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 8465488.30	Lxy = 3739694.12	Lxz = 548321.99
Lyx = 3739694.12	Lyy = 136276426.39	Lyz = 150405.67
Lzx = 548321.99	Lzy = 150405.67	Lzz = 143353191.58
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 11493072.46	lxy = 13371819.45	lxz = 5146368.53
lyx = 13371819.45	lyy = 174465623.74	lyz = 1327448.40
lzx = 5146368.53	lzy = 1327448.40	lzz = 183446213.37

Gambar 4.23 *Mass Properties* dari *Troughed Roller 2*

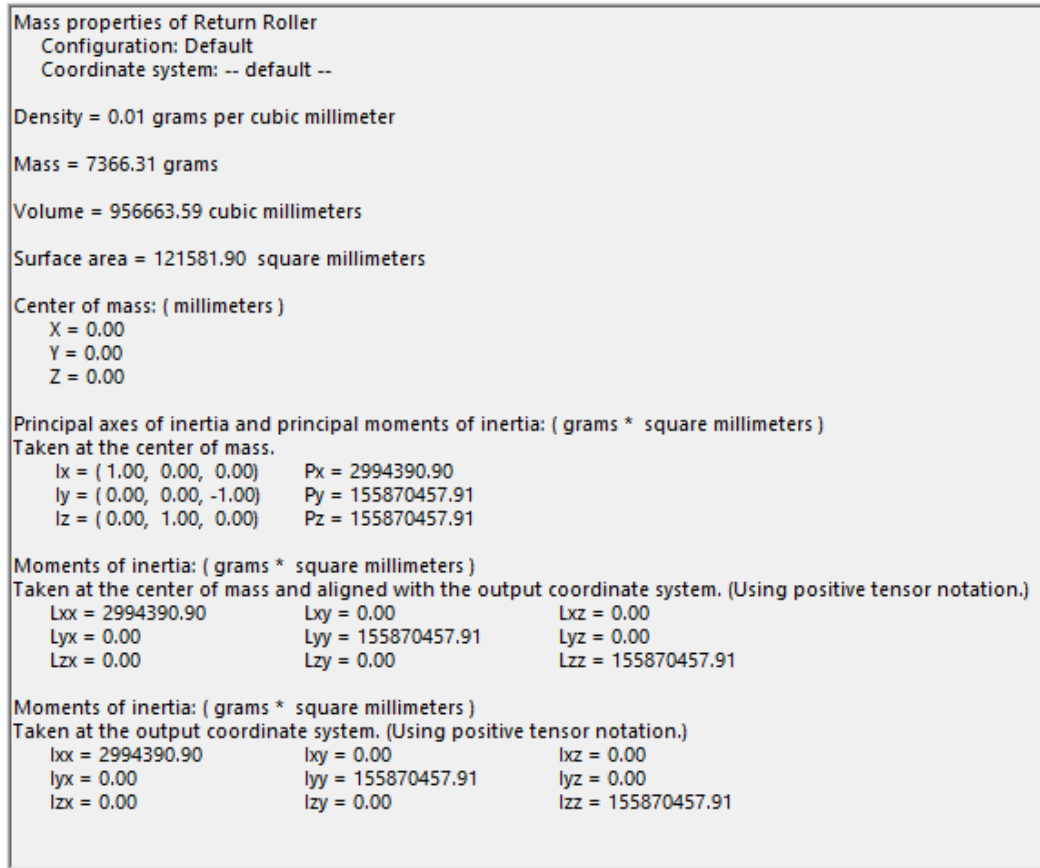
Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa jenis	: 0,01 gr/mm ³
Massa benda	: 3392,79 gr
Volume	: 440.621,59 mm ³
Surface area	: 457.172,17 mm ²
Center of Mass	: X = 105,31 mm Y = 26,96 mm Z = 12,87 mm

4.4.1.7 Return Roller

Return Idlers ini berfungsi untuk menyangga *Belt* dengan muatan kosong serta terletak pada bagian bawah *Carrying Idler* dan untuk mengembalikan *belt* ke atas kembali ke posisi *troughed roller*. Berikut ini adalah desain *return roller* yang pertama dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass properties*nya.



Gambar 4.24 *Return Roller*

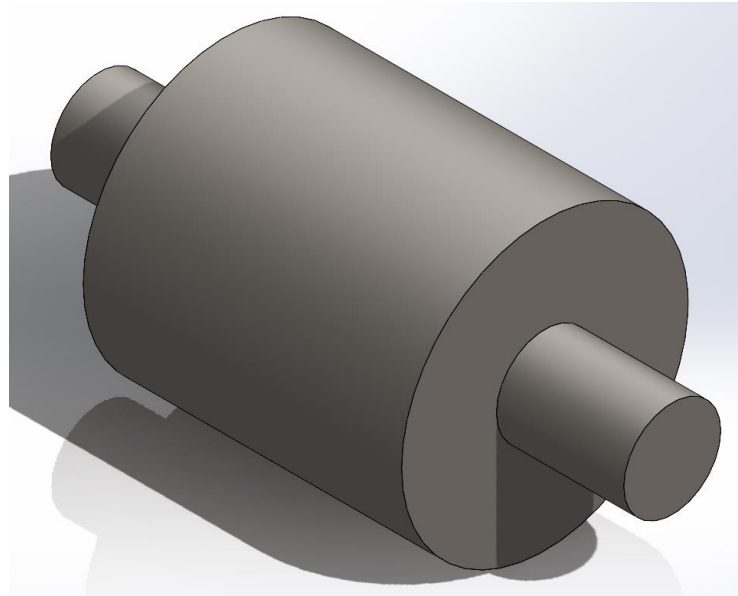


Gambar 4.25 *Mass Properties* dari *Return Roller*

Jenis material	: <i>Alloy Steel (SS)</i>
Massa jenis	: $0,01 \text{ gr/mm}^3$
Massa benda	: $7.366,31 \text{ gr}$
Volume	: $956.663,59 \text{ mm}^3$
<i>Surface area</i>	: $121.581,90 \text{ mm}^2$
<i>Center of Mass</i>	: $X = 0 \text{ mm}$
	$Y = 0 \text{ mm}$
	$Z = 0 \text{ mm}$

4.4.1.8 *Head dan Tail Pulley*

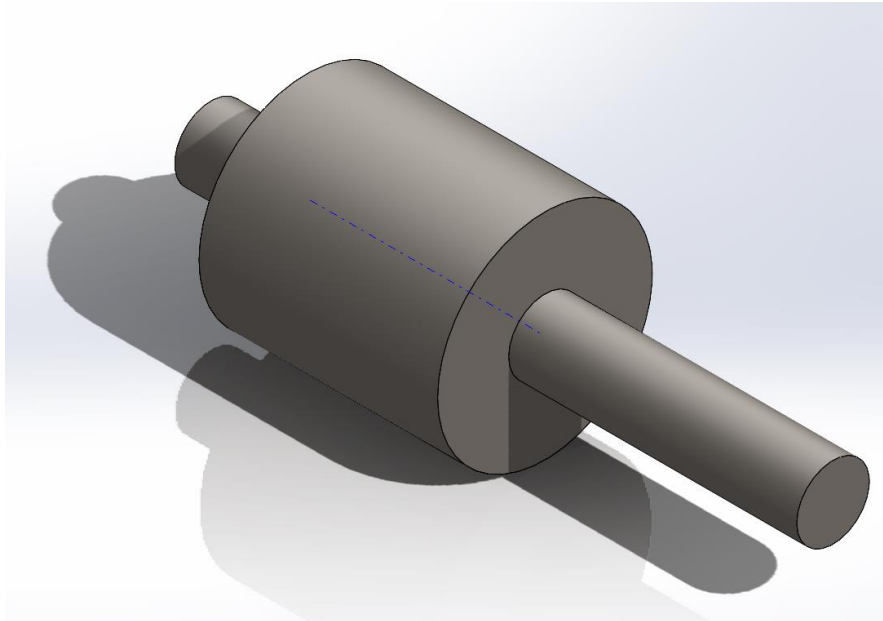
Head Pulley berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar pada *Belt* sehingga belt bergerak sebagaimana mestinya. Sedangkan, *Tail Pulley* ini berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar dengan arah gerakan *belt* membalik ke *return roller*.



Gambar 4.26 *Tail Pulley*

Mass properties of Conveyor Roller Keyway		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 668499.78 grams		
Volume = 86818151.74 cubic millimeters		
Surface area = 1216456.09 square millimeters		
Center of mass: (millimeters)		
X = 0.00		
Y = 0.00		
Z = 0.00		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass.		
lx = (1.00, 0.00, 0.00)	Px = 15662363796.88	
ly = (0.00, 0.00, -1.00)	Py = 27657551865.69	
lz = (0.00, 1.00, 0.00)	Pz = 27657551865.69	
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 15662363796.88	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 27657551865.69	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 27657551865.69
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 15662363796.88	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 27657551865.69	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 27657551865.69

Gambar 4.27 *Mass Properties dari Tail Pulley*



Gambar 4.28 *Head Pulley*

Mass properties of Conveyor Roller Keyway		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 725197.59 grams		
Volume = 94181503.22 cubic millimeters		
Surface area = 1409719.91 square millimeters		
Center of mass: (millimeters)		
X = 50.96		
Y = 0.00		
Z = 0.00		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass.		
ix = (1.00, 0.00, 0.00)	Px = 15826970004.81	
iy = (0.00, 0.00, -1.00)	Py = 50716210833.00	
iz = (0.00, 1.00, 0.00)	Pz = 50716210833.00	
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 15826970004.81	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 50716210833.00	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 50716210833.00
Moments of inertia: (grams * square millimeters)		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 15826970004.81	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 52599620806.12	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 52599620806.12

Gambar 4.29 *Mass Properties dari Head Pulley*

Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa jenis	: 0,01 gr/mm ³
Massa benda	: 668.499,78 gr
Volume	: 86.818.151,74 mm ³
Surface area	: 1.216.456,09 mm ²
Center of Mass	: X = 0 mm
	Y = 0 mm
	Z = 0 mm

4.4.2 Menghitung Beban yang Akan Bekerja pada Simulasi per Satu Kali *Belt Conveyor* Berjalan

Setelah ditentukan *mass properties* pada sistem *belt conveyor* dari masing-masing komponen, kemudian harus ditentukan beban yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan. Seperti yang telah diketahui, kapasitas dari *belt conveyornya* itu sebesar 16,7 ton/jam. Namun, untuk simulasi kali ini akan ditentukan per satu kali *belt conveyor* berjalan. Berikut ini adalah perhitungannya:

$$16,7 \text{ ton/jam} = 0,004638 \text{ ton/s}$$

$$\text{Kecepatan } \textit{belt conveyor} = 2,54 \text{ m/s}$$

$$\text{Jarak } \textit{belt conveyor} = 32,035 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari } \textit{head pulley} \text{ dan } \textit{tail pulley} = 450 \text{ mm}$$

Kecepatan sudut *belt conveyor*

$$V = \omega \cdot R$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$\omega = \frac{2,54}{450} = 0,00564 \text{ rad/s}$$

Waktu tempuh *belt conveyor* untuk satu kali pengangkutan

$$S = v \cdot t \dots \dots \dots (4.1)$$

$$T = \frac{S}{v} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$T = \frac{32,035}{2,54} = 12,612 \text{ s}$$

Nilai massa yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan = T x Q

$$\begin{aligned} T \times Q &= 12,612 \text{ s} \times 0,004638 \text{ ton/s} \\ &= 0,585 \text{ Ton} = 5.828,95 \text{ Newton} \end{aligned}$$

4.4.3 Menghitung Pembuktian Kecepatan dari Tabel Rekomendasi berdasarkan Nilai Putaran

Setelah dilakukan penghitungan beban yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan. Kemudian, harus dihitung kecepatannya berdasarkan nilai putaran. Berikut ini adalah rumus dan perhitungannya.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{3600} \dots\dots\dots(4.3)$$

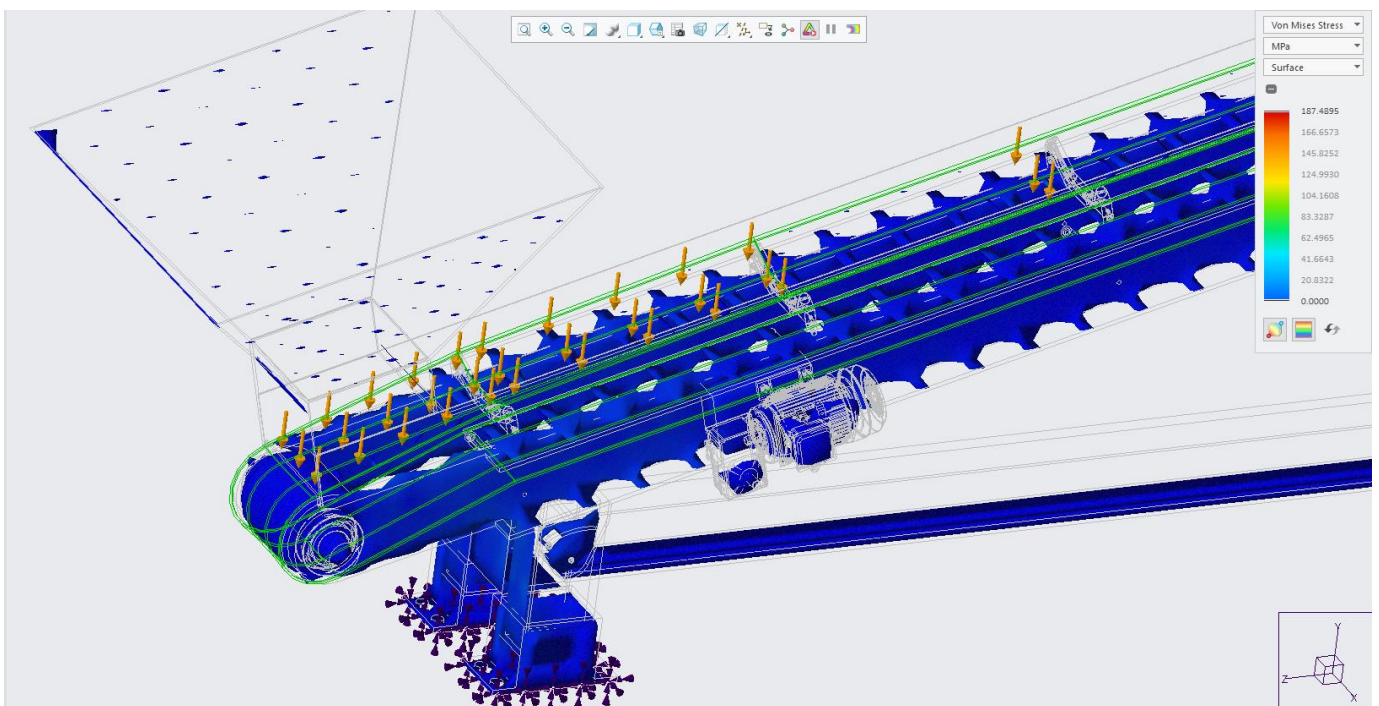
$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{3600} = 2,61 \text{ m/s}$$

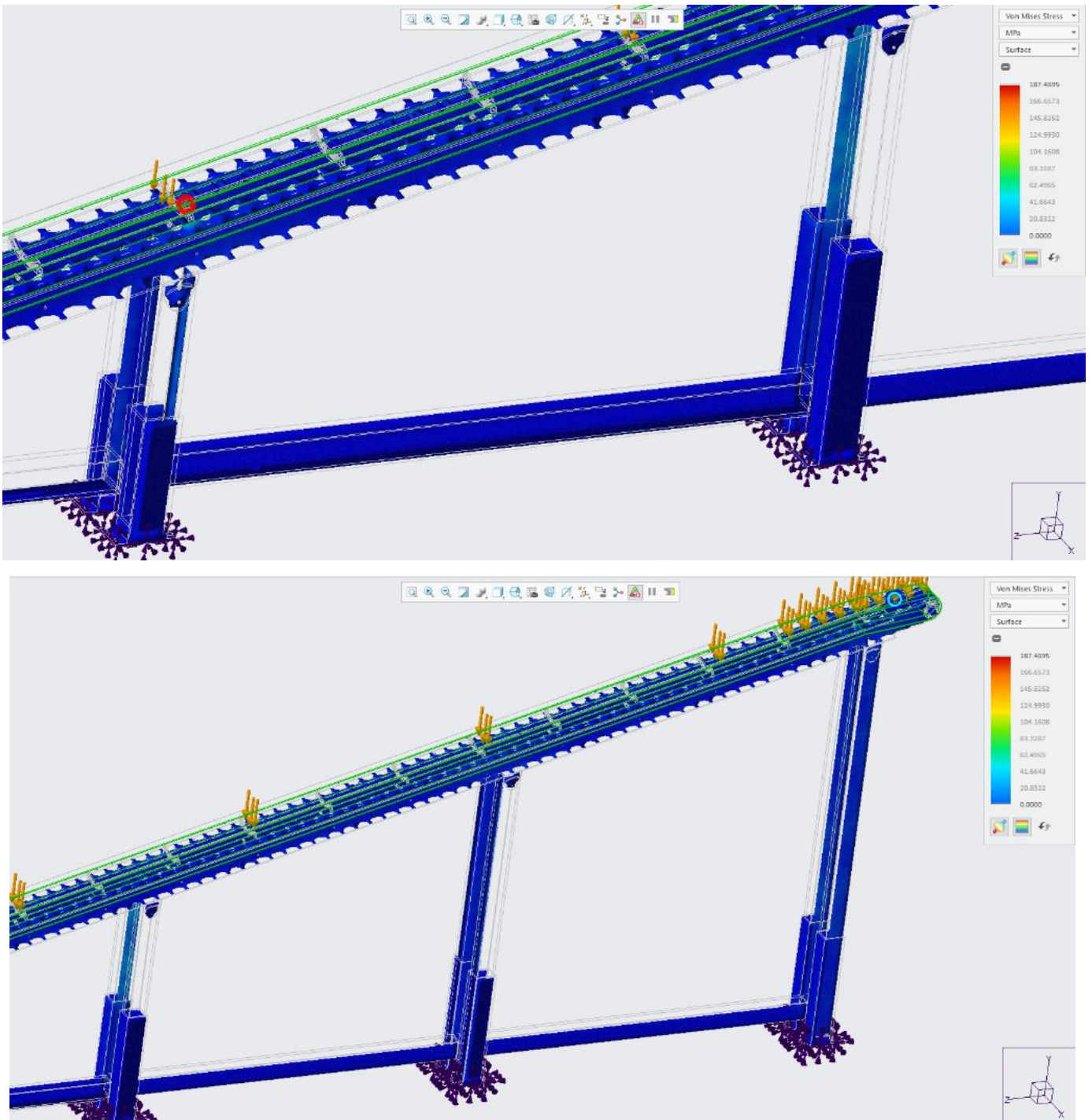
Berdasarkan tabel yang direkomendasikan yang nilai kecepatannya adalah 2,54 m/s. Maka, nilai kecepatannya sudah melebihi yang direkomendasikan, yaitu sebesar 2,61 m/s.

4.4.4 Hasil Simulasi Pembebanan Statis pada Sistem *Belt Conveyor*

Setelah ditentukan berapa nilai beban yang bekerja pada sistem *belt conveyor* dari masing-masing komponen, Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai dari berat dan material ke dalam software PTC CREO dan kemudian dilakukan pembebanan statis. Berikut ini adalah gambar hasil dari simulasinya.

4.4.3.1 Hasil Simulasi Tegangan (*Stress*)





Gambar 4.30 Hasil Distribusi Tegangan pada Sistem *Belt Conveyor*

Berdasarkan simulasi yang dilakukan di atas, dapat dilihat bahwa angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara 0 MPa sampai dengan 20,8322 MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga hijau muda, sedangkan warna biru muda hingga merah yang terjadi pada tengah-tengah rangka

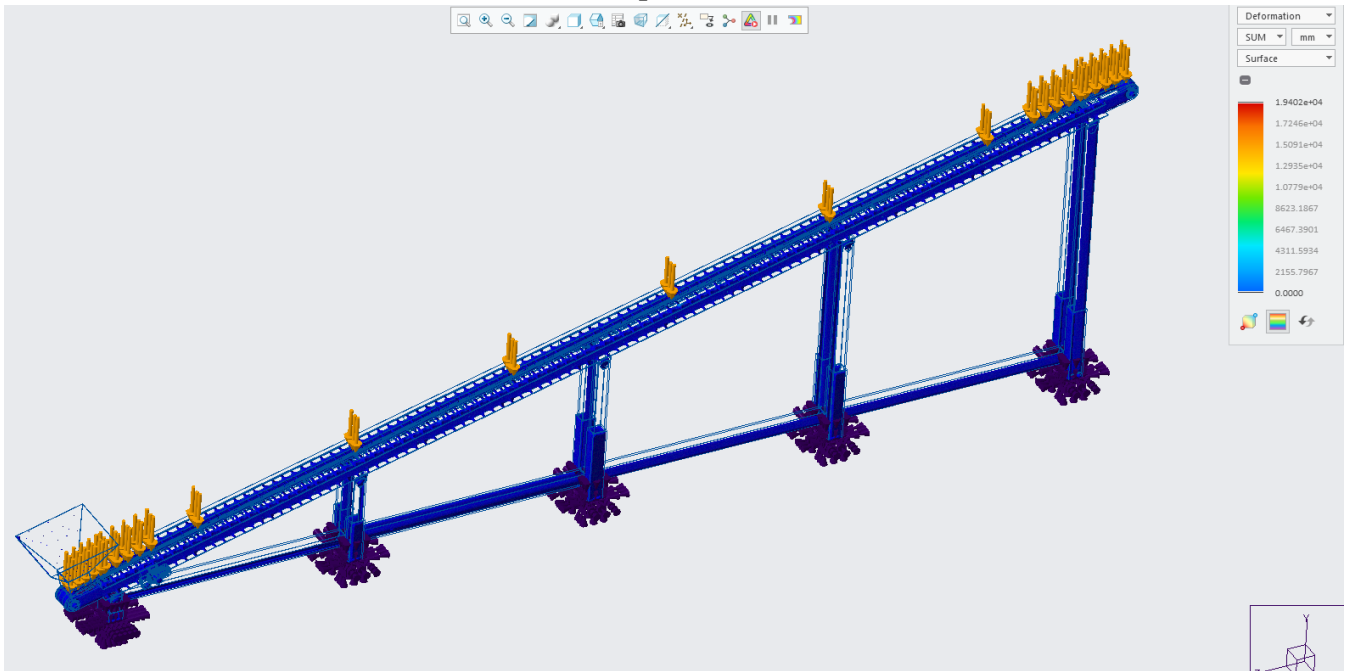
dengan kisaran tegangan sebesar 0 MPa sampai dengan 62,4965 MPa. Tegangan maksimalnya adalah 62,4965 MPa, nilai *yield strength* maksimumnya adalah 187,4895 MPa dan dari data tegangan dan simulasi di atas, dapat dihitung nilai *safety factornya* sebagai berikut,

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} = \frac{187,4895 \text{ MPa}}{62,4965 \text{ MPa}} = 3$$

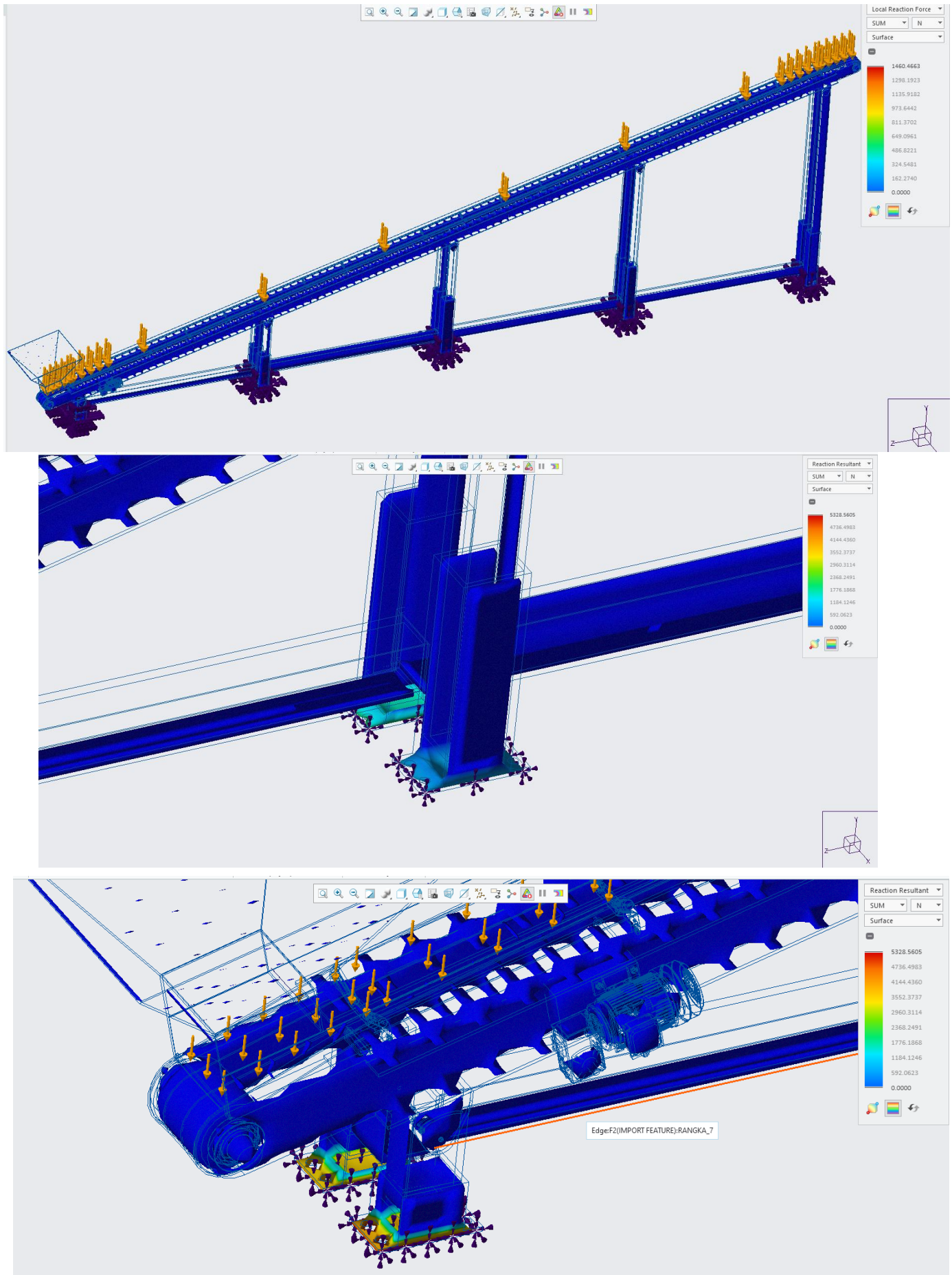
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

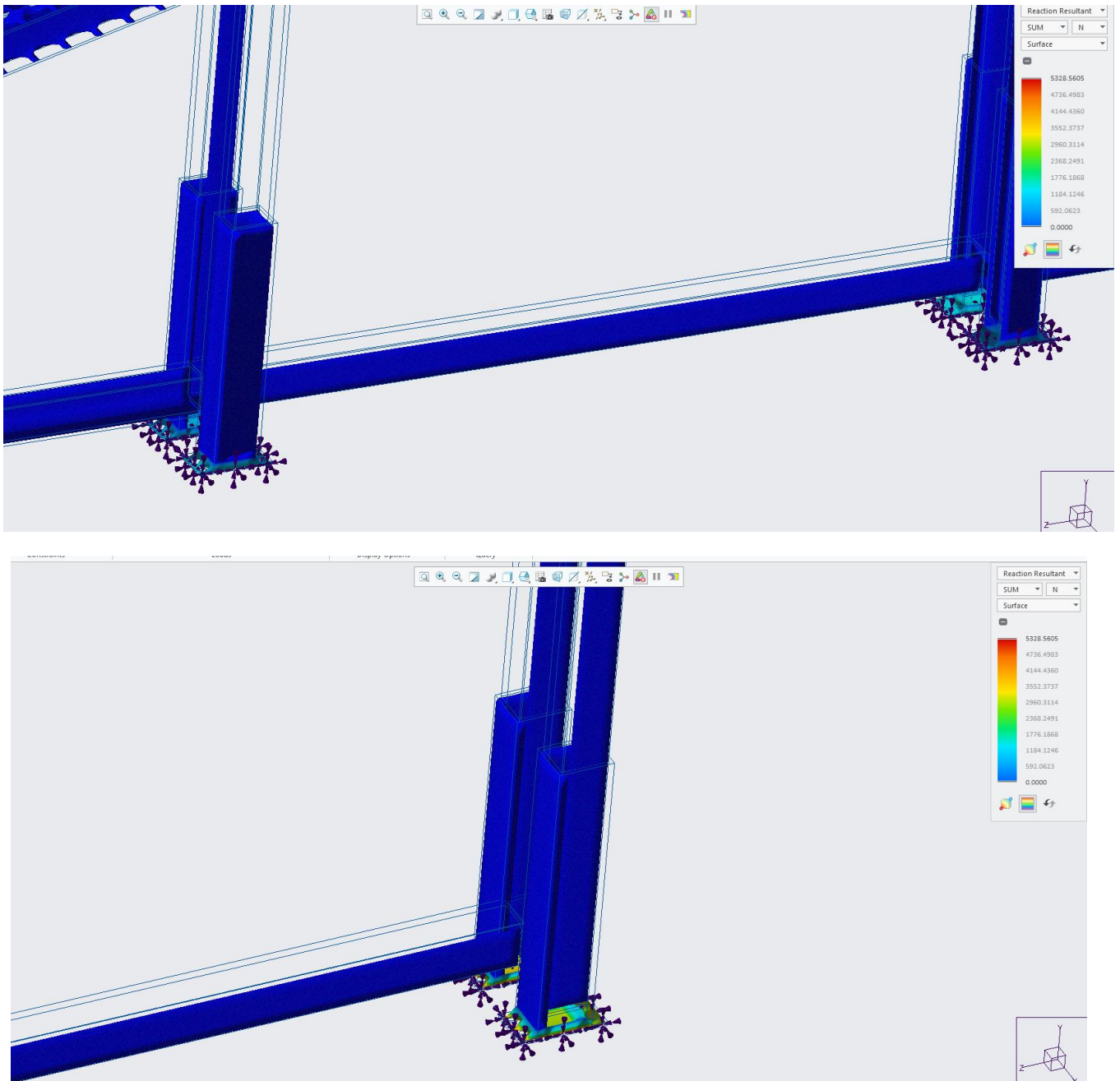
4.4.3.2 Hasil Simulasi *Displacement*



Gambar 4.31 Hasil Simulasi *Displacement*

4.4.3.3 Hasil Simulasi Regangan (Strain)

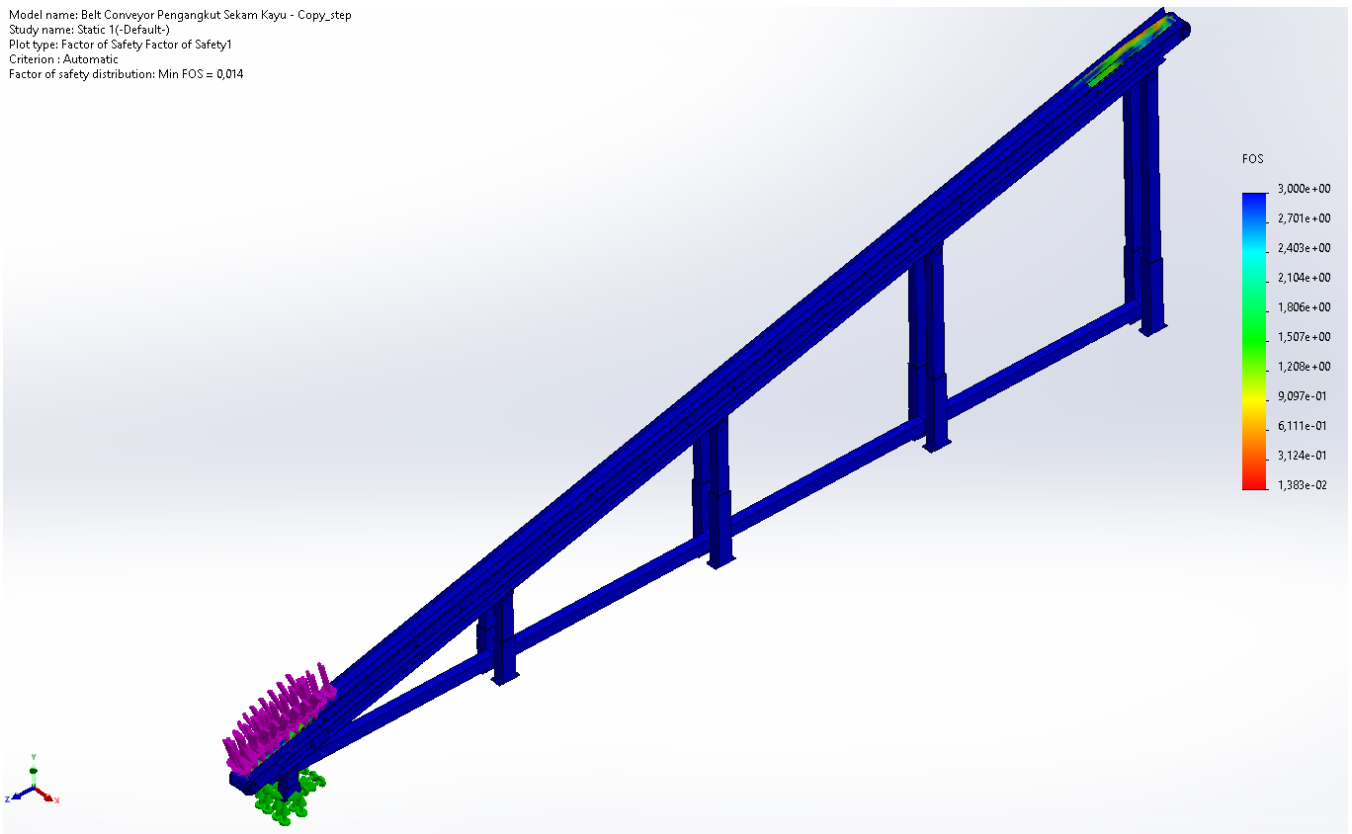




Gambar 4.32 Hasil Simulasi Regangan pada Sistem *Belt Conveyor*

4.4.3.4 Hasil Simulasi *Safety Factor*

Model name: Belt Conveyor Pengangkut Sekam Kayu - Copy_step
 Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 0,014



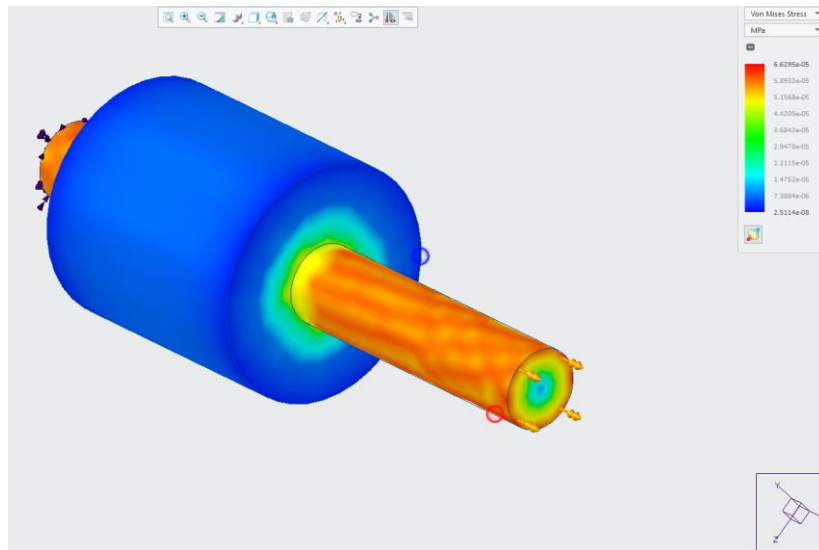
Gambar 4.33 *Safety Factor*

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

4.4.4 Hasil Simulasi Pembebanan Puntir pada Poros

Setelah dilakukan simulasi pembebanan statis pada sistem *Belt Conveyor*, langkah selanjutnya adalah simulasi pembebanan puntir pada poros. Pertama-tama, memasukkan nilai dari berat dan material ke dalam software PTC CREO, lalu memasukkan nilai rpm yang akan dijalankan pada dan kemudian dilakukan pembebanan puntir. Berikut ini adalah gambar hasil dari simulasinya.

4.4.4.1 Hasil Simulasi Tegangan (*Stress*)



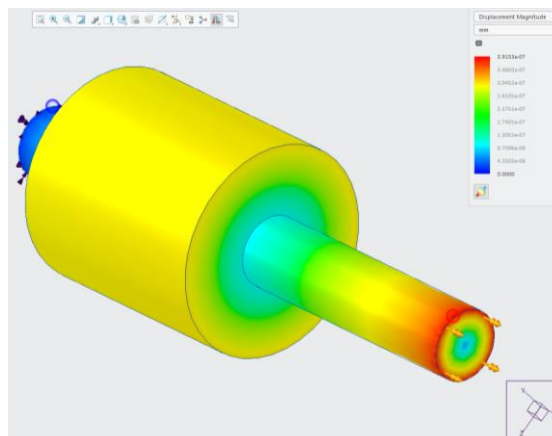
Gambar 4.34 Hasil Distribusi Tegangan pada Poros

Berdasarkan hasil simulasi di atas, tegangan maksimal yang terjadi pada poros ini sudah merata dengan nilai sebesar $5,8932 \times 10^{-5}$ MPa di dekat momen puntir poros dan $2,511 \times 10^{-8}$ MPa pada bagian *pulleynya*. Berikut ini adalah perhitungan nilai faktor keamanan dari poros.

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} = \frac{6,6295 \times 10^{-5} \text{ MPa}}{5,8932 \times 10^{-5} \text{ MPa}} = 1,125$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

4.4.4.2 Hasil Simulasi *Displacement*



Gambar 4.35 Hasil Simulasi *Displacement*






4.5 Menghitung Kebutuhan *Belt Conveyor*

Sistem *Belt Conveyor* yang akan dirancang adalah *Belt Conveyor* bertipe *Troughed Belt* dengan spesifikasi yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Menggunakan *belt conveyor* berkapasitas 16,7 ton/jam.
2. Panjang dari tempat *unloading* sekam kayu ke *hopper*nya 31,02 m.
3. Perbedaan ketinggian dari biomassa serbuk kayu menuju ke tempat pencampuran biomassa serbuk kayu dan batubara: 8 m.
4. Material curah yang akan diangkut menggunakan *belt conveyor* yang akan dirancang ini adalah biomassa serbuk kayu.
5. Kecepatan *belt* nya adalah 2,54 m/s atau 500 fpm
6. Kondisi pengoperasiannya berada di luar ruangan yaitu dari tempat penumpukan batubara sampai dengan tempat pencampuran antara biomassa serbuk kayu dan batubara.

Menurut CEMA (2002), sebelum menghitung komponen-komponen yang dibutuhkan dari *belt conveyor*, maka dicari dulu spesifikasi material yang akan diangkut. Di bawah ini adalah tabel untuk menentukan *angle of surcharge* dan *angle of repose* yang direkomendasikan dari material yang akan dialirkan melalui *belt conveyor*.

Tabel 4.7 Menentukan *Angle of Surcharge* dan *Angle of Repose* dari Material yang Akan Dialirkan Melalui *Belt Conveyor* (CEMA, 2007)

Arus pada <i>Belt Conveyor</i>				
Arus berjalan dengan sangat bebas 1°	Arus berjalan bebas 2°	Arus berjalan rata-rata 3°		Lamban 4°
<i>Angle of Surcharge</i>				
5°	10°	20°	25°	30°
				

<i>Angle of Repose</i>				
0-19°	20-25°	30-34°	35-39°	40° - up
Karakteristik Material				
Ukurannya seragam, partikel berbentuk bulat dan berukuran sangat kecil, baik itu basah maupun kering, seperti pasir, silikon kering, semen, beton basah dan sebagainya.	Partikel yang dikeringkan, berbentuk bulat, dengan berat sedang, contohnya seperti biji-bijian dan kacang-kacangan.	Material yang mengalir tidak beraturan, berbentuk butiran atau menggumpal dengan berat sedang, seperti batu bara antrasit, tepung biji kapas, serbuk kayu, tanah liat dan sebagainya.	Material-material umum seperti batu bara bitumen, batu, sebagian besar bijih, dan sebagainya.	Material yang tidak beraturan, berserabut, berserat, dan partikelnya saling mengunci, seperti ampas tebu, pengecoran logam, pasir, dan sebagainya.

Sedangkan, tabel di bawah ini adalah tabel untuk menentukan karakteristik material serta kode materialnya.

Tabel 4.8 Karakteristik Material serta Kode Materialnya

	Karakteristik Material	Kode
	Ukuran	Sangat halus – 100 mesh dan dibawah itu
Halus – 1/8 inchi dan dibawah itu		B
Butiran – Dibawah ½ inchi		C
Berlumpur – Mengandung lumpur lebih dari ½ inchi		D
Tidak beraturan - berserabut, saling mengunci, saling menyatu		E

Tingkat Aliran <i>Angle of Repose</i>	Benda mengalir dengan kecepatan sangat bebas – <i>angle of repose</i> kurang dari 19°	1
	Benda mengalir dengan kecepatan bebas – <i>angle of repose</i> 20°–29°	2
	Benda mengalir dengan kecepatan rata-rata – <i>angle of repose</i> 30° -39°	3
	Benda mengalir dengan kecepatan lamban – <i>angle of repose</i> 40° and over	4
Tingkat Abrasif Material	Tidak Abrasif	5
	Abrasif	6
	Sangat abrasif	7
	Sangat Tajam - dapat memotong atau membuat sobek pada <i>cover belt</i>	8
Karakteristik lainnya (memiliki lebih dari satu karakteristik yang berlaku)	Sangat berdebu	L
	Memiliki karakteristik menghasilkan gelembung dan dapat mengembangkan cairan	M
	Mengandung debu yang eksplosif	N
	Dapat terkontaminasi, mempengaruhi penggunaan atau daya jual	P
	Dapat terurai, mempengaruhi penggunaan atau daya jual	Q
	Mengeluarkan asap atau debu yang berbahaya	R
	Sangat korosif	S
	Korosif ringan	T
	Higroskopis	U
	Partikelnya saling mengunci	V
	Minyak atau bahan-bahan kimia lainnya yang dapat mempengaruhi produk karet	W
	Paket/kemasan berada di bawah tekanan	X
Sangat ringan dan halus, mudah tertiuip angin	Y	
Di tempat suhu yang tinggi	Z	

Sedangkan, tabel di bawah ini adalah tabel untuk menentukan berat rata-rata material, *angle of repose*, sudut ketinggian maksimum yang direkomendasikan dan kode materialnya.

Tabel 4.9 Menentukan Berat Rata-rata Material, *Angle of Repose* dan Sudut Ketinggian Maksimum (CEMA, 2007)

Material	Berat Rata-rata (lbs/cu ft)	Angle of Repose (derajat)	Sudut Ketinggian Maksimum (derajat)	Kode
Pasir untuk mengecor yang sudah jadi	80-90	30-44	24	B37
Pasir untuk mengecor yang baru saja diaduk	90-100	39	22	B35X
Pasir silikon kering	90-100	20-29	10-15	B37
Batu pasir yang bentuknya tidak beraturan	85-90	30-44	-	D37
Serbuk kayu	10-13	36	22	*B35
Biji wijen kering	27-41	20-29	-	B25N
Limbah berbentuk lumpur	40-50	20-29	-	E25TW

Berdasarkan tabel di atas, dari material yang sudah diketahui yaitu serbuk kayu, berat rata-ratanya adalah sebesar 10-13 lbs/cu ft, nilai *angle of reposesnya* adalah 36 derajat, sudut ketinggian maksimum yang disarankan adalah 22 derajat dan kode material untuk *belt conveyornya* adalah B35. Sudut ketinggian maksimumnya sudah ditentukan dari perhitungan pada poin 4.1.1 di bawah yaitu $14,413^\circ$ dan nilainya sudah sesuai dengan sudut ketinggian maksimum yang disarankan. Kemudian, berikut ini adalah tabel profil untuk biomassa serbuk kayu.

Tabel 4.10 Profil Biomassa Serbuk Kayu

Nama material secara kimia	<i>Sawdust</i>
Temperatur material	33° C
Berat serbuk kayu rata-rata	10-13 lbs/cu ft
<i>Angle of Repose</i>	36°
<i>Angle of Surcharge</i>	20°
Rekomendasi Kemiringan Maksimum	22 °
Kode material	B35
<i>Bulk density</i>	12000 kg/m ³ / 749,135 lb/ft ³

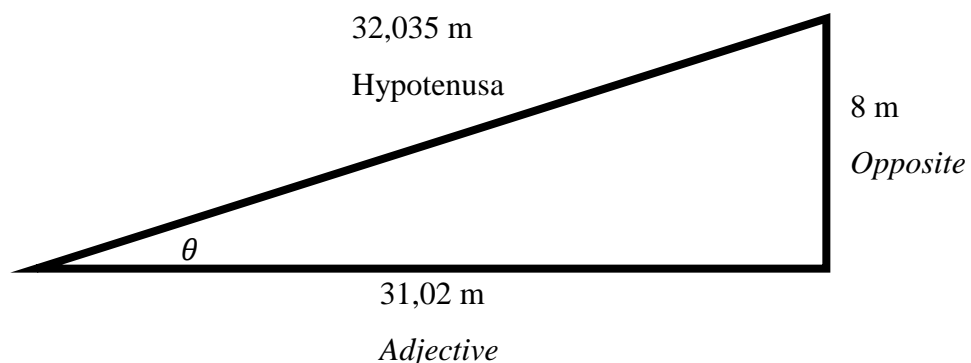
Tabel 4.11 Menentukan Rekomendasi Kecepatan *Belt Conveyor* yang Disarankan (CEMA, 2007)

Material yang Diangkut	Kecepatan <i>Belt</i> (fpm)	Lebar <i>Belt</i> (inchi)
Biji-bijian atau bahan lain yang mengalir bebas dan nonabrasif	500	19
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Batu bara, tanah liat yang lembab, bijih lunak, tanah, dan batu pecah halus	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Bijih yang berat, keras, bermata tajam dan batu yang dihancurkan secara kasar	350	18
	500	24-36
	600	Lebih dari 36
Pasir pengecoran, yang sudah diaduk maupun masih lembab, pasir kocok dengan inti kecil, dengan atau tanpa coran kecil (tidak cukup panas untuk merusak <i>belt</i>)	350	Lebarnya berapapun

Pasir pengecoran yang telah disiapkan dan material lembab (atau bahan abrasif kering) serupa yang dibuang dari sabuk dengan bajak bermata karet.	200	Lebarinya berapapun
Material nonabrasif yang dikeluarkan dari <i>belt</i> dengan menggunakan alat membajak.	200 sampai 400	Lebarinya berapapun
<i>Feeder belts</i> , tipe datar atau tipe <i>troughed</i> material yang halus, nonabrasif, <i>or</i> material abrasif ringan dari <i>hopper</i> dan tempat sampah	500 sampai 100	Lebarinya berapapun

Berdasarkan tabel di atas yang ditentukan dari jenis material yang diangkut, kecepatan *belt* yang disarankan adalah 500 feet per menit, sedangkan lebar *belt* yang disarankan adalah 19 inchi. Berdasarkan dari data-data yang sudah diketahui di atas, maka akan dilakukan perhitungan-perhitungan untuk menentukan komponen pada *belt conveyor*. Berikut ini merupakan tahapan, rumus-rumus serta perhitungan komponen-komponen *belt conveyor* yang dibutuhkan:

4.5.1 Menghitung Panjang Hypotenusa dan Sudut Kemiringan dari *Belt Conveyor*



Gambar 4.36 Menghitung Sudut Kemiringan dan Panjang Hypotenusa *Belt Conveyor*

$$\tan \theta = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}} \dots \dots \dots (4.5)$$

$$\tan \theta = \frac{8 \text{ m}}{31,02 \text{ m}} = 0,257$$

$$\theta = \tan^{-1} (0,257)$$

$$\theta = 14,413^\circ$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{8^2 + 31,02^2}$$

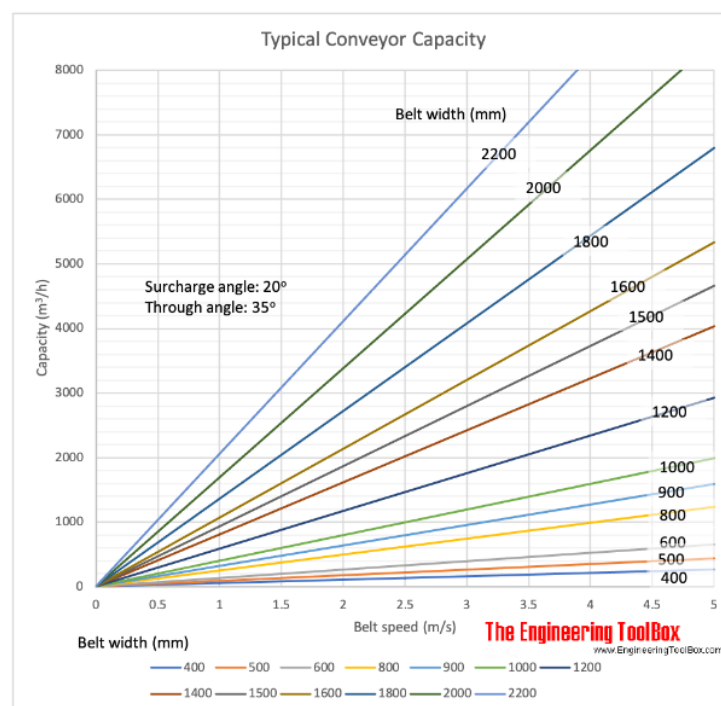
$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{64 + 962,24}$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{1026,2404}$$

$$\text{Hypotenusa} = 32,035 \text{ m}$$

Berdasarkan pada tabel 4.3, sudut ketinggian maksimum yang disarankan adalah 22 derajat. Sedangkan, berdasarkan hasil perhitungan di atas sudut ketinggian maksimumnya adalah 14,413° dan nilainya sudah sesuai dengan sudut ketinggian maksimum yang disarankan.

4.5.2 Menentukan Lebar *Belt* dan Lebar *Pulley*



Gambar 4.37 Menentukan Lebar *Belt* berdasarkan Kecepatan *Belt Conveyor* dan Kapasitasnya

Berdasarkan gambar grafik di atas, lebar *belt* yang didapat dari tabel di atas adalah 500 mm. Karena, kecepatan *beltnya* adalah 2,54 m/s dan kapasitas targetnya adalah 16,7 ton per jam. Kemudian, berdasarkan hasil perhitungan lebar *belt* di atas, menurut PCI (2014) dapat ditentukan bahwa lebar *pulley* dalam pengaplikasian pengangkutan bahan di *belt conveyor* sebesar 2-3 inchi dari lebar *belt*. Jadi lebar *pulleynya* sekitar 550,8-576,2 mm dan lebar aman yang bisa diambil adalah 576,2 mm.

4.5.3 Menentukan Diameter *Roller Idlers*

Pada poin ini akan dibahas pentingnya untuk menentukan diameter *roller idlers* yang tepat untuk *belt conveyor*. *Roller idlers* ini memiliki fungsi yang sangat krusial untuk menjaga kelancaran pergerakan material di atas *belt conveyor*. Berikut ini adalah tabel untuk menentukan rekomendasi besarnya diameter *roller idlers*.

Tabel 4.12 Menentukan Rekomendasi Besarnya Diameter *Roller Idlers* (CEMA, 2007)

Diameter <i>Roller</i> (inchi)	Kecepatan <i>Belt</i> (fpm)
4"	524
5"	654
6"	785
7"	916

Berdasarkan tabel di atas, seperti yang sudah diketahui bahwa kecepatan *belt* pada *belt conveyor* adalah 500 fpm, maka diameter *roll idlers* yang direkomendasikan adalah sebesar 4 inchi atau 101,6 mm dan juga nilai A_i nya sebesar 2,3. Nilai A_i ini didapat dari besarnya diameter *rollers roller* pada buku CEMA halaman 91.

4.5.4 Menentukan Lebar Permukaan *Pulley*

Lebar permukaan *pulley* adalah panjang batang kontak, *wing*, atau *rim* di sepanjang sumbu poros. Lebar permukaan *pulley* standar biasanya setara dengan lebar *belt*, ditambah 2 inchi jika sabuk lebih lebar dari 2

inchi, atau 3 inchi jika sabuk lebih dari itu. Untuk memberikan jarak bebas yang lebih besar, permukaan *pulley* yang biasanya 6–12 inchi lebih besar dari lebar sabuk. Tidak boleh ada *belt conveyor* yang bergerak di luar tepi permukaan *pulley*.

Seperti yang sudah diketahui, lebar beltnya adalah 500 mm atau setara dengan 19,68 inchi. Namun, untuk memastikan bahwa ada sedikit ruang ekstra yang diperlukan untuk instalasi agar lebih mudah dan untuk menghindari ketegangan yang berlebihan akibat dari perubahan temperatur maka direkomendasikan untuk menambah 2 inchi jadi 21,68 inchi atau setara dengan 550,672 untuk lebar permukaan *pulleynya*.

4.5.5 Menentukan Diameter *Pulley* pada *Belt Conveyor*

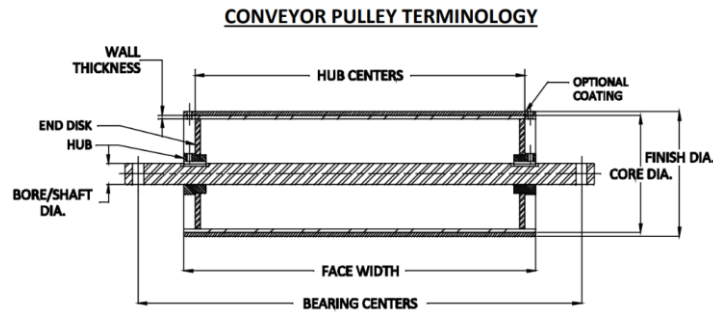
Dalam menentukan diameter *pulley* dan diameter poros membutuhkan beberapa pemahaman dan pertimbangan beberapa variable yang ditemukan di dalam sebuah sistem *belt conveyor*. Diameter *pulley* dan diameter poros harus dipilih dengan menggunakan standar CEMA B105.1-2003. Berikut ini adalah beberapa variabel yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan diameter *pulley* dan diameter poros:

A. *Belt*

Sebagian besar produsen *belt conveyor* selalu merekomendasikan spesifikasi diameter *pulley* minimum untuk *belt conveyor* berdasarkan karakteristik material yang akan diangkut, konstruksi dari *belt conveyor* beserta profil rangka yang digunakan.

B. Metode Pembungkus antara *Belt* dan *Pulley*

Jumlah dari traksi dan gaya tarik di antara *belt* dan *pulley* ini dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan sudut kontak di antara dua permukaan part tersebut.



Gambar 4.38 Bagian-bagian pada *Belt Conveyor Pulley* (PCI, 2014)

Tabel 4.13 Menentukan Diameter *Pulley* dan Besaran Lubang Maksimum Berdasarkan Lebar *Belt* dan Lebar *Permukaan Pulley* (CEMA, 2007)

Ukuran <i>Pulley</i>		Lebar <i>Belt</i> (inchi)															
Diameter (inchi)	Ukuran Lubang Maksimal (inchi)	19	24	30	36	42	48	54	60	Lebar Permukaan <i>Pulley</i> (inchi)							
		20	22	24	26	30	32	36	38	44	46	51	54	57	60	63	66
6	2 ½	30	35	35	40	40	45	45	50	60	60	65	65	70	75	80	-
8	2 ½	45	50	50	55	60	65	70	75	80	85	95	100	105	110	115	-
10	2 ½	55	60	60	65	70	75	85	90	100	100	105	110	120	125	135	140
		60	65	70	75	80	85	95	100	110	110	115	120	125	130	145	150
		75	80	80	85	90	95	105	110	120	120	125	130	135	140	150	155

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari lebar *belt* dan lebar permukaan *pulley* bahwa besarnya diameter *pulley* yang direkomendasikan adalah 6 inchi dan ukuran lubangnya adalah sebesar 2 ½ inchi.

4.5.6 Menentukan Diameter untuk *Ball Bearing*

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan diameter untuk *ball bearing* pada poros *belt conveyor* berdasarkan nilai poros *pulley* yang sudah diketahui.

Tabel 4.14 Menentukan Diameter untuk *Ball Bearing* pada Poros (NSK)

Nomor Lubang	d	Diameter Seri 7				
		D	Seri Dimensi			
			17	27	37	17~37
			B			r (min.)
-	0,6	2	0,8	-	-	0,05
1	1	2,5	1	-	-	0,05
-	1,5	3	1	-	1,8	0,05
2	2	4	1,2	-	2	0,05
-	2,5	5	1,5	-	2,3	0,08
3	3	6	2	2,5	3	0,08
4	4	7	2	2,5	3	0,08
5	5	8	2	2,5	3	0,08
6	6	10	2,5	3	3,5	1

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan bahwa besarnya diameter dalam *ball bearing* yang direkomendasikan adalah 6 inci, dan ukuran diameter luarnya 10 inci.

4.5.7 Menentukan Ukuran Pasak Berdasarkan Diameter Poros

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan ukuran pasak berdasarkan ukuran diameter poros yang sudah diketahui.

Tabel 4.15 Menentukan Ukuran Pasak berdasarkan Diameter Poros

NOMINAL SHAFT DIAMETER		NOMINAL KEY SIZE			NOMINAL KEYSEAT DEPTH	
Over	To (Incl)	Width, W	Height, H		H/2	
			Square	Rectangular	Square	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32		3/64	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32	1/16	3/64
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8	3/32	1/16
7/8	1-1/4	1/4	1/4	3/16	1/8	3/32
1-1/4	1-3/8	5/16	5/16	1/4	5/32	1/8
1-3/8	1-3/4	3/8	3/8	1/4	3/16	1/8
1-3/4	2-1/4	1/2	1/2	3/8	1/4	3/16
2-1/4	2-3/4	5/8	5/8	7/16	5/16	7/32
2-3/4	3-1/4	3/4	3/4	1/2	3/8	1/4
3-1/4	3-3/4	7/8	7/8	5/8	7/16	5/16
3-3/4	4-1/2	1	1	3/4	1/2	3/8
4-1/2	5-1/2	1-1/4	1-1/4	7/8	5/8	7/16
5-1/2	6-1/2	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2
6-1/2	7-1/2	1-3/4	1-3/4	1-1/2*	7/8	3/4
7-1/2	9	2	2	1-1/2	1	3/4
9	11	2-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4	7/8
11	13	3	3	2	1-1/2	1
13	15	3-1/2	3-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4
15	18	4		3		1-1/2
18	22	5		3-1/2		1-3/4
22	26	6		4		2
26	30	7		5		2-1/2

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari diameter poros nya sebesar 10 inchi, maka besarnya ukuran pasak adalah sebesar 3 inchi untuk panjangnya dan tingginya 2 inchi. Untuk ukuran kedalamannya sebesar 1 inchi. Berikut beberapa formula matematis untuk menentukan ketinggian *chordal* dan menentukan jarak kunci poros ke sisi berlawanan dari poros.

1. Menentukan ketinggian *chordal*

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots \dots \dots (4.6)$$

$$Y = \frac{10 - \sqrt{10^2 - 3^2}}{2}$$

$$Y = 0,23 \text{ Inchi} = 584,2 \text{ mm}$$

2. Menentukan jarak kunci poros ke sisi berlawanan dari poros.

$$S = D - Y - \frac{H}{2} = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$S = 10 - 0,23 - \frac{2}{2}$$

$$S = 8,77 \text{ Inchi} = 22.275,8 \text{ mm}$$

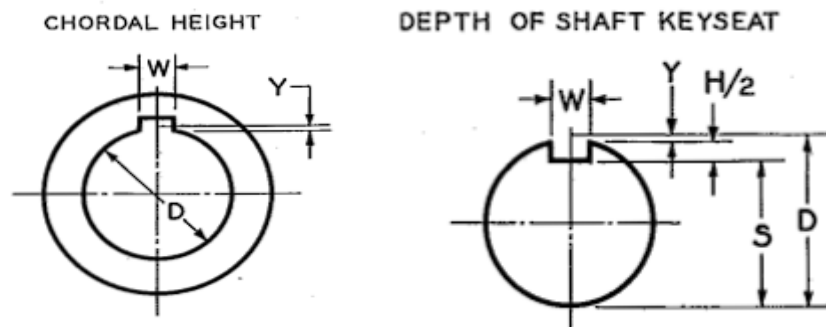
Dimana:

D = Poros Nominal atau diameter lubang (Inchi)

H = Tinggi Pasak (Inchi)

W = Lebar Pasak (Inchi)

Y = Tinggi *Chordal* (Inchi)



Gambar 4.39 Menentukan Kedalaman *Chordal* dan Poros Kunci (ASME, 1967)

4.5.8 Menentukan Beban Penampang Melintang (ft²)

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan beban penampang melintang, beban penampang melintang ini dicari berdasarkan lebar *belt* dan *angle of surcharge* yang sudah diketahui.

Tabel 4.16 Menentukan Beban Penampang Melintang (CEMA, 2007)

Lebar <i>Belt</i> (Inchi)	Beban Penampang Melintang (ft ²)						
	<i>Angle of Surcharge</i>						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
19	-	0,020	0,041	0,062	0,083	0,105	0,127
24	-	0,039	0,077	0,117	0,157	0,198	0,241
30	-	0,063	0,126	0,190	0,255	0,321	0,390
36	-	0,092	0,185	0,280	0,376	0,474	0,575
42	-	0,130	0,257	0,387	0,520	0,656	0,796
48	-	0,169	0,340	0,512	0,688	0,868	1,053
54	-	0,216	0,434	0,654	0,879	1,109	1,346
60	-	0,269	0,540	0,814	1,093	1,380	1,675
72	-	0,392	0,786	1,186	1,593	2,010	2,440
84	-	0,538	1,080	1,628	2,186	2,758	3,349
96	-	0,707	1,419	2,139	2,873	3,625	4,400

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari lebarnya *belt* 19 inchi dan besarnya *angle of surcharge* nya adalah sebesar 20° bahwa besarnya beban penampang melintang pada *belt conveyor* adalah sebesar 0,083 ft².

4.5.9 Menghitung Berat Material di Sepanjang *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah rumus dan tahapan perhitungan untuk menentukan berat material di sepanjang *belt conveyor*.

$$Q \text{ (Ton/Jam)} = 0,03 \times \text{kecepatan } belt \text{ (fpm)} \times \text{berat material (lb/cu ft)} \times \text{beban penampang melintang (ft}^2\text{)} \dots\dots\dots(4.8)$$

$$16,7 \text{ ton/jam} = 0,03 \times 500 \text{ fpm} \times W_m \times 0,083 \text{ ft}^2$$

$$W_m = \frac{16,7 \text{ ton/jam}}{0,03 \times 500 \text{ fpm} \times 0,083 \text{ ft}^2} = \frac{16,7}{1,245} = 13,413 \text{ lbs/cu ft}$$

4.5.10 Menentukan Jarak Normal antara *Belt Idlers* (Si)

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan jarak antara *belt idlers* dan jarak antara *idlers* pembaliknya berdasarkan ukuran lebar *belt* dan berat material yang disarankan.

Tabel 4.17 Menentukan Jarak antara *Belt Idlers* (CEMA, 2007)

Lebar <i>Belt</i> (inchi)	Jarak antara <i>Belt Idlers</i>						<i>Idlers</i> Pembalik
	Berat Material yang disarankan, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
19	5,5	5	5	5	4,5	4,5	10
24	5	4,5	4,5	4	4	4	10
30	5	4,5	4,5	4	4	4	10
36	5	4,5	4	4	3,5	3,5	10
42	4,5	4,5	4	3,5	3	3	10
48	4,5	4	4	3,5	3	3	10
54	4,5	4	3,5	3,5	3	3	10
60	4	4	3,5	3	3	3	10
72	4	3,5	3,5	3	2,5	2,5	8
84	3,5	3,5	3	2,5	2,5	2	8
96	3,5	3,5	3	2,5	2	2	8

Jadi, berdasarkan tabel di atas dengan lebar beltnya 19 inchi dan dengan mengangkat material seberat 13,413 lbs/cu ft. Jarak antara *belt idlers*nya adalah sebesar 5,5 inchi dan jarak *return idlers*nya sebesar 10 inchi.

4.5.11 Menghitung Massa Material yang akan diangkut Sepanjang *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk massa material yang akan diangkut sepanjang *belt conveyor*.

$$m_l = \left(\frac{10 \cdot W}{36 \cdot \omega} \right) \dots \dots \dots (4.9)$$

Dimana:

m_l = Massa material pada saat di angkut *belt conveyor*

W = Berat material pada saat di angkut *belt conveyor*

ω = Kecepatan sudut *belt*, $\omega = 2,54 \text{ m/s} = 500 \text{ ft/m}$

Hasil Perhitungan

$$ml = \left(\frac{10.13,413}{36 \times 500} \right)$$

$$ml = \left(\frac{134,13}{18000} \right) = 0,00745 \text{ kg/m} = 7.305,954 \text{ N/m}$$

4.5.12 Menghitung Tegangan *Belt* Efektif (T_e)

Setelah hal-hal yang harus diketahui nilainya sebelum menghitung tegangan *belt* efektif, berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk tegangan *belt* efektif (T_e).

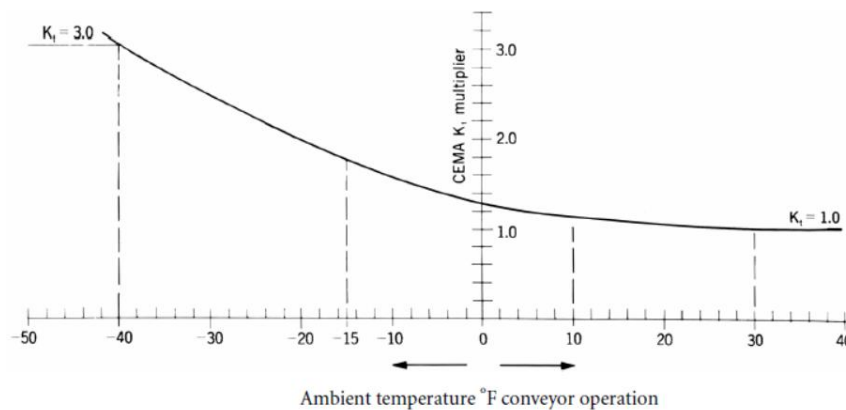
$$T_e = L \cdot K_t (K_x + K_y \cdot W_b + 0,015W_b) + W_m (L \cdot K_y \pm H) T_p + T_{am} + T_{ac} \dots \dots \dots (4.10)$$

Dimana:

L = Panjang *belt conveyor* (ft)

K_t = Faktor koreksi suhu lingkungan

Sedangkan, dibawah ini adalah grafik untuk menentukan faktor koreksi suhu lingkungan (K_t).



Gambar 4.40 Grafik Faktor Koreksi Temperatur Lingkungan (CEMA, 2007)

K_x = Faktor yang digunakan untuk menghitung tahanan gesek dari *idlers* dan tahanan gesek antara *belt* dan *idler roller* (lbs per feet)

$$K_x = 0,00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} \dots \dots \dots (4.11)$$

$$K_x = 0,00068 (3,5 \text{ lbs/ft}^3 + 19,32 \text{ lbs/ft}) + \frac{2,3}{5,5}$$

$$K_x = 0,00068 (23,82 \text{ lbs/ft}) + \frac{2,3}{5,5} = 0,434$$

Tabel 4.18 Perkiraan Berat *Belt* Rata-rata (CEMA, 2007)

<i>Belt Width</i> Inches (<i>b</i>)	Material Carried, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
19	3,5	4	4,5
24	4,5	5,5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

K_y = Faktor daya pendukung yang digunakan untuk menghitung kombinasi resistansi pada *belt* dan resistensi beban untuk melentur saat *belt* dan beban bergerak di atas *idlers*.

Tabel 4.19 Nilai Faktor daya pendukung yang digunakan untuk menghitung kombinasi resistansi pada *belt* dan resistensi beban untuk melentur saat *belt* dan beban bergerak di atas *idlers* (CEMA, 2007)

Panjang <i>Conveyor</i> (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Persentase Kemiringan (%)						
		0	3	6	9	12	24	33
		Perkiraan Derajat						
		0	2	3,5	5	7	14	18
250	20	0,035	0,035	0,034	0,031	0,031	0,031	0,031
	50	0,035	0,034	0,033	0,032	0,031	0,028	0,027

	75	0,035	0,034	0,032	0,032	0,030	0,027	0,025
	100	0,035	0,033	0,032	0,031	0,030	0,026	0,023
	150	0,035	0,035	0,034	0,033	0,031	0,025	0,021
	200	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,024	0,018
	250	0,035	0,035	0,035	0,035	0,033	0,021	0,018
	300	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,019	0,018

Tabel 4.20 Nilai Referensi Faktor K_y untuk diinterpolasi Ketika Digunakan sebagai Jarak antara *Idler* Pembawa Material di *Belt Conveyor* (CEMA, 2007)

$W_b + W_m$ (lbs/ft)	S_b (lbs/ft)	Nilai Referensi K_y untuk diinterpolasi									
		0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034
Kurang dari 50	3	0,016	0,016	0,016	0,0168	0,0183	0,0197	0,0212	0,0227	0,0242	0,0257
	3,5	0,016	0,016	0,0169	0,0189	0,0207	0,0224	0,0241	0,0257	0,0274	0,0291
	4	0,016	0,0165	0,0182	0,0204	0,0223	0,0241	0,0259	0,0278	0,0297	0,0316
	4,5	0,016	0,018	0,02	0,022	0,024	0,026	0,028	0,03	0,032	0,034
	5	0,0174	0,0195	0,0213	0,0236	0,0254	0,0273	0,0291	0,031	0,0329	0,0348

sebesar 0,028. Namun, nilai tersebut belum dilakukan interpolasi, setelah diinterpolasi, hasilnya adalah 0,0212.

W_b = Berat *belt* keseluruhan (pounds per foot) = 3,5 lbs/ft³

Berat *belt* didapat dari tabel di atas dengan melihat berapa lebar *belt* nya dan berapa berat material keseluruhan yang berada di atas *belt conveyornya*.

W_m = Berat material (lbs per foot) = 13,413 lbs/ft³

H = Jarak vertikal material yang diangkat atau diturunkan = 8 m

T_p = Tegangan yang dihasilkan dari resistensi *belt* terhadap kelenturan di sekitar *pulley* dan resistensi *pulley* terhadap rotasi pada bantalannya, total untuk semua *pulley*

Berikutnya setelah nilai koreksi faktor K_y ketika digunakan sebagai Jarak antara *Idler* Pembawa Material di *Belt Conveyor* diketahui, maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai tegangan *belt* untuk memutar *pulley*.

Tabel 4.21 Nilai Tegangan *Belt* untuk Memutar *Pulley* (CEMA, 2007)

Lokasi <i>Pulley</i>	Derajat <i>Belt</i> dan <i>Pulley</i>	Tegangan dalam satuan di Sepanjang <i>Belt</i>
Sisi dengan Tegangan Kencang	150° sampai dengan 240°	200 <i>lbs/pulley</i>
Sisi dengan Tegangan Kendur	150° sampai dengan 240°	150 <i>lbs/pulley</i>
Bagian <i>Pulley</i> yang Lainnya	Kurang dari 150°	100 <i>lbs/pulley</i>

T_{am} = Tegangan yang dihasilkan dari gaya untuk menjalankan material secara terus menerus saat berada pada *belt*

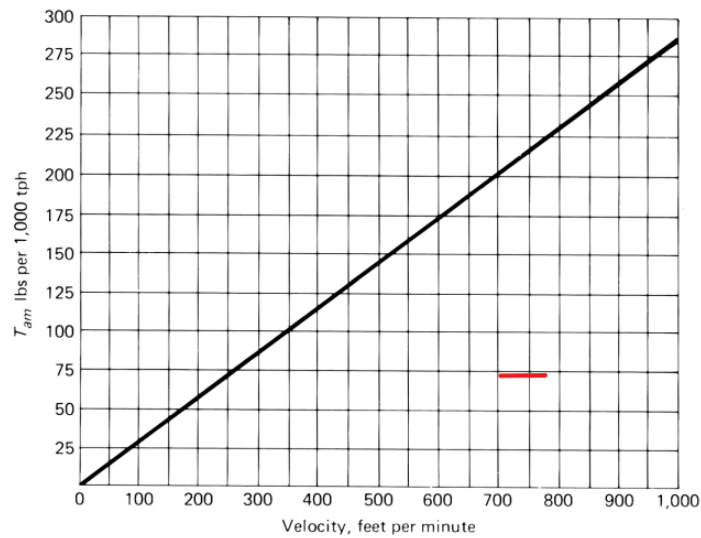
$$T_{am} = F = M \cdot V_c \dots \dots \dots (4.12)$$

$$M = \frac{16,7 \times 2000}{3600 \times 32,2} = \frac{33400}{115920} = 0,288$$

$$V_c = \frac{V - V_o}{60} = \frac{157,48 - 0}{60} = 2,62$$

$$T_{am} = F = 0,288 \times 2,62 = 0,7545$$

T_{ac} = Total tegangan dari *conveyor*



Gambar 4.41 Grafik untuk Mencari Nilai T_{ac}

Berdasarkan grafik di atas ini, nilai dari total tegangan dari *belt conveyor* adalah

Hasil Perhitungan:

$$T_e = 32,035 \cdot 1 (0,434 + 0,0212 \cdot 3,5 + 0,015(3,5)) + 19,32 (32,035 \cdot 0,0212 \pm 8) 100 + 0,7545 + 0,05$$

$$T_e = 32,035(0,434 + 0,0742 + 0,0525) + 19,32 (8,68) 100 + 0,7545 + 1$$

$$T_e = 17,962 + 16769,76 + 0,7545 + 0,05 = 16.788,53 \text{ lbs}$$

4.5.13 Menghitung Daya Motor Listrik yang Dibutuhkan

Berdasarkan nilai dari perhitungan tegangan *belt* efektif (T_e) di atas, berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk menghitung daya motor listrik yang dibutuhkan dalam satuan *horsepower*.

$$P = \frac{T_e \times V}{33.000} \dots\dots\dots(4.13)$$

Dimana:

T_e = Tegangan efektif

V = Kecepatan *belt*, $v = 2,54 \text{ m/s} = 500 \text{ fpm}$

Hasil Perhitungan:

$$P = \frac{16.788,53 \times 500 \text{ fpm}}{33.000} = 254,371 \text{ hp} = 189,684 \text{ kW}$$

Dari perancangan *belt conveyor* yang telah dilakukan, kondisi *belt conveyornya* menanjak, maka dari itu perlu dilakukan penambahan daya

agar motor listrik mampu menggerakkan *belt conveyor* dengan mudah dan tentunya tidak akan mengalami *overheat* dikarenakan beban yang bekerja diluar kemampuan motor listrik. Berikut ini adalah tabel persentase penambahan daya pada *belt conveyor* yang bekerja ditanjakan.

Tabel 4.22 Persentase Penambahan Daya pada *Belt Conveyor* yang Bekerja ditanjakan (CEMA, 2007)

Total Faktor Koreksi <i>Belt Conveyor</i> di Kondisi Tanjakan						
Sudut Tanjakan	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Bahan yang Sedikit Menggulung dan Kasar	0,89	0,81	0,7	0,56	-	-
Material-material yang Lengket	1	0,93	0,85	0,68	0,58	0,47

$$P = 254,371 \text{ hp}$$

$$P_{\text{selisih}} = 254,371 \text{ hp} \times 0,89 = 226,39 \text{ hp}$$

$$P - P_{\text{selisih}} = 254,371 \text{ hp} - 226,39 \text{ hp} = 27,98 \text{ hp}$$

$$P_{\text{tanjakan}} = 254,371 \text{ hp} + 27,98 \text{ hp}$$

$$P_{\text{tanjakan}} = 282,351 \text{ hp} = 210,549 \text{ kW}$$

4.5.14 Menghitung Torsi Motor Listrik dan Diameter Poros

Berdasarkan nilai daya yang sudah diketahui, maka dapat dicari juga nilai torsi dan diameter poros yang dibutuhkan agar *belt conveyor* bekerja dengan semestinya, berikut ini adalah rumus dan perhitungan dari torsinya:

$$P = \frac{2 \pi N T}{60} = T_{\text{mean}} \cdot \omega \dots \dots \dots (4.14)$$

Dimana:

T_{mean} = Torsi yang ditransmisikan dalam N-m

P = Kecepatan angular dalam rad/s

$$P = \frac{2 \pi N T}{60} \dots \dots \dots (4.15)$$

$$210,549 = \frac{2 \pi 1500 T}{60}$$

$$T = \frac{210,549}{157} = 1,341 \text{ N-m}$$

Kemudian, akan dicari torsi maksimumnya dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$T_{\max} = 1,25 \times T \dots \dots \dots (4.16)$$

$$T_{\max} = 1,25 \times 1,341$$

$$T_{\max} = 1,676 \text{ N.m}$$

Kemudian, dari nilai torsi maksimum yang telah diketahui, maka dapat ditentukan diameter poros yang dibutuhkan dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$765,89 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \dots \dots \dots (4.17)$$

$$765,89 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times 1,11 \times d^3$$

$$d^3 = \frac{765890}{0,22}$$

$$d^3 = 3.481.318,182$$

$$d = \sqrt[3]{3.481.318,182}$$

$$d = 152,4 \text{ mm}$$

4.5.15 Menghitung Slip pada *Belt Conveyor*

Terkadang, gesekan *grip* pada *belt* dan *pulley* menjadi tidak memadai. Hal ini dapat menyebabkan gerakan maju dari *pulley*, namun *beltnya* tidak ikut bergerak. Hal ini disebut sebagai slip, pada umumnya slip ini dinyatakan sebagai persentase. Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai slip pada *belt conveyor*.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1+t}{d_2+t} \left(1 - \frac{s}{100}\right) \dots \dots \dots (4.18)$$

Dimana:

d_1 = Diameter dari *head* atau *drive pulley*

d_2 = Diameter dari *tail pulley*

N_1 = Kecepatan dari *head* atau *drive pulley* dalam satuan rpm

N_2 = Kecepatan dari *tail pulley* dalam satuan rpm

$$\frac{1500}{1500} = \frac{400+3,175}{400+3,175} \left(1 - \frac{s}{100}\right)$$

$$\left(\frac{1}{1} - \frac{s}{100}\right) = 1$$

$$\frac{100-s}{100} = 1$$

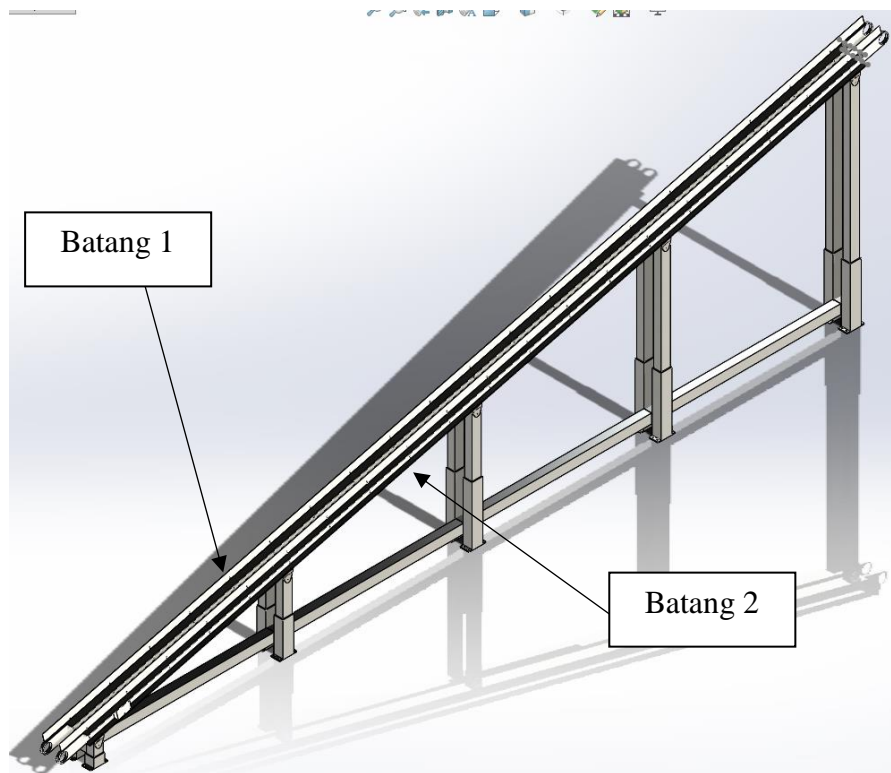
$$\frac{s}{100} = 0$$

$$1 - \frac{s}{100} = 1$$

$$s = 0$$

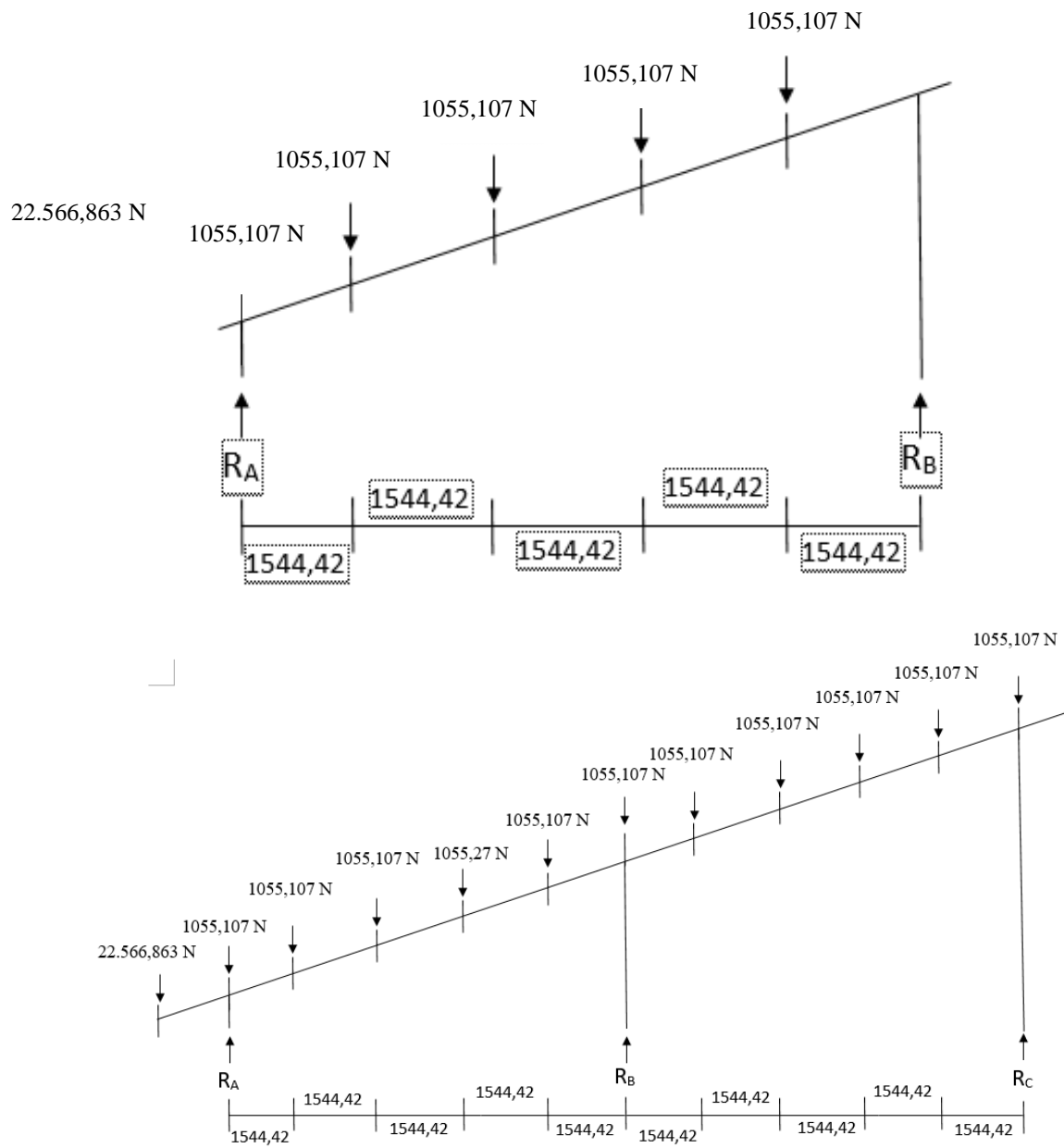
4.5.16 Menghitung Struktur Rangka

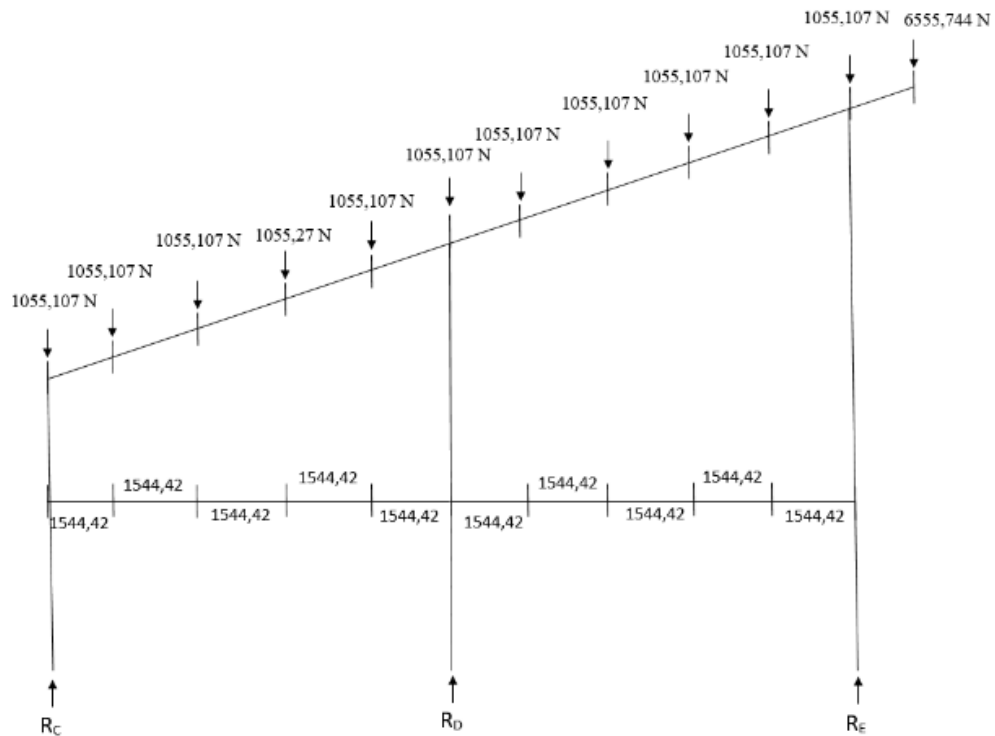
Kemudian, pada tahap perhitungan terakhir ini, dilakukan perhitungan pada setiap batang kerangka untuk memastikan bahwa hasil rancangan aman untuk dioperasikan. Berikut ini merupakan batang struktur yang mendapat titik kritis akibat pembebanan.



Gambar 4.42 Posisi Beban Kritis

4.5.1.1 Batang 1



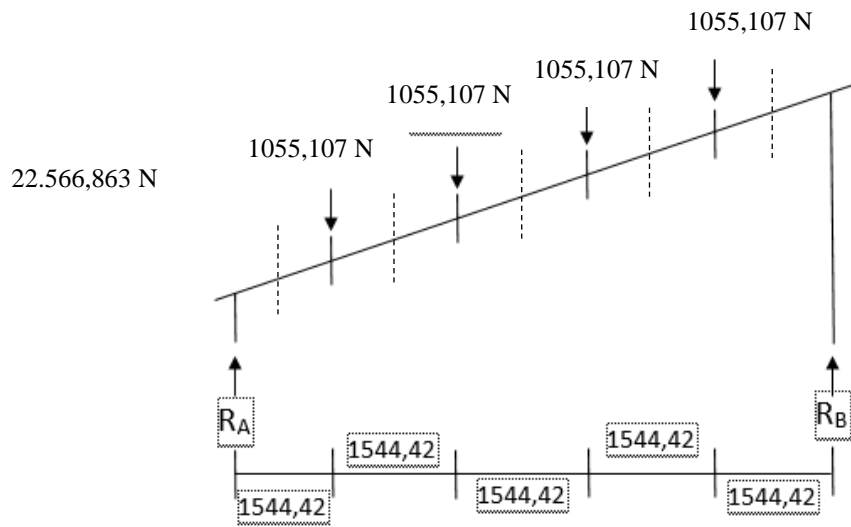


Gambar 4.43 Diagram Benda Bebas Batang 1

Mencari nilai RA dan RB

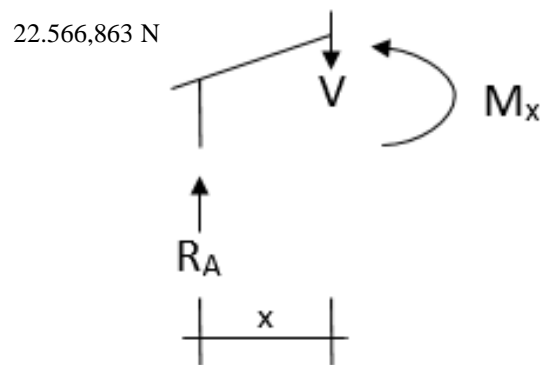
$$\begin{aligned}
 - \Sigma M_A &= 0 \\
 &- 22.566,863(1.544,42) + 1.055,107(0) \\
 &\quad + 1.055,107(1.544,42) + 1.055,107(3.088,84) \\
 &\quad + 1.055,107(4.633,26) + 1.055,107(6.177,68) \\
 &\quad - RB(7.721,10) = 0 \\
 &- 34.852.714,55 + 0 + 1.629.528,35 + 3.259.056,71 + \\
 &4.885.585,058 + 6.518.113,411 \\
 &7.721,10 RB = -18.560.431,02 \\
 &RB = - 2.403,86 N \\
 &RC = RD = RE = - 2.403,86 N \\
 - \Sigma F_y &= 0 \\
 &RA - 4(1.055,107) + -2.403,86 = 0 \\
 &RA = 6.624,28 N
 \end{aligned}$$

Mencari nilai dari masing-masing potongan



Gambar 4.44 Potongan pada Batang 1

Potongan 1



Gambar 4.45 Potongan 1 pada Batang 1

$$-M_x + 16,635 \cdot x = 0$$

$$M_x = 16,635 \cdot x$$

$$M_0 = 0$$

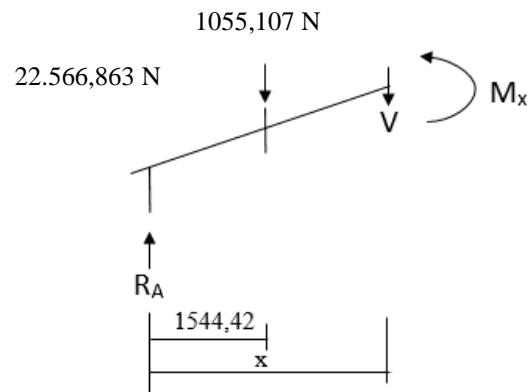
$$M_{772,21} = 527,553 \cdot (772,21) - 1.055,107(1.544,42) -$$

$$22.566,863(-1.544,42)$$

$$= 407.382,08 - 1.629.528,35 + 34.852.714,55$$

$$= 33.630.568,28 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Potongan 2



Gambar 4.46 Potongan 2 pada Batang 1

$$-M_x + 527,553 \cdot x - 1.055,107 (x - 1.544,42) = 0$$

$$M_x = 527,553 \cdot x - 1.055,107 (x - 1.544,42)$$

$$M_{1544,42} = 527,553 (1.544,42)$$

$$- 1.055,107 (1.544,42 - 1.544,42)$$

$$- 22.566,863 (-1.544,42) = 35.667.477,95 \text{ N.mm}$$

$$M_{2316,63} = 527,553 (2.316,63)$$

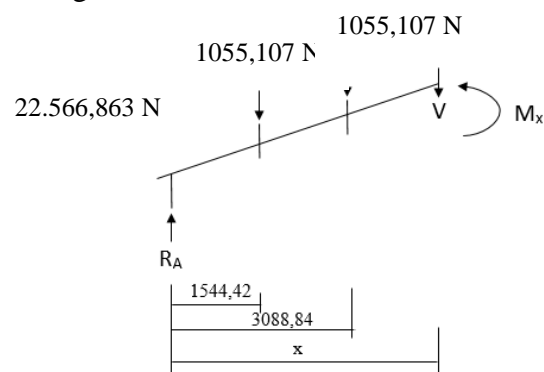
$$- 1.055,107 (2.316,63 - 1.544,42)$$

$$- 22.566,863 (-2.316,63)$$

$$= 38.537,14 - 25.691,43 \text{ N.mm}$$

$$= 52.686.452,77 \text{ N.mm}$$

Potongan 3



Gambar 4.47 Potongan 3 pada Batang 1

$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863(-2.316,63) + 527,553 x \\
 - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 x \\
 &\quad - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (x - 3.088,84)
 \end{aligned}$$

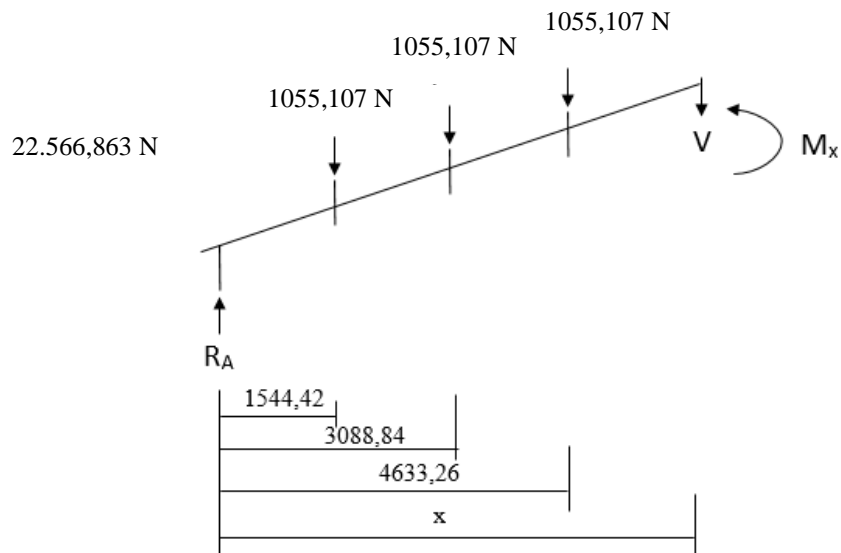
$$\begin{aligned}
 M_{3.088,84} &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 (3.088,84) \\
 &\quad - 1.055,107 (3.088,84 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (3.088,84 - 3.088,84)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3.088,84} &= 51.382,85 - 51.382,85 - 0 \\
 &= 52.279.070,291 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3.861,05} &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 (3.861,05) \\
 &\quad - 1.055,107 (3.861,05 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (3.861,05 - 3.088,84)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3.861,05} &= 52.279.071,831 + 2.036.908,511 - 2.444.292,53 \\
 &\quad - 814.764,17 \\
 &= 51.056.923,642 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Potongan 4



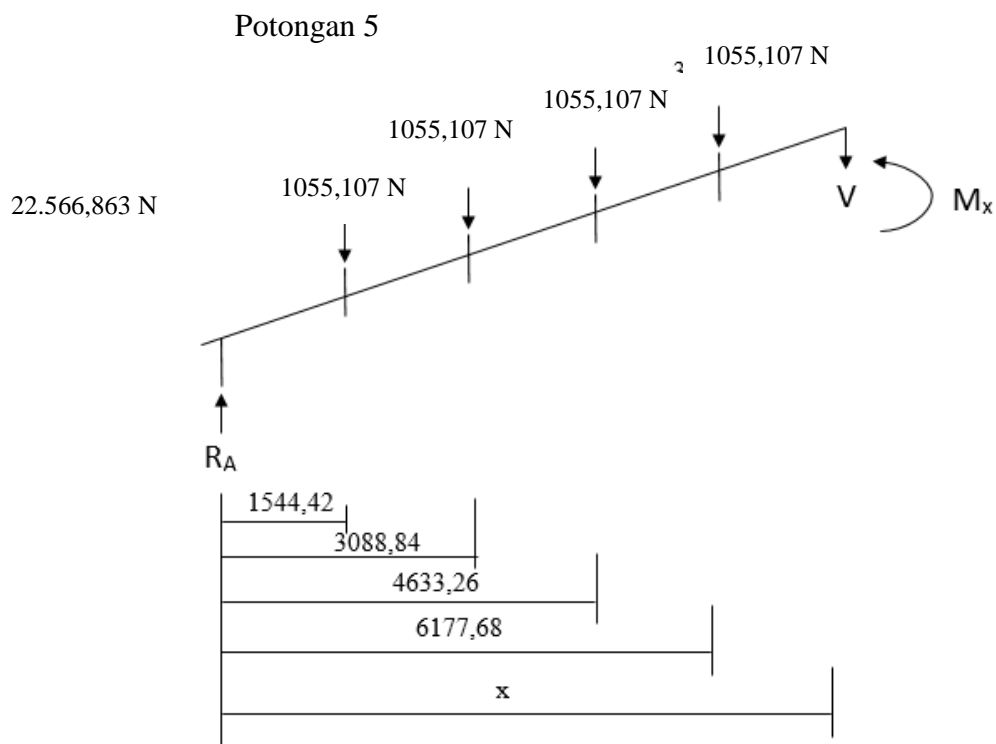
Gambar 4.48 Potongan 4 pada Batang 1

$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1055,107 (x - 1544,42) \\
 - 1055,107 (x - 3088,84) \\
 - 1055,107 (x - 4633,26) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x = -22.566,863 \cdot -x - 527,553 x - 1055,107 (x - 1544,42) \\
 - 1055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1055,107 (x - 4.633,26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{4.633,26} &= -22.566,863(-4.633,26) - 527,553 (4.633,26) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 3.088,84) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 4.633,26) \\
 &= 97.225.268,39 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{5.405,47} &= -22.566,863(-5.405,47) - 527,553 (5.405,47) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 3.088,84) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 4.633,26) \\
 &= 111.799.951,44 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.49 Potongan 5 pada Batang 1

$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (x - 4.633,26) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x = - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (x - 4.633,26) - 1.055,107 (x \\
 - 6.177,68)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{6177,68} = -22.566,863 \cdot -6.177,68 + 527,553 (6.177,68) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 1.544,42) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 3.088,84) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 4.633,26) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 6.949,89) \\
 = 136.963.426,903 \text{ N. mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{6949,89} = -22.566,863 \cdot -6.949,89 + 527,553 (6.949,89) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 4.633,26) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 6.949,89) \\
 = 148.282.188,169 \text{ N. mm}
 \end{aligned}$$

Mencari Nilai Tegangan maksimum (σ_{max})

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \cdot c}{I} \dots \dots \dots (4.18)$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \dots \dots \dots (4.19)$$

$$- I = \frac{1}{12} 400 \times 400^3 = 2.133.120.000 \text{ mm}^4$$

$$- \sigma_{max} = \frac{148.282.188,169 \text{ N.mm} \cdot 400 \text{ mm}}{2.133.120.000 \text{ mm}^4} = 27,81 \text{ Mpa}$$

Mencari nilai *Safety Factor*

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \dots \dots \dots (4.20)$$

$$k = \frac{62,4965}{27,81} = 2,25$$

4.5.1.2 Batang 2

Nilai *Safety Factor* pada batang 2

$$k_{batang\ 2} = k_{batang\ 1} = 2,25$$

4.6 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa rangkanya sangat aman karena mampu menampung beban yang bekerja pada sistem *belt conveyor*. Karena pada bagian pengujian *stress* atau tegangan, angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara 0 MPa sampai dengan 20,8323 MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga hijau muda, sedangkan warna biru muda hingga hijau muda yang terjadi pada tengah-tengah rangka dengan kisaran tegangan sebesar 20,83 MPa sampai dengan 62,5 MPa, namun tidak terlihat adanya deformasi, kemudian untuk bagian pengujian *displacement* atau deformasi, tidak ada pembengkokan pada rangka dan itu ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda (yang jumlahnya sangat sedikit) dan menunjukkan angka 0 mm. Lalu, untuk pengujian *strain* atau regangannya terjadi pada setiap kaki-kaki rangka berwarna biru tua hingga kuning, yang nilainya mulai dari 0 hingga 3.552,37. Kemudian, pengujian terakhir yaitu pengujian *safety factor* berada pada angka yang sangat aman, yaitu berada pada angka 3 dan ditandai dengan warna biru. Sedangkan, apabila dilakukan perhitungan secara manual dengan metode *Hibbeler*, maka nilai akhir *safety factor* yang di dapat adalah 2,25.

Pada pengujian poros, juga dapat dilihat bahwa poros yang telah dibuat sangat aman karena dapat menahan momen puntir sebesar 25 N.mm atau sebesar 1500 rpm dan terjadi deformasi atau perubahan bentuk, namun nilainya sangat kecil. Pada bagian pengujian *stress* atau tegangan, angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara $2,51 \times 10^{-8}$ MPa sampai dengan $5,8932 \times 10^{-5}$ MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga warna jingga, tidak terjadi perubahan bentuk pada poros. Kemudian untuk bagian pengujian *displacement* atau deformasi, tidak ada perubahan bentuk pada poros.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan semua percobaan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penentuan spesifikasi komponen-komponen dari desain berdasarkan metode *Pahl & Beitz*, metode *Hibbeler* dan metode *CEMA*, yang dimana material yang dipilih untuk rangka yaitu menggunakan material baja H-Beam untuk menopang *belt* dan *troughed idler roller* berukuran 400 x 400 x 12 mm, baja dengan profil berdimensi 350 x 275 x 30 mm dan 410 x 335 x 30 mm sebagai supportnya, motor penggerak yang digunakan yaitu 282 hp atau 211 kW, torsi nilai tegangan *belt* yang disarankan adalah 16.788 lbs, panjang *belt conveyor* keseluruhannya sebesar 32,03 m, ketebalan *beltnya* sebesar 31 mm.
2. Proses penentuan varian terbaik dilakukan dengan menggunakan metode *Pahl & Beitz*. Setelah dilakukan proses penentuan varian, maka didapatkan varian terbaik pada *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara pembakaran pada boiler dengan kapasitas 16,7 ton/jam yaitu pada rangkanya berjumlah 5 buah penopang, tipe sistem *belt conveyor* yang digunakan adalah tipe *troughed*, lebar *belt* yang digunakan 500 mm, dan tipe *belt* yang digunakan bertipe *chevron belt*.
3. Proses perancangan pada *belt conveyor* untuk pengangkut biomassa sebagai campuran batubara pembakaran pada boiler dengan kapasitas 16,7 ton/jam ini dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode *Khurmi* dan *Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA)* untuk memilih material yang tepat pada komponen, untuk menentukan besarnya komponen pada *belt conveyor* dan metode *Hibbeler* untuk menentukan kekuatan struktur dan material. Untuk melihat rancangan keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.
4. Berdasarkan hasil simulasi statis yang dilakukan pada sistem *belt conveyor* dan poros dapat disimpulkan bahwa sistem *belt conveyor* dinyatakan aman

apabila nilai *safety factornya* lebih dari 1, sedangkan berdasarkan hasil simulasi nilai *safety factornya* adalah 3 dan berdasarkan hasil perhitungan nilai *safety factornya* adalah 2,25, yang artinya sistem *belt conveyor* dinilai sangat aman untuk menopang beban yang bekerja. Kemudian, nilai *safety factor* pada porosnya sebesar 1,125.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, tentu saja dirasa masih perlu adanya tambahan untuk penelitian selanjutnya, dengan ini penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Belum adanya sistem hidrolik untuk desain *belt conveyor* ini, sistem hidrolik ini berfungsi untuk menyesuaikan antara tempat *unloading* dan tempat pencampuran dengan batubara. Oleh karena itu, perlu untuk di desain lebih lanjut mengenai sistem hidroliknya.
2. Untuk simulasi yang lebih akurat, dibutuhkan komputer dengan spesifikasi yang lebih mumpuni agar dapat mengisi data-data lain yang menunjang proses pengujian, seperti memasukkan parameter baut, sambungan las-lasan, *bearing*, pin, dan sambungan rigid lainnya, kemudian mengganti *belt* tipe *flat* dengan *belt* tipe *chevron* yang telah direncanakan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

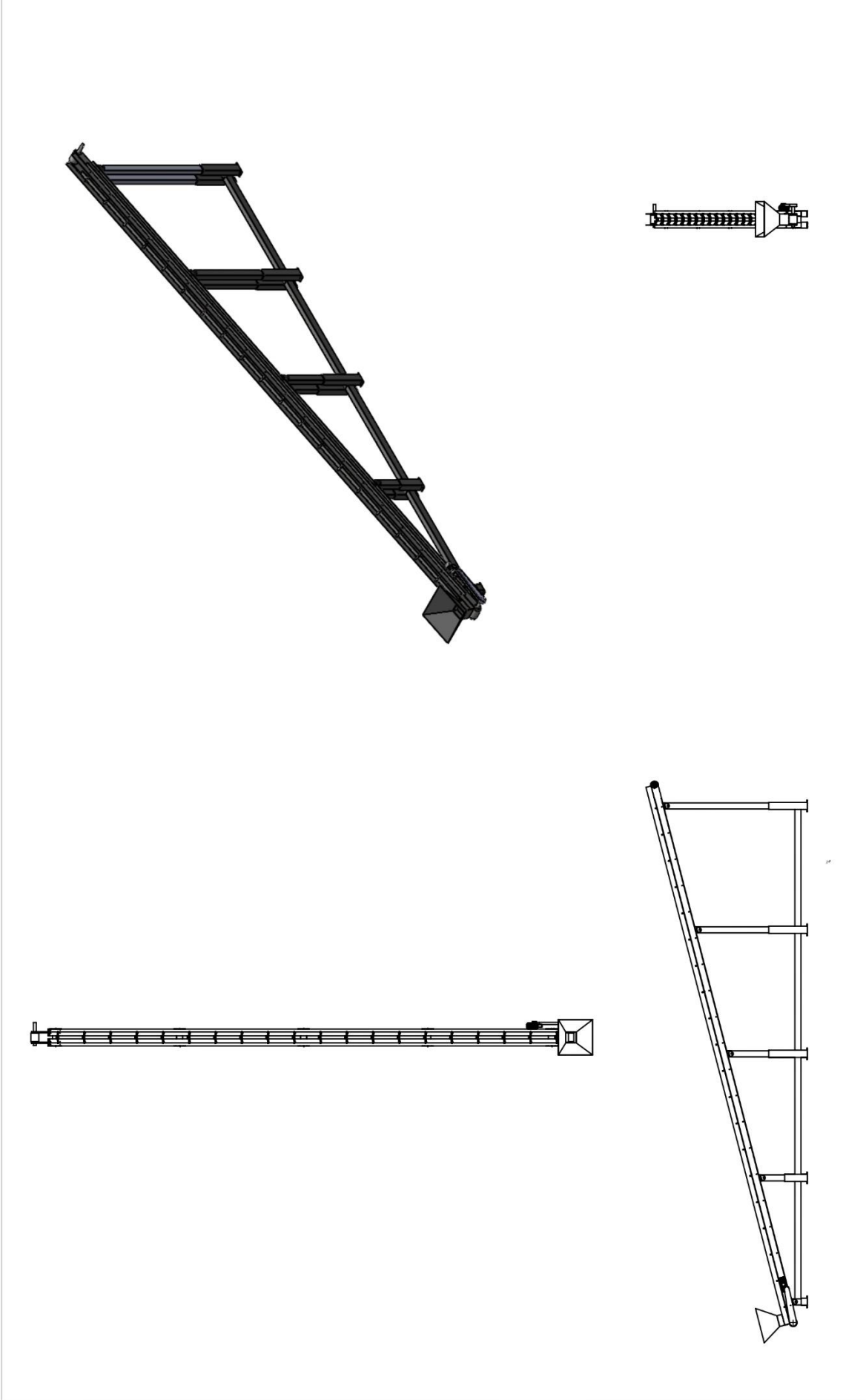
- [1] Mondol, Sudipto Shekhor. (2017). *Gravity Roller Conveyor Design*. Kolkata: *Heritage Institute of Technology*.
- [2] Aosoby, Recki, Toto Rusianto, Joko Waluyo. (2016). *Perancangan Belt Conveyor sebagai Pengangkut Batubara dengan Kapasitas 2700 Ton/Jam*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND.
- [3] (2020). *Classification of Conveyors Type*. Iraq: College of Petroleum and Mining Engineering. University of Mosul.
- [4] Gunawan, Oori. (2009). *Pembuatan Alat Peraga Transmisi Otomatis Sepeda Motor*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [5] Budhi, Bambang Sulisty. (2003). *Pedoman Perkuliahan Mekanika Teknik I*. Surakarta: PUSBANGJARI UNS.
- [6] Diji, (2013). *Electricity Production from Biomass in Nigeria: Options, Prospects and Challenges*. Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan. Ibadan: Nigeria.
- [7] Youcai, Zhao, Huang Sheng. (2017). *Recycling Technologies and Pollution Potential for Contaminated Construction and Demolition Waste in Recycling Processes*. China: Pollution Control and Resource Recovery.
- [8] Dzikuc, Maciej, Piotr Kurylo, Rafal Dudziak, Szymon Szufa, Maria Dzikuc, Karolina Godzisz. (2020). *Selected Aspects of Combustion Optimization of Coal in Power Plants*. Basel: MDPI.
- [9] Cahyadi, Dadi, Gilang Febri Azis. (2015). *Perancangan Belt Conveyor Kapasitas 30 Ton/Jam untuk Alat Angkut Kertas*. SINTEK VOL. 9 NO.1. Serang: Universitas Serang Raya.
- [10] *Rancang Bangun Belt Conveyor untuk Penyaji Makanan*. Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA): ISSN 2527-6042. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [11] Khurmi, R. S., J. K. Gupta. (2005). *Mechanical Engineering (Conventional and Objective Type): Seventh Edition*. New Delhi: S. Chand Publishing.
- [12] Bridgestone. (2015). *Conveyor Belt Design Manual*. Japan: Fukuoka.

- [13] G, Tsakalakis K., Michalakopoulos Th., (2015). *Mathematical Modeling of the Conveyor Belt Capacity*.
- [14] Association, Conveyor Equipment Manufacturers (CEMA). (2002). *Belt Conveyor for Bulk Materials*. United States of America: CEMA.
- [15] ASME (the American Society of Mechanical Engineers. (1967). *Key and Keyseats*. New York: United Engineering Center.
- [16] More, R, Vishal Sawant, Y. Suryawanshi. (2015). *Analytical Study of Different Types of Flat Slab Subjected to Dynamic Loading*. India: University of Pune.
- [17] Pahl, G. (2007). *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: S. Chand Publishing.
- [18] Astaneh-Asl, Abolhassan. (2010). *Gusset Plates in Steel Bridges-Design and Evaluation*. Berkeley: University of California.
- [19] Jin, Yichun, Junjie Li, Wei Wu. (2020). *I-Yard 2.0: Integration of Sustainability into a Net-Zero Energy House*. School of Architecture and Design: Beijing.
- [20] Joseph, Ephraem, Leonardo Rusli, Pandhu D, Fella Rossy, Garry C, Rushdi Saputra. (2011). *Studi Literatur Struktur Kabel dan Studi Kasus Bangunan Kabel "Munich Olympic Stadium"*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan Bandung.
- [21] Hajdin, Rade, Matej Kusar, Snezana Masovic, Poul Linneberg. (2018). *Establishment of a Quality Control Plan – WG3*. Portugal: boutik.pt.
- [22] K.G., Tsakalakis, Michalakopoulos Th. (2015). *Mathematical Modeling of the Conveyor Belt Capacity*. Tel-Aviv: the 8th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids.
- [23] NSK. *Rolling Bearings CAT. No. E1102m*. NSK: Japan.
- [24] Adegoke, Kayode Adesina, Oreoluwa Ololade Adesina, Omolabake Abiodun Okon-Akan, Oyeladun Rhoda Adegoke, Abdullahi Biodun Olabintan, Oluwaseyi Aderemi Ajala, Halimat Olagoke, Nobanathi Wendy Maxakato, Olugbenga Solomon Bello. (2022). *Sawdust-Biomass Based Materials for Sequestration of Organic and Inorganic Pollutants and Potential for Engineering Applications*. Current Research in Green and

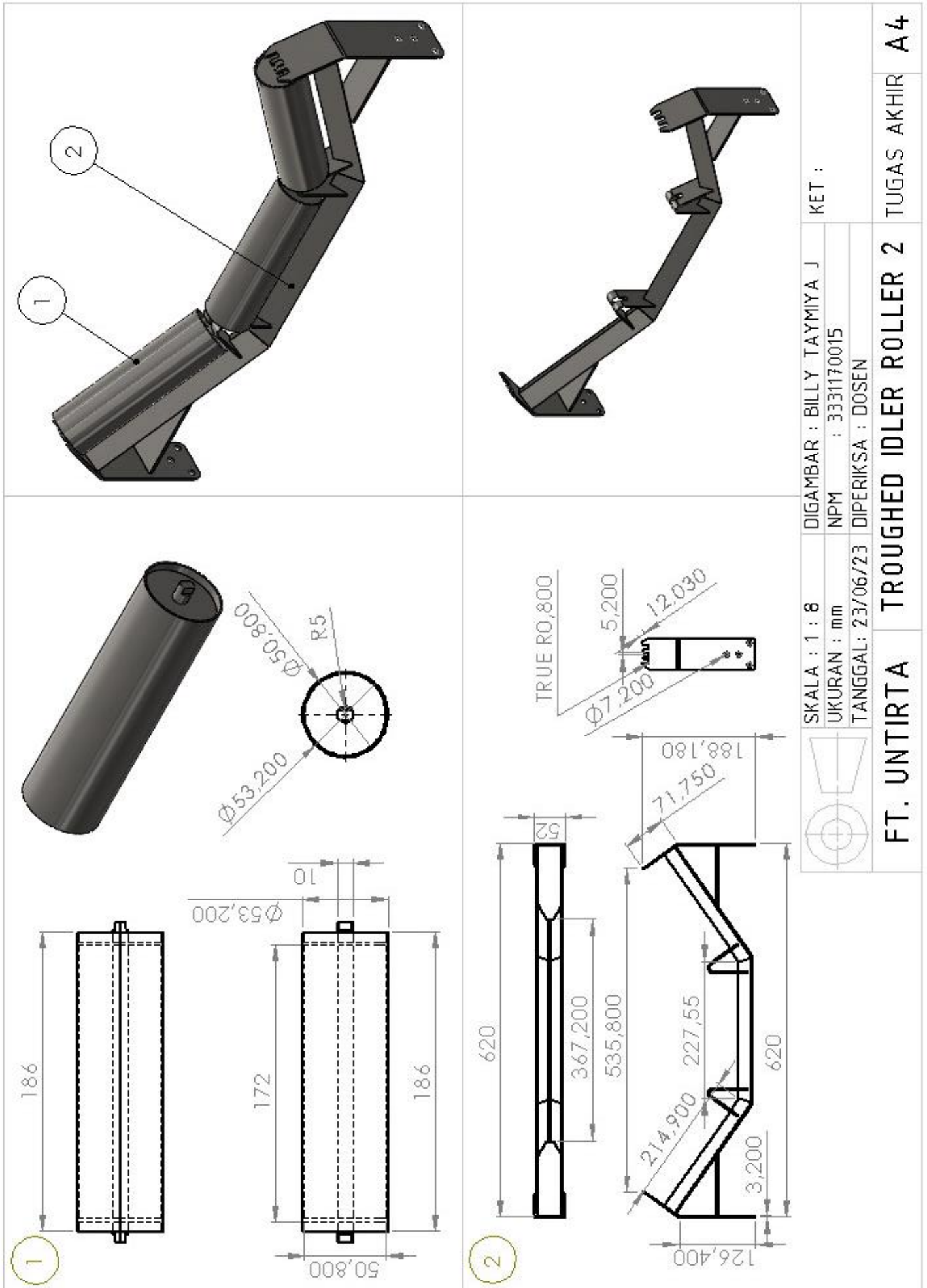
Sustainable Chemistry Vol. 5, 2022, 100274.

- [25] Ashby, Michael. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design* (4th ed.). Oxford: Pergamon Press.
- [26] Hibbeler, Russell. C. (2014). *Mechanics of Materials* (9th ed). United States of America: Prentice Hall.

LAMPIRAN



	SKALA : 1 : 300	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 333170015	
	TANGGAL: 01/07/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA	BELT CONVEYOR ASSEMBLY	TUGAS AKHIR	A4

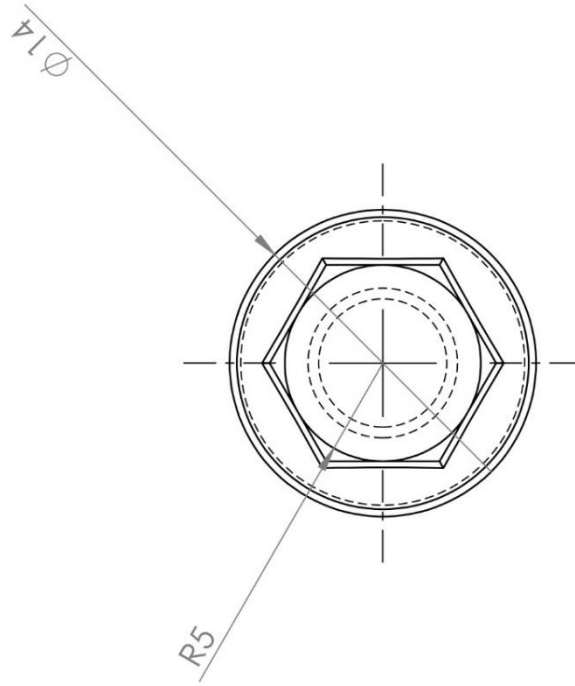
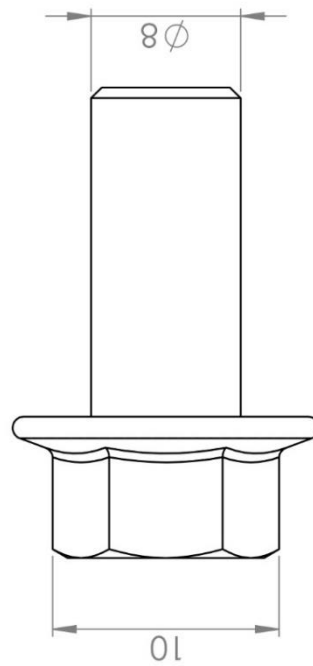
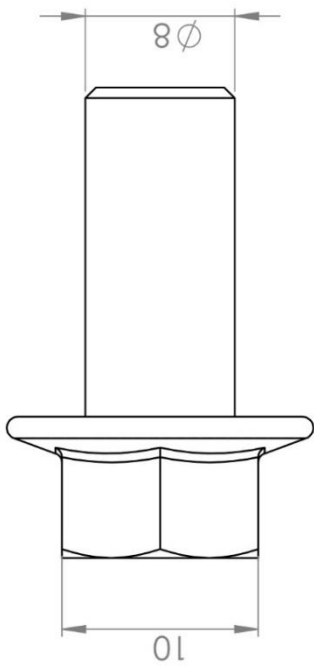


SKALA : 1 : 8
 UKURAN : mm
 TANGGAL : 23/06/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J
 NPM : 3331170015
 DIPERIKSA : DOSEN

KET :

FT. UNTIRTA TROUGHED IDLER ROLLER 2 TUGAS AKHIR A4



SKALA : 3 : 1

UKURAN : mm

TANGGAL: 23/06/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J

NPM : 3331170015

DIPERIKSA : DOSEN

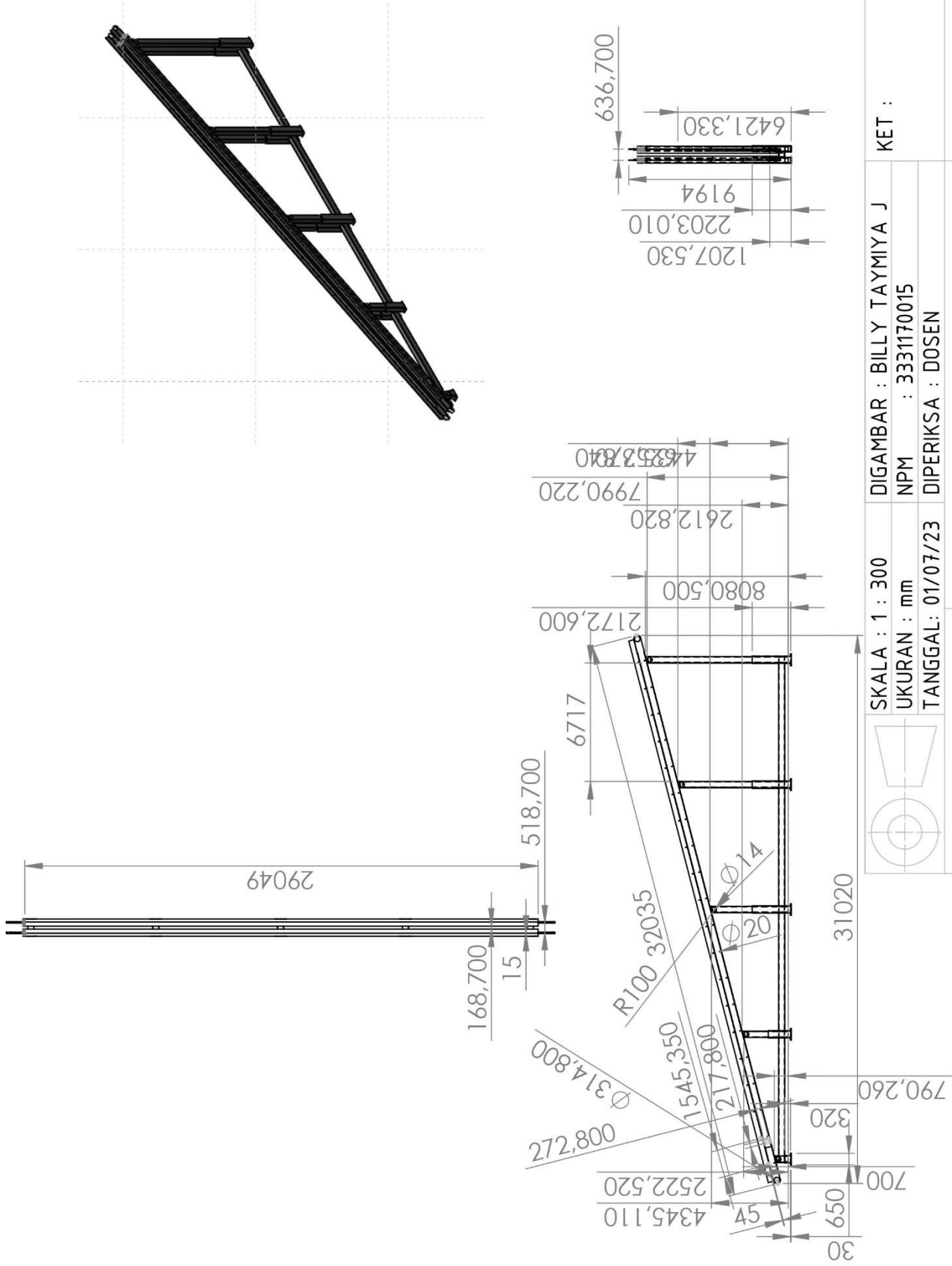
KET :

FT. UNTIRTA

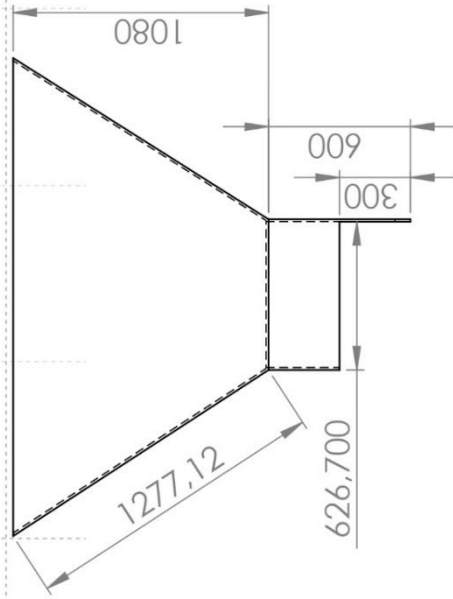
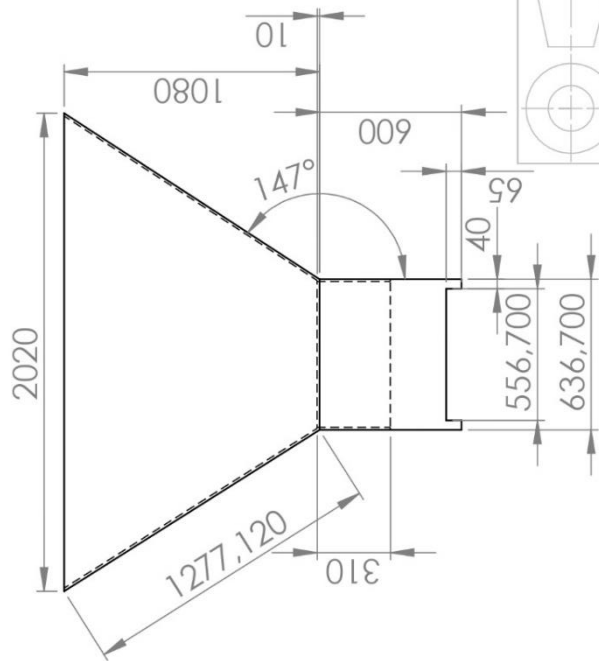
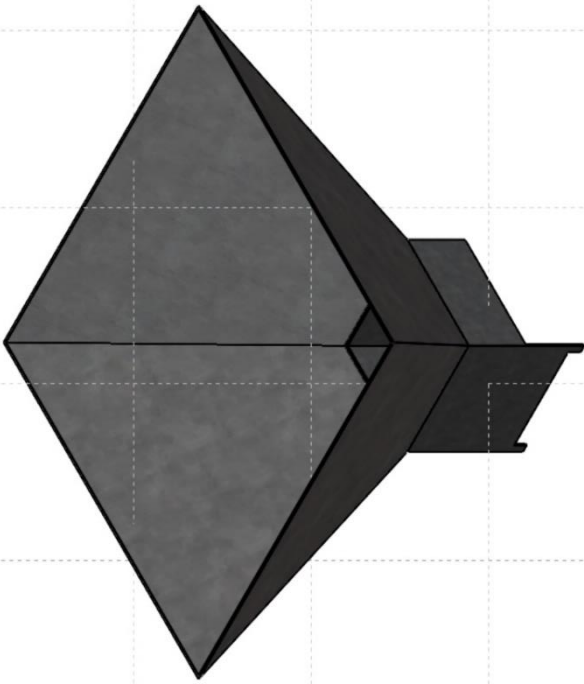
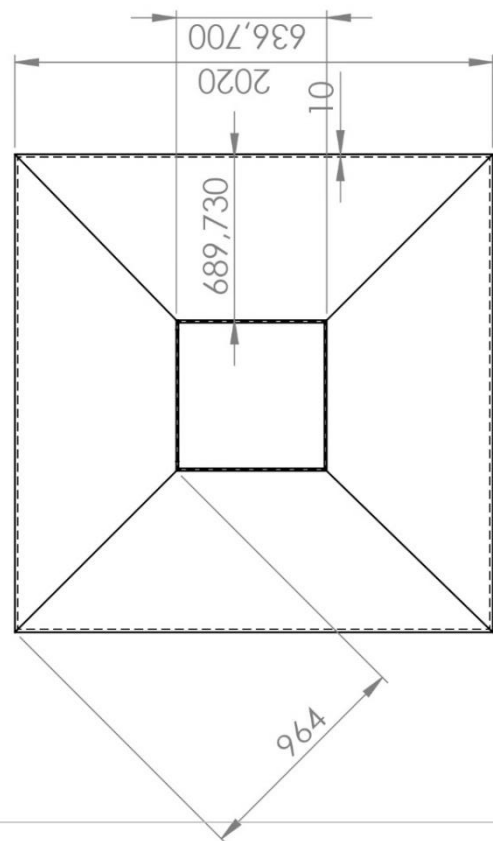
BAUT TROUGHED IDLER

TUGAS AKHIR

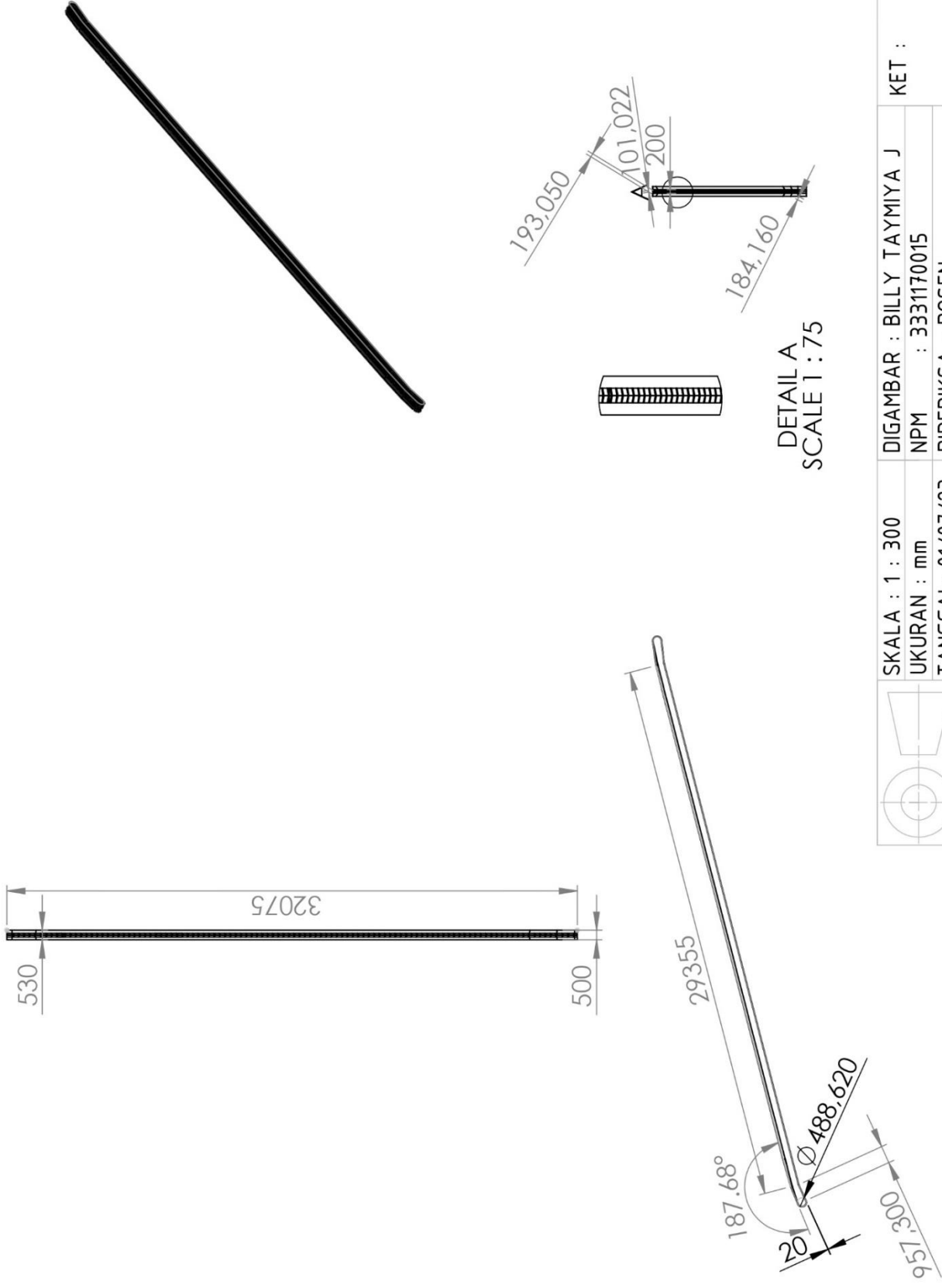
A4



	SKALA : 1 : 300	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 3331170015	
	TANGGAL: 01/07/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA	RANGKA		TUGAS AKHIR A4

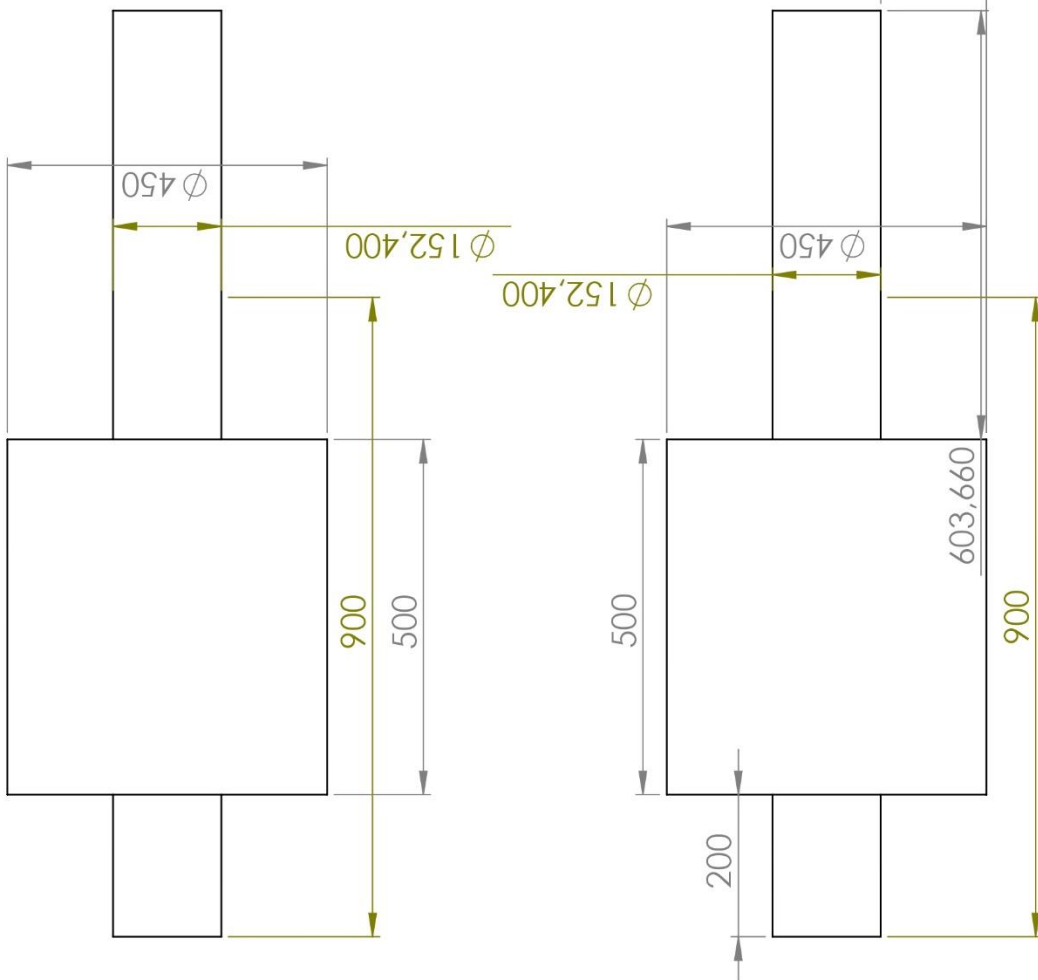
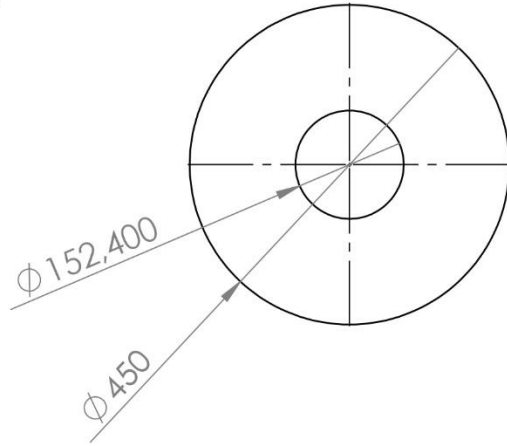
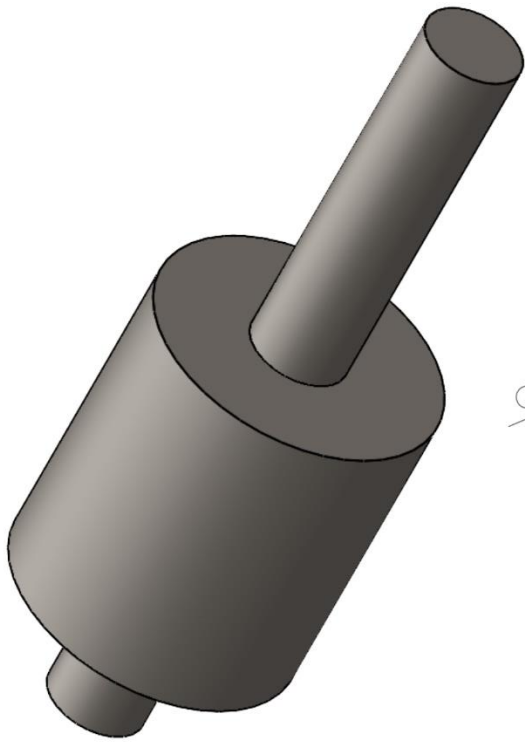


	SKALA : 3 : 1	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 3331170015	
	TANGGAL: 23/06/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA	HOPPER		TUGAS AKHIR A4



DETAIL A
SCALE 1 : 75

	SKALA : 1 : 300	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 3331170015	
	TANGGAL: 01/07/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA	BELT		TUGAS AKHIR A4



SKALA : 1 : 10
 UKURAN : mm
 TANGGAL: 01/07/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J
 NPM : 3331170015
 DIPERIKSA : DOSEN

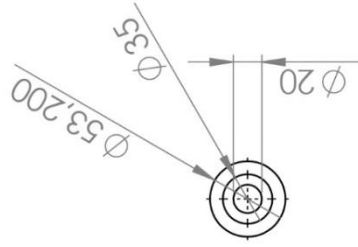
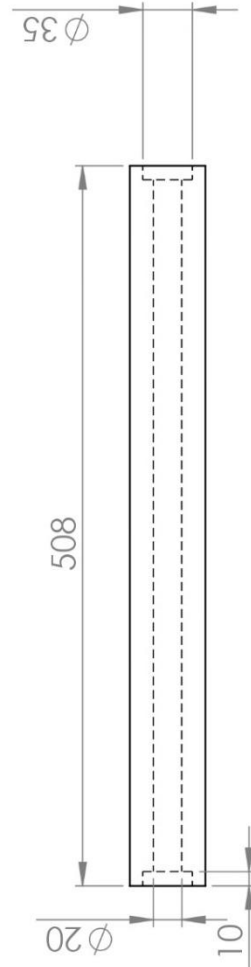
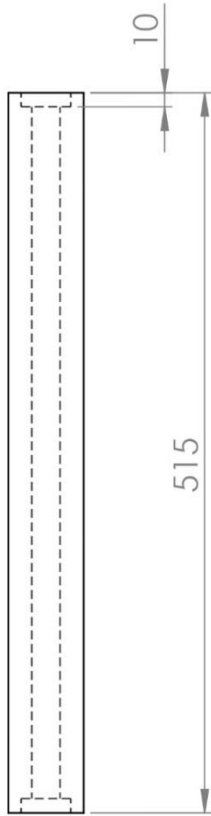
KET :

FT. UNTIRTA

HEAD PULLEY

TUGAS AKHIR

A4



SKALA : 1 : 10

UKURAN : mm

TANGGAL: 01/07/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J

NPM : 3331170015

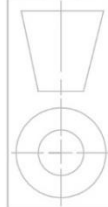
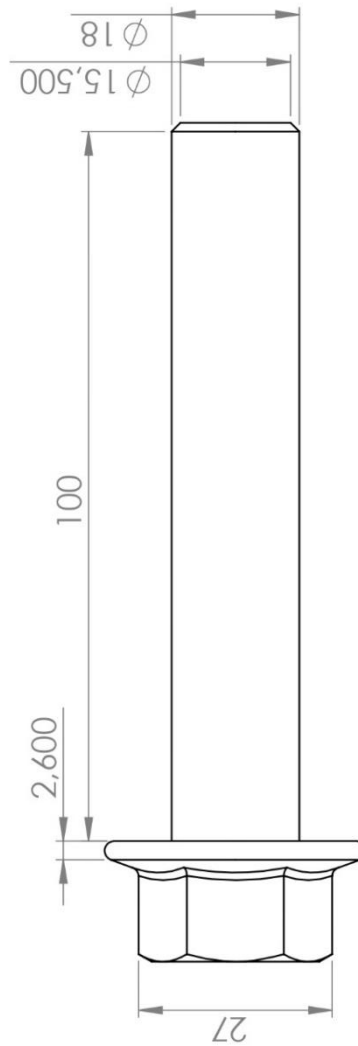
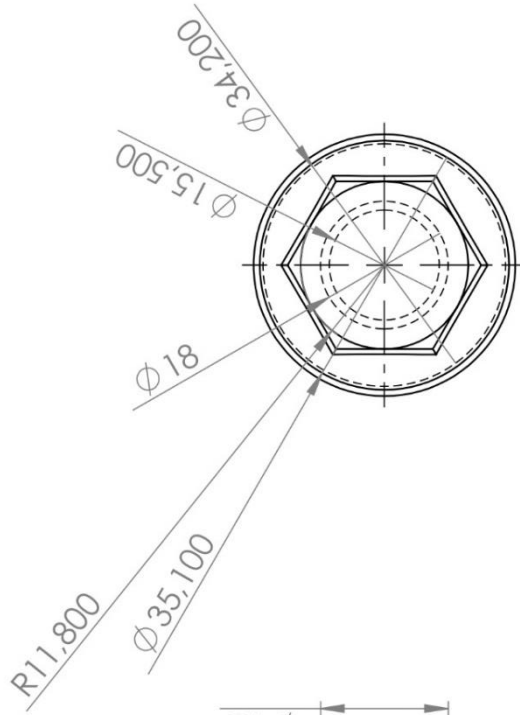
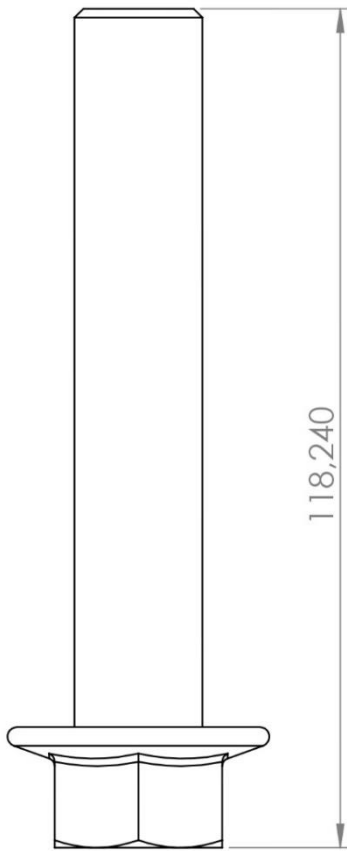
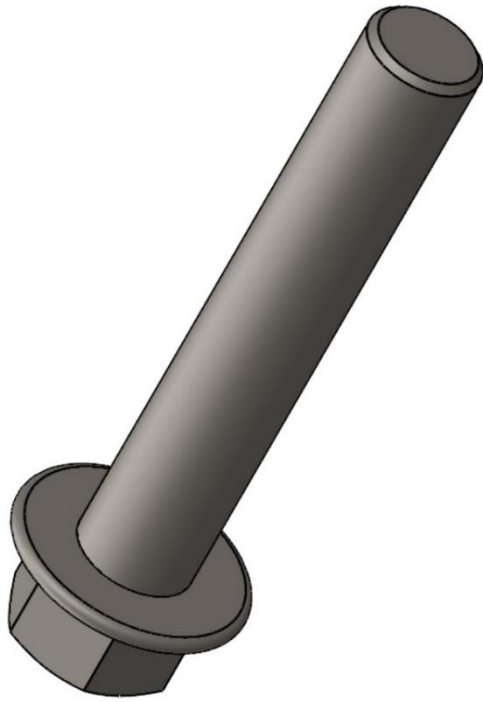
DIPERIKSA : DOSEN

KET :

FT. UNTIRTA

RETURN ROLLER

TUGAS AKHIR A4



SKALA : 1 : 1

UKURAN : mm

TANGGAL: 01/07/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J

NPM : 3331170015

DIPERIKSA : DOSEN

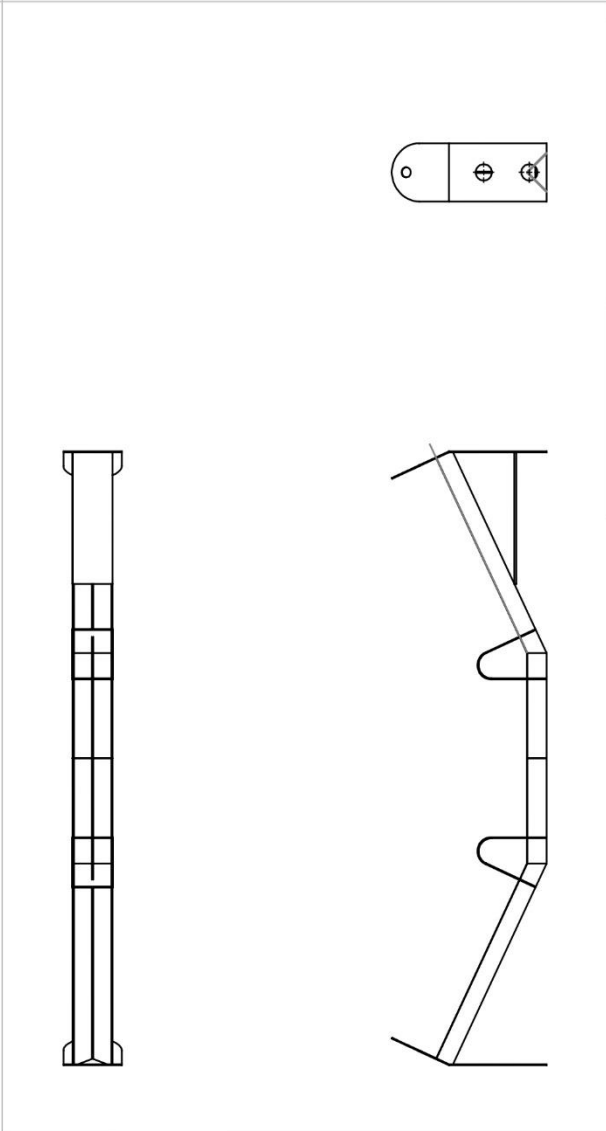
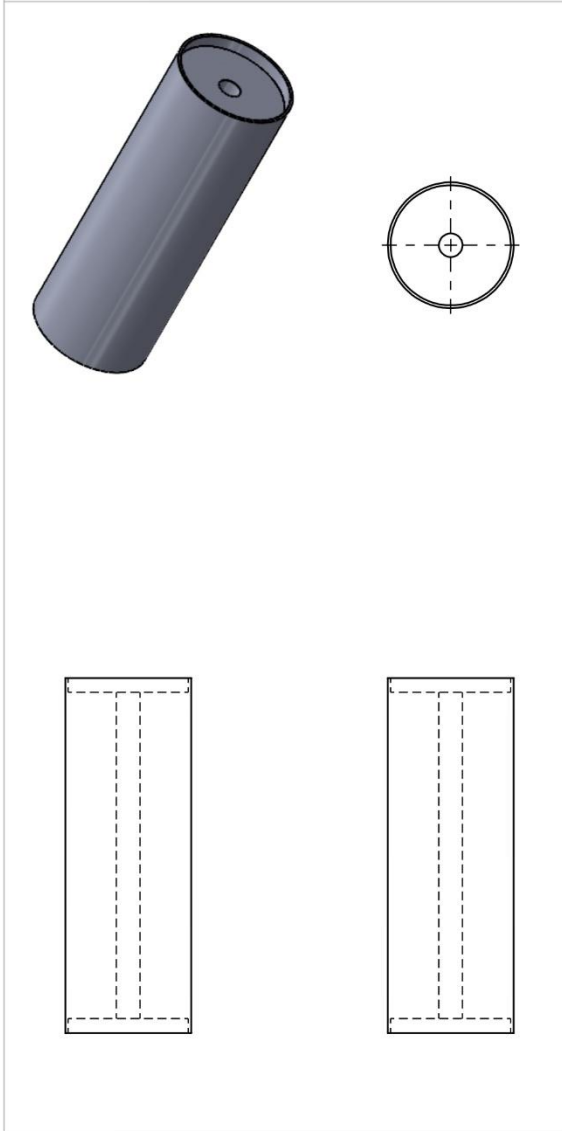
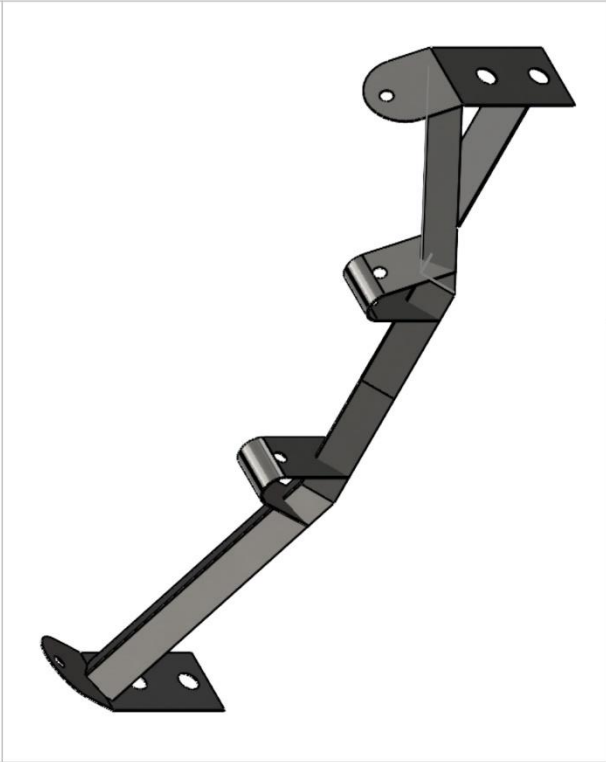
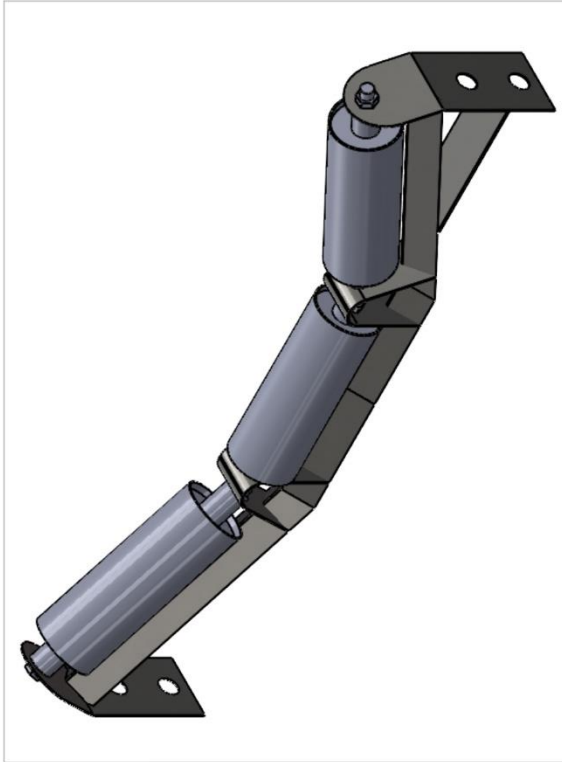
KET :

FT. UNTIRTA

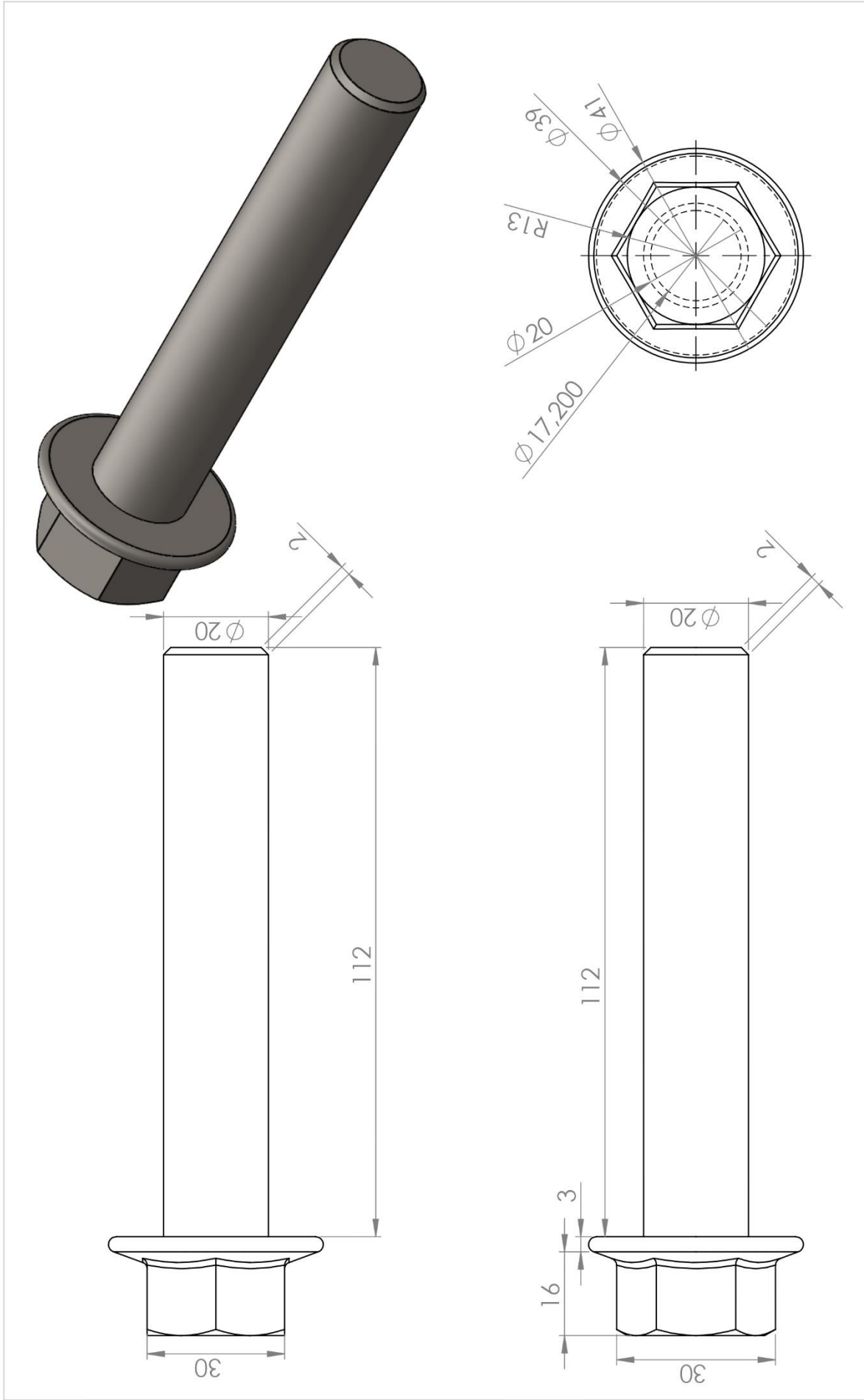
BAUT RANGKA

TUGAS AKHIR

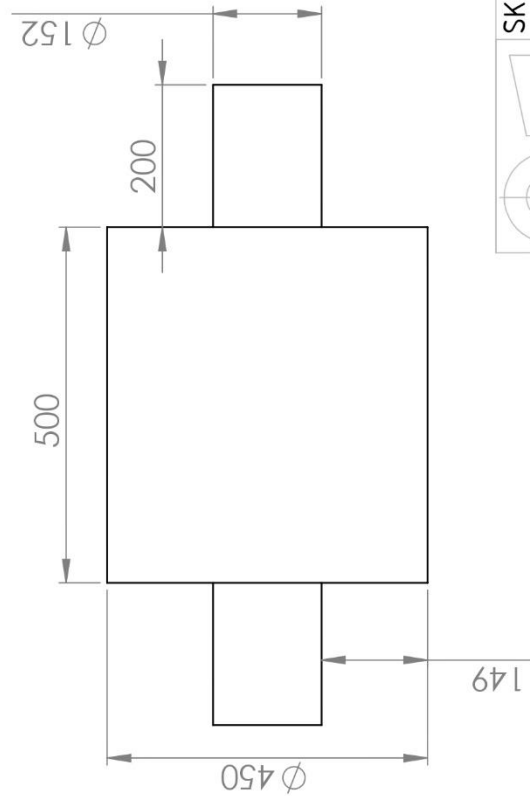
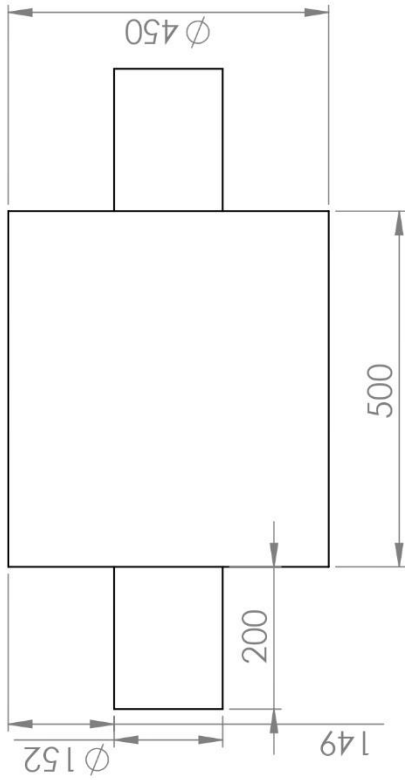
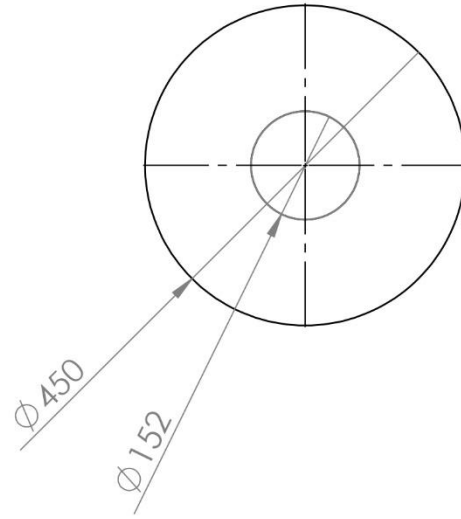
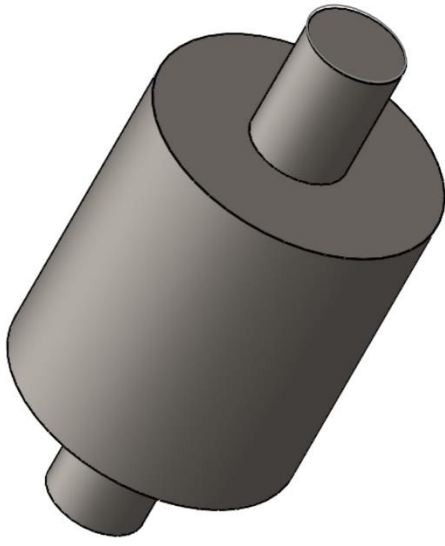
A4



	SKALA : 1 : 7	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 333170015	
	TANGGAL: 04/07/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA		TROUGHED IDLER ROLLER 1	
		TUGAS AKHIR A4	



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J	KET :
	UKURAN : mm	NPM : 333170015	
	TANGGAL: 04/07/23	DIPERIKSA : DOSEN	
FT. UNTIRTA	BAUT RANGKA 2	TUGAS AKHIR	A4



SKALA : 1 : 10

UKURAN : mm

TANGGAL: 01/07/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J

NPM : 3331170015

DIPERIKSA : DOSEN

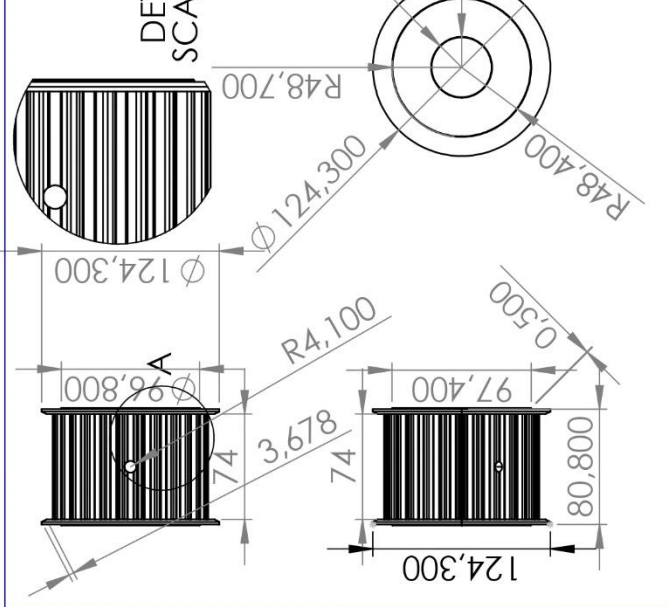
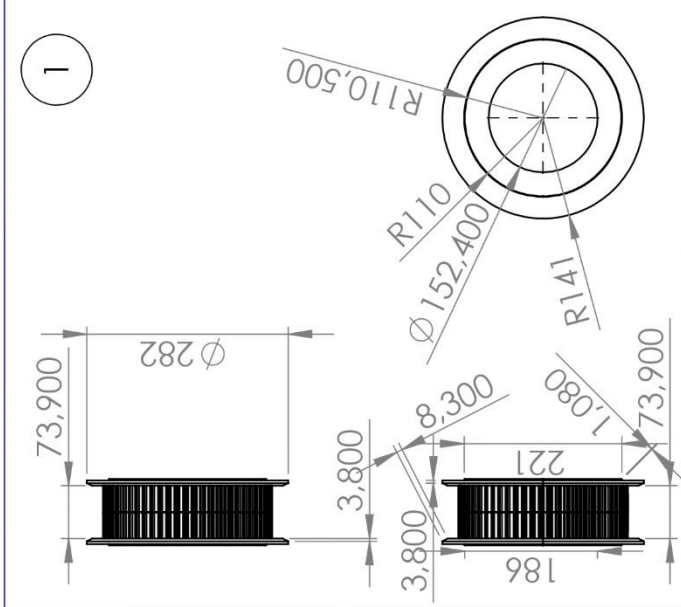
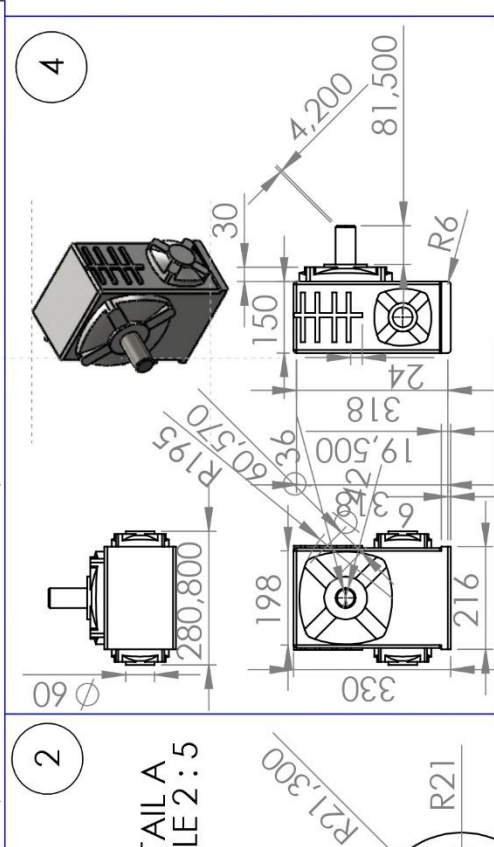
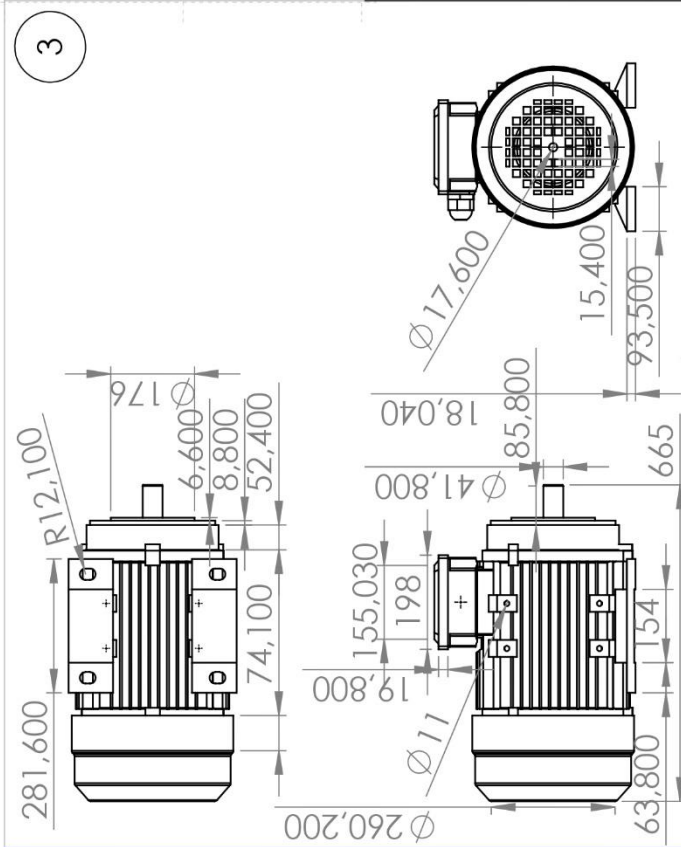
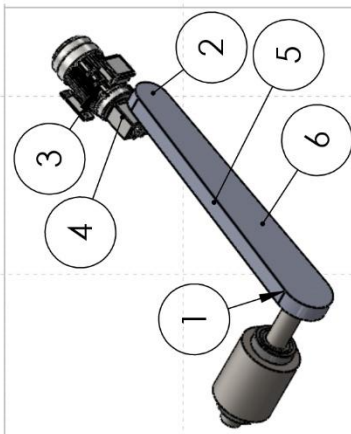
KET :

FT. UNTIRTA

TAIL PULLEY

TUGAS AKHIR

A4



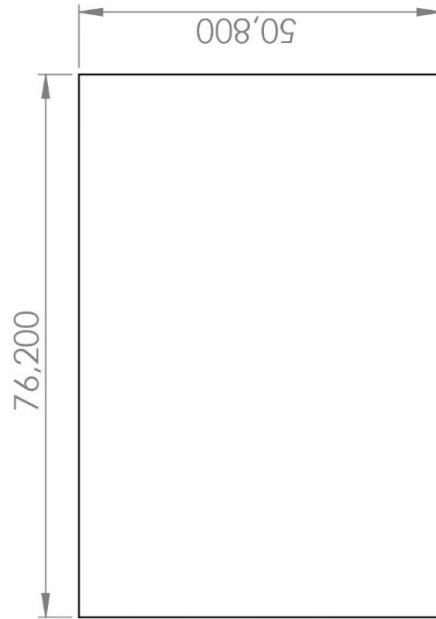
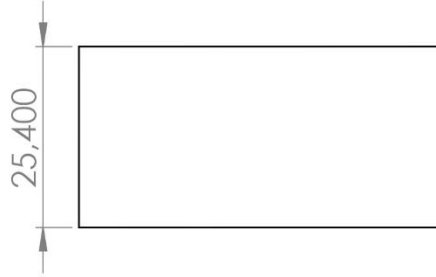
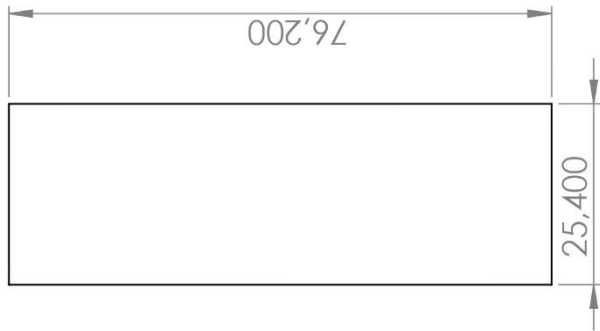
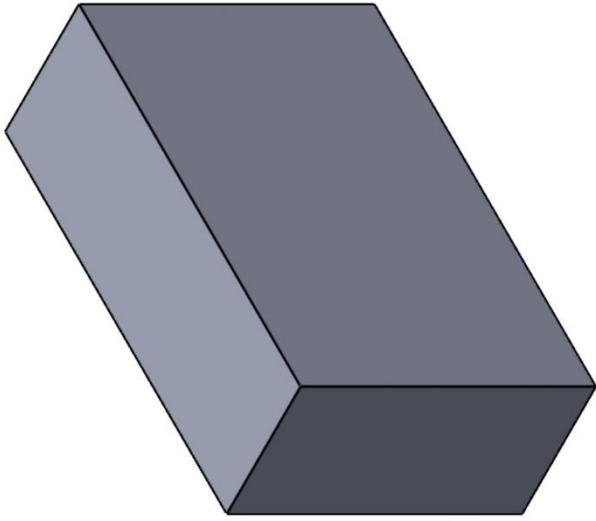
SKALA : 1 : 50
 UKURAN : mm
 TANGGAL: 04/07/23
 DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J
 NPM : 333170015
 DIPERIKSA : DOSEN

KET :

FT. UNTIRTA

MOTOR PENGGERAK
 BESERTA TRANSMISI HALAMAN 1

TUGAS AKHIR A4



SKALA : 1 : 1

UKURAN : mm

TANGGAL: 01/07/23

DIGAMBAR : BILLY TAYMIYA J

NPM : 3331170015

DIPERIKSA : DOSEN

KET :

FT. UNTIRTA

PASAK

TUGAS AKHIR

A4

Overview of materials for Medium Carbon Steel

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

Material Notes: This property data is a summary of similar materials in the MatWeb database for the category "Medium Carbon Steel". Each property range of values reported is minimum and maximum values of appropriate MatWeb entries. The comments report the average value, and number of data points used to calculate the average. The values are not necessarily typical of any specific grade, especially less common values and those that can be most affected by additives or processing methods.

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.75 - 7.89 g/cc	0.280 - 0.285 lb/in ³	Average value: 7.85 g/cc Grade Count:914
Particle Size	6.70 - 12.0 µm	6.70 - 12.0 µm	Average value: 9.27 µm Grade Count:12
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	126 - 578	126 - 578	Average value: 247 Grade Count:831
Hardness, Knoop	145 - 616	145 - 616	Average value: 276 Grade Count:838
Hardness, Rockwell B	71.0 - 112	71.0 - 112	Average value: 94.8 Grade Count:779
Hardness, Rockwell C	9.00 - 71.0	9.00 - 71.0	Average value: 25.9 Grade Count:703
Hardness, Vickers	131 - 614	131 - 614	Average value: 265 Grade Count:838
Tensile Strength, Ultimate	450 - 2730 MPa	65300 - 396000 psi	Average value: 987 MPa Grade Count:835
Tensile Strength, Yield	245 - 1740 MPa	35500 - 252000 psi	Average value: 685 MPa Grade Count:828
Elongation at Break	5.00 - 34.2 %	5.00 - 34.2 %	Average value: 18.9 % Grade Count:819
Reduction of Area	20.0 - 71.4 %	20.0 - 71.4 %	Average value: 49.7 % Grade Count:526
Modulus of Elasticity	187 - 213 GPa	27100 - 30900 ksi	Average value: 203 GPa Grade Count:899
Bulk Modulus	152 - 163 GPa	22000 - 23600 ksi	Average value: 160 GPa Grade Count:863
Poissons Ratio	0.280 - 0.300	0.280 - 0.300	Average value: 0.290 Grade Count:884
Fatigue Strength	138 - 614 MPa	20000 - 89100 psi	Average value: 370 MPa Grade Count:13
Fracture Toughness	80.9 - 143 MPa-m ^{1/2}	73.7 - 130 ksi-in ^{1/2}	Average value: 120 MPa-m ^{1/2} Grade Count:4
Machinability	40.0 - 80.0 %	40.0 - 80.0 %	Average value: 60.1 % Grade Count:641
Shear Modulus	72.0 - 82.0 GPa	10400 - 11900 ksi	Average value: 79.6 GPa Grade Count:891
Izod Impact	9.00 - 135 J	6.64 - 99.6 ft-lb	Average value: 45.7 J Grade Count:256
Charpy Impact	10.8 - 65.0 J	8.00 - 47.9 ft-lb	Average value: 31.7 J Grade Count:8
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000166 - 0.0000263 ohm-cm	0.0000166 - 0.0000263 ohm-cm	Average value: 0.0000213 ohm-cm Grade Count:795
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	10.4 - 15.1 µm/m-°C	5.78 - 8.39 µin/in-°F	Average value: 12.9 µm/m-°C Grade Count:592
Specific Heat Capacity	0.470 - 0.519 J/g-°C	0.112 - 0.124 BTU/lb-°F	Average value: 0.477 J/g-°C Grade Count:616
Thermal Conductivity	21.9 - 52.0 W/m-K	152 - 361 BTU-in/hr-ft ² -°F	Average value: 47.7 W/m-K Grade Count:710
Processing Properties	Metric	English	Comments
Processing Temperature	166 - 838 °C	331 - 1540 °F	Average value: 600 °C Grade Count:8
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Aluminum, Al	0.0200 - 1.15 %	0.0200 - 1.15 %	Average value: 0.324 % Grade Count:4
Boron, B	0.000500 - 0.00300 %	0.000500 - 0.00300 %	Average value: 0.00175 % Grade Count:43
Carbon, C	0.100 - 1.29 %	0.100 - 1.29 %	Average value: 0.418 % Grade Count:952
Chromium, Cr	0.130 - 4.50 %	0.130 - 4.50 %	Average value: 0.829 % Grade Count:597
Cobalt, Co	4.50 - 8.00 %	4.50 - 8.00 %	Average value: 6.60 % Grade Count:5
Copper, Cu	0.200 - 0.500 %	0.200 - 0.500 %	Average value: 0.300 % Grade Count:9
Iron, Fe	78.7 - 100 %	78.7 - 100 %	Average value: 97.4 % Grade Count:952
Manganese, Mn	0.100 - 3.00 %	0.100 - 3.00 %	Average value: 0.913 % Grade Count:949
Molybdenum, Mo	0.0300 - 4.25 %	0.0300 - 4.25 %	Average value: 0.266 % Grade Count:476
Nickel, Ni	0.150 - 10.0 %	0.150 - 10.0 %	Average value: 1.13 % Grade Count:294
Phosphorus, P	0.00800 - 0.400 %	0.00800 - 0.400 %	Average value: 0.0363 % Grade Count:918
Silicon, Si	0.0500 - 2.20 %	0.0500 - 2.20 %	Average value: 0.292 % Grade Count:666
Sulfur, S	0.00200 - 0.500 %	0.00200 - 0.500 %	Average value: 0.0546 % Grade Count:921
Vanadium, V	0.0200 - 1.00 %	0.0200 - 1.00 %	Average value: 0.176 % Grade Count:57

vanadium, v 0.0500 - 1.00 % 0.0500 - 1.00 % Average value: 0.170 % Grade Control

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Belt Capacity Chart

The Following conveyor belt capacity charts show tons per hour (TPH) based on material weighing 100 lbs. per cubic foot, 20° material surcharge angle with three equal length rolls on troughing idlers.

CAPACITY (TPH) = .03 x Belt Speed (FPM) x material weight (lb. per cu. ft.) x load cross section (sq. ft.)

TPH with 20° Troughing Idlers

Belt Width in Inches	Belt Speed in feet per minute (FPM)											
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
16	42	63	84	105	125	147	168	-	-	-	-	-
18	54	80	110	135	160	190	218	243	270	-	-	-
24	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	-
30	160	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040
36	235	350	470	585	700	820	935	1050	1170	1290	1400	1520
42	330	495	660	825	980	1155	1320	1485	1650	1815	1980	2140
48	440	660	880	1100	1320	1540	1760	1980	2200	2420	2640	2860
54	570	855	1140	1420	1710	2000	2280	2560	2850	3130	3420	3700
60	720	1080	1440	1800	2160	2520	2880	3240	3600	3960	4320	4680

TPH with 35° Troughing Idlers

Belt Width in Inches	Belt Speed in feet per minute (FPM)											
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
18	66	100	135	170	200	235	270	305	338	-	-	-
24	125	187	250	310	380	435	500	560	625	685	750	-
30	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
36	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950
42	420	635	845	1060	1270	1480	1690	1900	2120	2320	2540	2750
48	560	845	1125	1400	1690	1970	2250	2530	2810	3090	3370	3660
54	740	1110	1480	1850	2220	2600	2960	3340	3700	4080	4450	4820
60	935	1400	1870	2340	2800	3280	3740	4200	4680	5150	5610	6100

TPH with 45° Troughing Idlers

Belt Width in Inches	Belt Speed in feet per minute (FPM)											
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
24	145	217	290	360	435	508	580	650	725	795	870	-
30	232	348	465	580	695	810	930	1040	1160	1270	1390	1500
36	335	510	680	850	1020	1190	1360	1530	1700	1860	2040	2200
42	478	720	960	1200	1440	1680	1910	2150	2390	2630	2870	3110
48	640	955	1275	1600	1910	2230	2550	2870	3190	3500	3820	4150
54	830	1240	1655	2070	2480	2900	3310	3720	4140	4550	4960	5380
60	1040	1570	2090	2610	3130	3660	4180	4700	5220	5740	6260	6800
Maximum Size of Lumps * (Inches)				Maximum Belt Speeds in feet per minute (FPM)								

Belt Width in Inches	Equal Size Lumps	Mixed with 90% Fines	Light Free Flowing Material As Grain, Pulverized Coal 50 Lb./Cu. Ft.	Average Material As Sand, Gravel, Stone, Coal, Fine Ore 100 Lb./Cu. Ft.	Abrasive Material As Coal, Screened Lump Coke 30 To 50 Lb./Cu. Ft.
16	2	4	500	400	350
18	3	5	500	500	400
24	5	8	600	600	450
30	6	11	700	650	500
36	8	15	800	650	500
42	10	18	800	650	500
48	12	21	800	650	500
54	14	24	800	650	500
60	16	28	800	650	500

* Based on 20° Troughing Idlers and 100 Lb. Per Cu. Ft. Material.

Conversion: Cu. Ft. = BPH x 1.25

Note: Capacities of flat belts are taken at one-half of those listed above.

Belt Conveyor Capacities

materials, damp sand, coal, earth with no large lumps, and crushed stone. An increase in belt speed permits decreases in belt width and tension. However, these benefits must be weighed against the possible disadvantage of increased belt wear, material degradation, windage losses, lump impact on carrying idlers, and generally reduced life of all conveyor components.

Consult a CEMA member company when considering operation at these higher speeds.

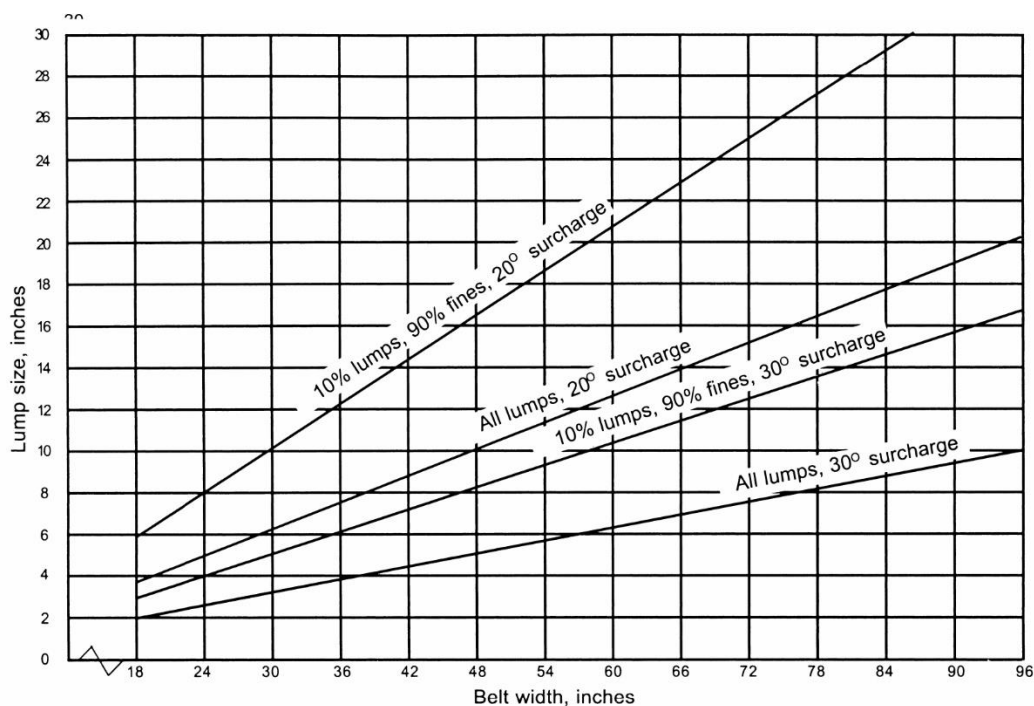


Figure 4.1 Belt width necessary for a given lump size. Fines: no greater than 1/10 maximum lump size.

The design of the loading area and the discharge of the material over the head pulley also must be considered when choosing the belt speed. If the material is dry and fine and the belt velocity is high, dusting of the material may be intolerable. Also, if the material is heavy or contains large lumps, or if the particle edges are angular and sharp, a high velocity of discharge may cause undue wear on the discharge or transfer chutes.

Belt Conveyor Capacities

For a given speed, belt conveyor capacities increase as the belt width increases. Also, the capacity of a belt conveyor depends on the surcharge angle and on the inclination of the side rolls of three-roll troughing idlers.

The nominal cross section of the material on a belt is measured in a plane normal to the belt. On an inclined or declined conveyor, the material tends to conform to its

Capacities, Belt Widths, and Speeds

surcharge angle as measured in a vertical plane. This decreases the area, A_s , as the cosine of the angle of conveyor slope. See Figure 4.2. However, in most cases, the actual loss of capacity is very small.

Assuming a uniform feed to the conveyor, the cross-sectional area of the load on the conveyor belt is the determinant of the belt conveyor capacity. In this manual, the cross-sectional area is based upon the following two conditions. First, the material load on the troughed belt does not extend to the belt edges. The distance from the edges of the material load to the edges of the belt is set at "standard edge distance," which is defined as $0.055b + 0.9$ inch, where b is the width of the belt in inches. Throughout this manual, standard edge distance is presumed to be in effect unless otherwise specified. Second, the top of the load of the material is the arc of a circle tangent, at the edges of the load, to the surcharge angle of loading.

Table 4-1. Recommended maximum belt speeds.

Material Being Conveyed	Belt Speeds (fpm)	Belt Width (inches)
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Coal, damp clay, soft ores, overburden and earth, fine-crushed stone	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shake-out sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

Belt Conveyor Capacity Tables and Their Use

Table 4-2. 20-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = $0.055b + 0.9$ inch.

Belt Width (Inches)	A_t - Cross Section of Load (ft ²)							Capacity at 100 FPM (ft ³ /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.089	.108	.128	.147	.167	.188	.209	537	653	769	886	1005	1128	1254
24	.173	.209	.246	.283	.320	.359	.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394
30	.284	.343	.402	.462	.522	.585	.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897
36	.423	.509	.596	.684	.774	.866	.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765
42	.588	.708	.828	.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997
48	.781	.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	10522	12057	13621	15223	16876
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466

Capacities, Belt Widths, and Speeds

Table 4-3. 35-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = $0.055b + 0.9$ inch.

Belt Width (Inches)	A_t - Cross Section of Load (ft ²)							Capacity at 100 FPM (ft ³ /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

Table 4-4. 45-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = $0.055b + 0.9$ inch.

Belt Width (Inches)	A_t - Cross Section of Load (ft ²)							Capacity at 100 FPM (ft ³ /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.170	.184	.199	.214	.230	.245	.262	1021	1109	1198	1289	1380	1475	1572
24	.327	.355	.383	.411	.439	.469	.499	1967	2132	2299	2467	2638	2814	2996
30	.536	.580	.625	.670	.716	.763	.812	3218	3484	3752	4023	4299	4581	4873
36	.795	.860	.926	.992	1.060	1.129	1.200	4775	5165	5558	5955	6360	6775	7204
42	1.106	1.195	1.286	1.377	1.470	1.566	1.664	6636	7175	7717	8265	8824	9397	9987
48	1.467	1.585	1.704	1.825	1.948	2.074	2.204	8803	9514	10229	10953	11690	12445	13224
54	1.879	2.030	2.182	2.336	2.492	2.653	2.819	11276	12182	13094	14017	14957	15921	16915
60	2.342	2.529	2.718	2.909	3.104	3.303	3.509	14053	15179	16312	17458	18626	19823	21059
72	3.420	3.693	3.967	4.245	4.528	4.818	5.117	20524	22160	23807	25473	27171	28910	30705
84	4.702	5.076	5.452	5.832	6.220	6.617	7.027	28216	30458	32713	34997	37322	39706	42165
96	6.188	6.678	7.172	7.671	8.180	8.701	9.239	37128	40071	43032	46029	49081	52210	55437

Belt Conveyor Capacity Tables and Their Use
Table 4-5. Flat belt capacity standard edge distance = $0.055b + 0.9$ inch.

Belt Width (Inches)	A_s - Cross Section of Load (ft ²)							Capacity at 100 FPM (ft ³ /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.020	.041	.062	.083	.105	.127		123	246	372	498	630	762	
24	.039	.077	.117	.157	.198	.241		232	466	702	942	1190	1444	
30	.063	.126	.190	.255	.321	.390		376	756	1137	1527	1928	2340	
36	.092	.185	.280	.376	.474	.575		555	1113	1677	2253	2844	3450	
42	.130	.257	.387	.520	.656	.796		768	1540	2322	3120	3936	4776	
48	.169	.340	.512	.688	.868	1.053		1016	2037	3072	4126	5208	6318	
54	.216	.434	.654	.879	1.109	1.346		1298	2604	3927	5273	6654	8076	
60	.269	.540	.814	1.093	1.380	1.675		1614	3240	4885	6560	8278	10050	
72	.392	.786	1.186	1.593	2.010	2.440		2353	4720	7116	9558	12060	14640	
84	.538	1.080	1.628	2.186	2.758	3.349		3229	6478	9767	13117	16550	20091	
96	.707	1.419	2.139	2.873	3.625	4.400		4243	8514	12835	17238	21750	26404	

Belt Conveyor Idlers

Idler Requirements

Important requirements for idlers are proper support and protection for the belt and proper support for the load being conveyed.

Belt conveyor idlers for bulk materials are designed to incorporate rolls with various diameters. The rolls are fitted with antifriction bearings and seals, and are mounted on shafts.

Frictional resistance of the idler roll influences belt tension and, consequently, the horsepower requirement. Roll diameter, bearing design, and seal requirements constitute the major components affecting frictional resistance.

This manual does not discuss the relative merits of the various antifriction bearings used, nor the merits of the seals to protect these bearings from dirt and moisture and to retain the lubricant. Each belt conveyor idler manufacturer chooses a particular bearing and seal arrangement. Much ingenuity has been exercised by these idler manufacturers to provide dependable idlers.

Idler Classifications

Selection of the proper roll diameter and size of bearing and shaft is based on the type of service, operating condition, load carried, and belt speed. For ease and accuracy of idler selection, the various idler designs can be grouped into classifications as shown in Table 5-1.

Table 5-1. Idler classification.

Classification	Former Series Number	Roll Diameter (inches)	Belt Width (inches)	Description
A4	STANDARD WITHDRAWN			
A5	OCTOBER 1, 1996			
B4	II	4"	18" through 48"	Light Duty
B5	II	5"	18" through 48"	"
C4	III	4"	18" through 60"	Medium Duty
C5	III	5"	18" through 60"	"
C6	IV	6"	24" through 60"	"
D5	None	5"	24" through 72"	"
D6	None	6"	24" through 72"	"
E6	V	6"	36" through 96"	Heavy Duty
E7	VI	7"	36" through 96"	"

General Types of Belt Conveyor Idlers

There are two basic types of belt conveyor idlers: carrying idlers, which support the loaded run of the conveyor belt; and return idlers, which support the empty return run of the conveyor belt. See Figures 5.1 through 5.3.

Belt Conveyor Idlers

Idler Spacing

Factors to consider when selecting idler spacing are belt weight, material weight, idler load rating, belt sag, idler life, belt rating, belt tension, and radius in vertical curves (see Chapter 9).

More complex issues (such as belt flap or vibration stability in wind, and power usage from belt indentation, material tramping, and rolling resistance) will be affected less by idler spacing.

If too much sag of a loaded troughed belt is permitted between the troughing idlers, the material may spill over the edges of the belt. For the best design, especially on long-center troughed belt conveyors, the sag between idlers should be limited as described in Chapter 6.

Table 5-2 lists suggested normal troughing idler spacing for use in general engineering practice, when the amount of belt sag is not specifically limited. These figures on spacing should be used in conjunction with the information on sag selection in Chapter 6. Spacing is normally varied in 6-inch increments.

Some conveyor systems have been designed successfully utilizing extended idler spacing and/or graduated idler spacing. Extended idler spacing is simply greater than normal spacing. This is sometimes applied where belt tension, sag, belting strength, and idler rating permit. Advantages may be lower idler cost (fewer used) and better belt training.

Graduated idler spacing is greater than normal spacing at high tension portions of the belt. As the tension along the belt increases, the idler spacing is increased. Usually this type of spacing occurs toward and near the discharge end.

Extended and graduated spacing are not commonly used but if either is employed, care should be taken not to exceed idler load rating and sag limits during starting and stopping.

Table 5-2. Suggested normal spacing of belt idlers (S_i).*

Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

* Spacing indicated in feet. Spacing may be limited by load rating of idler. See idler load ratings in Tables 5-7–5-11.

The Selection of Idlers

Table 5-4. Belt speeds at 500 rpm.

Roll Diameter (inches)	Belt Speed (fpm)
4"	524
5"	654
6"	785
7"	916

Figure 5.18 (Step No. 4) shows the effect of belt speed on predicted bearing L_{10} life. However, suitable belt conveyor speeds also depend upon the characteristics of the material to be conveyed, the capacity desired, and the belt tensions employed. This subject is covered in more detail in Chapter 4.

Roll Diameter

For a given belt speed, using larger diameter rolls will increase idler bearing L_{10} . Figure 5.19 (Step No. 5) shows this relationship. In addition, since larger diameter rolls will be contacting the belt less due to a slower rpm, the wear life of the shell will be increased.

Environmental, Maintenance and Other Special Conditions

Step No. 6 in the idler selection procedure identifies conditions that will affect potential idler life. All of these conditions do not have an exact mathematical basis and therefore can be very subjective. The most important phase of this step is identifying the idler life condition for the application and then arriving at solutions to obtain maximum idler life for that application. Since idler roll configuration, type of bearing, and seal design can vary with each idler manufacturer, it is logical to state that idler life can also vary for a given environmental and maintenance condition.

Figures 5.20, 5.21, and 5.22 show general conditions which will affect idler life. Those conditions are independent of idler load but can cause idler failure before obtaining predicted L_{10} life rating. CEMA recommends contacting your CEMA idler manufacturer for assistance in establishing guidelines for "Potential Idler Life" for the various conditions shown or any unusual conditions not listed.

Special Conditions

Idler roll shell material usually used throughout the industry is electric resistance welded steel mechanical tubing. For most belt conveyor applications, this material provides sufficient idler life most economically. For severe abrasive or corrosive conditions, covered idler rolls are available in a variety of materials. CEMA has not compiled a relative wear index or corrosion compatibility index for these various materials. This information can be supplied by your CEMA idler manufacturer. However, the economic issue vs. increased life should be investigated thoroughly. Some of the generically available materials are listed below. There are numerous grades available in each of these materials which will affect performance.

1. Steel sleeves
2. Rubber lagging
3. Neoprene lagging

Belt Conveyor Idlers

1. Impact force on idler at conveyor loading points.
2. Effect of belt transitions (head and tail pulley) on idler load.

Idler series selection for these load conditions should be verified by your CEMA idler manufacturer.

Table 5-5. WB-Estimated average belt weight, multiple- and reduced-ply belts, lbs/ft.

Belt Width (inches (<i>b</i>))	Material Carried, lbs/cu ft		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

1. Steel cable belts increase the above value by 50%.
2. Actual belt weights vary with different constructions, manufacturers, cover gauges, etc. Use the above values for estimating. Obtain actual values from the belt manufacturer whenever possible.

Table 5-6. K1-Lump adjustment factor.

Maximum Lump Size (inches)	Material Weight, lbs/cu ft						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

K_x — Idler Friction Factor

The frictional resistance of idler rolls to rotation and sliding resistance between the belt and the idler rolls can be calculated by using the multiplying factor K_x . K_x is a force in lbs/ft of conveyor length to rotate the idler rolls, carrying and return, and to cover the sliding resistance of the belt on the idler rolls. The K_x value required to rotate the idlers is calculated using equation (3).

The resistance of the idlers to rotation is primarily a function of bearing, grease, and seal resistance. A typical idler roll equipped with antifriction bearings and supporting a load of 1,000 lbs will require a turning force at the idler roll periphery of from 0.5 to 0.7 lbs to overcome the bearing friction. The milling or churning of the grease in the bearings and the bearing seals will require additional force. This force, however, is generally independent of the load on the idler roll.

Under normal conditions, the grease and seal friction in a well-lubricated idler will vary from 0.1 to 2.3 lbs/idler, depending upon the type of idler, the seals, and the condition of the grease.

Sliding resistance between the belt and idler rolls is generated when the idler rolls are not exactly at 90 degrees to the belt movement. After initial installation, deliberate idler misalignment is often an aid in training the belt. Even the best installations have a small requirement of this type. However, excessive idler misalignment results in an extreme increase in frictional resistance and should be avoided.

Table 6-1. Estimated average belt weight, multiple- and reduced-ply belts, lbs/ft.

Belt Width inches (<i>b</i>)	Material Carried, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

1. Steel-cable belts — increase above value by 50 percent.

2. Actual belt weights vary with different constructions, manufacturers, cover gauges, etc. Use the above values for estimating. Obtain actual values from the belt manufacturer whenever possible.

Some troughing idlers are designed to operate with a small degree of tilt in the direction of belt travel, to aid in belt training. This tilt results in a slight increase in sliding friction that must be considered in the horsepower formula.

Belt Tension, Power, and Drive Engineering

Table 6-2. Factor K_y values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	300	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
	300	0.035	0.035	0.030	0.025	0.021	0.016	0.015
600	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
	300	0.035	0.031	0.024	0.020	0.017	0.016	0.016
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.026	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Idler spacing: The above values of K_y are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

(W_b+W_m) , lbs per ft	S_i , ft	(W_b+W_m) , lbs per ft	S_i , ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5
50 to 99	4.0	150 and above	3.0

Belt Tension Calculations

Table 6-2. Factor K_y values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.030	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.030	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

Idler spacing: The above values of K_y are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

$(W_b + W_m)$, lbs per ft	S_i , ft	$(W_b + W_m)$, lbs per ft	S_i , ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5
50 to 99	4.0	150 and above	3.0

K_y values in Tables 6-2 and 6-3 are applicable for conveyors up to 3,000 ft long with a single slope and a 3% maximum sag of the belt between the troughing and between the return idlers. The return idler spacing is 10 ft nominal and loading of the belt is uniform and continuous.

Belt Tension Calculations

Table 6-3. Corrected factor K_y values when other than tabular carrying idler spacings are used.

$W_b + W_m$ (lbs/ft)	$S_{\bar{p}}$ (ft)	Reference Values of K_y for Interpolation									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
Less than 50	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.0160	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.0160	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	4.5	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.03031	0.0329	0.0348
50 to 99	3.0	0.0160	0.0162	0.0173	0.0186	0.0205	0.0221	0.0239	0.026	0.0274	0.029
	3.5	0.0160	0.0165	0.0185	0.0205	0.0222	0.024	0.0262	0.0281	0.030	0.0321
	4.0	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.5	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.0335	0.035
	5.0	0.0184	0.021	0.023	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.035	0.035
100 to 149	3.0	0.0160	0.0164	0.0186	0.0205	0.0228	0.0246	0.0267	0.0285	0.0307	0.0329
	3.5	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.0175	0.0197	0.0213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
150 to 199	3.0	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0271	0.0289	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0328	0.0348	0.035	0.035	0.035
200 to 249	3.0	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0177	0.0199	0.0216	0.0235	0.0256	0.0278	0.0295	0.031	0.0327	0.0349
	4.0	0.0192	0.0216	0.0236	0.0256	0.0274	0.0291	0.0305	0.0322	0.0339	0.035
	4.5	0.021	0.0234	0.0253	0.0276	0.0298	0.0317	0.0331	0.0347	0.035	0.035
	5.0	0.0227	0.0252	0.0274	0.0298	0.0319	0.0338	0.035	0.035	0.035	0.035

To use this table to correct the value of K_y for idler spacing other than shown in bold type, apply the procedure shown in the two examples on page 91.

The resistance of the material load to flexure over idler rolls is a function of belt tension, type of material, shape of the load cross section, and idler spacing. Measurements indicate that the most important factor is belt tension, because this controls the amount of load flexure. Figure 6.2 shows this relationship for a typical idler spacing.

For a given weight per foot of belt and load, the running resistance, in pounds per ft of load, decreases with increases in belt tension. For a given belt tension, running resistance, in pounds per ft of load, increases with increases in the amount of load. However, the running resistance is not proportional to the weight of the load.

Belt Tension, Power, and Drive Engineering
Table 6-4. A and B values for equation $K_y = (W_m + W_b) \times A \times 10^{-4} + B \times 10^{-2}$

Average Belt Tension, lbs	Idler Spacing, ft									
	3.0		3.5		4.0		4.5		5.0	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1,000	2.150	1.565	2.1955	1.925	2.200	2.250	2.2062	2.584	2.1750	2.910
2,000	1.8471	1.345	1.6647	1.744	1.6156	1.982	1.5643	2.197	1.5429	2.331
3,000	1.6286	1.237	1.4667	1.593	1.4325	1.799	1.4194	1.991	1.4719	2.091
4,000	1.4625	1.164	1.3520	1.465	1.3295	1.659	1.3250	1.825	1.3850	1.938
5,000	1.2828	1.122	1.1926	1.381	1.1808	1.559	1.1812	1.714	1.2283	1.839
6,000	1.1379	1.076	1.0741	1.318	1.0625	1.472	1.0661	1.627	1.0962	1.761
7,000	1.0069	1.039	0.9448	1.256	0.9554	1.404	0.9786	1.549	1.0393	1.657
8,000	0.9172	0.998	0.8552	1.194	0.8643	1.337	0.8875	1.472	0.9589	1.583
9,000	0.8207	0.958	0.8000	1.120	0.7893	1.272	0.8339	1.388	0.8911	1.507
10,000	0.7241	0.918	0.7362	1.066	0.7196	1.216	0.7821	1.314	0.8268	1.430
11,000	0.6483	0.885	0.6638	1.024	0.6643	1.167	0.7375	1.238	0.7768	1.340
12,000	0.5828	0.842	0.5828	0.992	0.6232	1.100	0.6750	1.180	0.7411	1.242
13,000	0.5207	0.798	0.5241	0.938	0.5732	1.040	0.6179	1.116	0.6821	1.169
14,000	0.4690	0.763	0.4810	0.897	0.5214	0.996	0.5571	1.069	0.6089	1.123
15,000	0.4172	0.718	0.4431	0.841	0.4732	0.935	0.5179	1.006	0.5607	1.063
16,000	0.3724	0.663	0.3966	0.780	0.4232	0.875	0.4589	0.958	0.5054	1.009

A minimum K_y value of .016 should be used when tensions exceed 16,000 lbs. Refer to page 92 for further explanations.

Information similar to that in Figure 6.2 has been developed by analyzing a series of field tests on belt conveyors of different widths carrying different materials. Many investigators, both in the United States and abroad, have analyzed similar series of field tests and have obtained similar results. Although the exact expressions differ, all investigators agree that changes in belt tension affect the force required to flex the material over idler rolls to a substantially greater degree than changes in the material handled. The latter does have a noticeable effect, and thus appears to be of less importance in the overall calculation.

Compilation of Components of T_e

The preceding pages describe the methods and provide the data for calculating factors K_t , K_x , and K_y . These factors must be evaluated as the first step to calculating certain components of belt tension that will be summarized to determine the effective tension, T_e , required at the driving pulley.

Belt Tension, Power, and Drive Engineering

6. T_{am} — from force to accelerate the material continuously as it is fed onto the belt

Table 6-5. Belt tension to rotate pulleys.

Location of Pulleys	Degrees Wrap of Belt	Pounds of Tension at Belt Line
Tight side	150° to 240°	200 lbs/pulley
Slack side	150° to 240°	150 lbs/pulley
All other pulleys	less than 150°	100 lbs/pulley

Note: Double the above values for pulley shafts that are not operating in antifriction bearings.

When material is discharged from chutes or feeders to a belt conveyor, it cannot be assumed that the material is moving in the direction of belt travel, at belt speed, although this may be the case in some instances. Normally, the material loaded onto the belt is traveling at a speed considerably lower than belt speed. The direction of material flow may not be fully in the direction of belt travel. Therefore, the material must be accelerated to the speed of the belt in the direction of belt travel, and this acceleration requires additional effective tension.

The belt tension T_{am} can be derived from the basic equation $F = MV_c$

where:

$$T_{am} = F = MV_c$$

M = mass of material accelerated per second, slugs

W = weight of material accelerated

$$= \frac{Q \times 2000}{3600}, \text{ lbs/sec}$$

Q = tph

g = 32.2 ft/sec²

$$M = \frac{W}{g} = \frac{Q \times 2000}{3600 \times 32.2}$$

V_c = velocity change, fps

$$= \frac{V - V_o}{60}$$

V = design belt speed, fpm

V_o = initial velocity of material as it is fed onto belt, fpm

$$T_{am} = \frac{Q \times 2000}{3600 \times 32.2} \times \frac{V - V_o}{60}$$

$$= 2.8755 \times 10^{-4} \times Q \times (V - V_o)$$

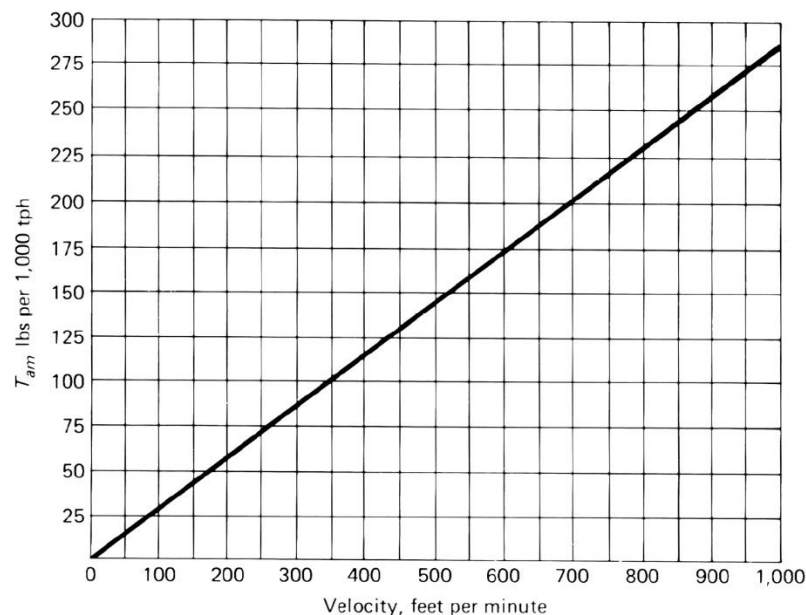
Belt Tension Calculations

The graph in Figure 6.3 provides a convenient means of estimating the belt tension, T_{am} , for accelerating the material as it is fed onto the belt.

7. T_{ac} — from the resistance generated by conveyor accessories

Conveyor accessories such as trippers, stackers, plows, belt cleaning equipment, and skirtboards usually add to the effective tension, T_e . The additional belt tension requirements may come from frictional losses caused by the accessory. If the accessory lifts the conveyed material a force will be added to belt tension.

T_{tr} — from trippers and stackers



To use this chart:

- Enter chart at belt velocity and read T_{am} per 1,000 tph.
- Again enter chart at material velocity in direction of belt travel and read T_{am} per 1,000 tph. This may be positive, zero, or negative.
- Subtract the second T_{am} reading from the first T_{am} reading and convert the difference from 1,000 tph to the value for the actual tonnage. This will be the T_{am} desired, lbs.

Figure 6.3. Effective tension required to accelerate material as it is fed onto a belt conveyor.

The additional belt pull to flex the belt over the pulleys and rotate the pulleys in their bearings can be calculated from Table 6-5 or Tables C-1 and C-2.

The force needed to lift the material over the unit can be calculated from the formula, $T_m = H \times W_m$ lbs.

Frictional resistance of the idlers, belt, and material should be included with that of the rest of the conveyor.

Belt Selection

Today, conveyor belt covers will consist of compounds comprised of natural rubbers, styrene-butadiene rubber (SBR) blends of natural and other synthetics, nitriles, butyl, ethylene propylene-based polymer (EPDM), polychloroprene (neoprene), polybutadiene, polyvinyl chloride (PVC), urethanes and silicones, etc., and the list goes on and continues to grow. Each of these elastomers has specific usefulness for various ranges of properties and operating conditions from which manufacturers and end-users can choose.

Conveyor belting and its corresponding cover composition(s) can be designated as either (1) general purpose belting, or (2) special purpose belting. Each of these two broadly classified groups should be further defined depending upon the specific end use.

General Purpose Belting

General purpose covers and belting serve a broad range of industrial applications including mining, ore processing, lumber, paper/pulp, and agriculture, to name a few. By and large, these belts will have covers of either natural rubber, SBR, polybutadiene, and acrylonitrile or blends thereof. These cover compounds are further defined by the Rubber Manufacturers Association (RMA) and belting industry as either Grade I or Grade II.

General Purpose Rubber Covers

RMA Grade I — Will consist of natural or synthetic rubber or blends which will be characterized by high cut, gouge, and tear resistance and very good to excellent abrasion resistance. These covers are recommended for service involving sharp and abrasive materials, and for severe impact loading conditions.

RMA Grade II — The elastomeric composition will be similar to that of Grade I with good to excellent abrasion resistance in applications involving the conveyance of abrasive materials, but may not provide the degree of cut and gouge resistance of Grade I covers.

When covers are tested in accordance with ASTM D412, the tensile strength and elongation at break shall comply with the requirements of Table 7-1, for the grade of cover, as appropriate.

Table 7-1. Properties of covers.

Grade	Minimum Tensile Strength (p.s.i.)	Minimum Tensile Strength (MPa)	Minimum Elongation @ Break (%)
I	2500	17	400
II	2000	14	400

The tensile strength and elongation at break values are not always sufficient in themselves to determine the suitability of the belt cover for a particular service. The values in the above table should only be specified for conveyors or materials with a known history of performance and where it is known that compliance with the value will not adversely affect other in-service properties.

Belt Selection

Fire/Flame Resistance Belting requiring flame resistance is engineered to meet underground mining regulations and specifications. Currently, belt and belt compounds using SBR, nitrite, polychloroprene (neoprene), and PVC are routinely utilized.

Low Temperature Environments Generally, most general purpose (Grades I and II) belting and compounds will resist stiffening down to $-40^{\circ}\text{F}/^{\circ}\text{C}$. For most general purpose belting, when there are prolonged periods of downtime during which the belt is exposed to -40° for several days or weeks, hard starts may be difficult or deleterious to the belt because of cold-set. When these conditions are expected, belts can be obtained which have suitable low temperature plasticizers and low glass-transition polymers or blends incorporated to permit maximum flexibility and operation.

Chemical Exposure Conveyor belting manufacturers should be consulted when systems are being operated in specific chemical environments. The condition in which the conveyor belt is operating should be clearly defined. Consideration of the chemical concentration and temperature, as well as the possible presence of incidental processing chemicals or oils should also be taken into account.

Table 7-3. Conveyor belt cover quality selection.

Cover Grade	Major Advantages			General Applications
	Cut & Tear Resistance	Abrasion Resistance	Oil Resistance	
General Service				
Grade I	Excellent	Excellent	Not recommended	Large size ore, sharp cutting materials. For extremely rugged service.
Grade II	Good	Good to Excellent	Not recommended	Sized materials with limited cutting action--primarily abrasion. For heavy duty service.
Oil and Chemical Service				
Chloroprene (Neoprene) oil resistant	Good	Very Good	Very good for petroleum oils. Fair for vegetable and animal oils.	Heavily oil sprayed coal (petroleum oil up to 20% aromatics, No. 2 diesel fuel). Any material treated with or containing large amounts of petroleum oil.
Buna N Nitrile oil resistant	Good	Good	Very good for petroleum, vegetable, and animal oils.	Oily grain or seed service (soybeans, crushed corn, etc.) Food handling. Greasy, oil-sprayed coal (petroleum oil up to 40% aromatics. No. 2 heating oil.)
Medium oil resistant	Good	Good	Limited for petroleum, vegetable, and animal oils.	Lightly sprayed coal, mildly oily grains and feeds, wood chips, phosphates.

Cover Considerations The covers should be of sufficient thickness and quality to protect the carcass. Covers for general service applications are listed in Tables 7-4 and 7-5, which list suggested minimum thickness for carrying and pulley side covers, respectively.

Conveyor Belt Covers: Characteristics, Composition, and Design

The cover gauge required for a specific belt is a function of the material conveyed and the handling methods used. Increased cover thickness is required as the following conditions become more severe: material abrasiveness, maximum material lump size, material weight, height of material drop onto the belt, loading angle, belt speed, and frequency of loading as determined by the frequency factor.

Table 7-4. Suggested minimum carry thickness for normal conditions: RMA—Grade II belting.

Class of Material	Examples	Thickness (inches)*
Package handling	Cartons, food products	Friction to 1/32
Light or fine, nonabrasive	Wood chips, pulp, grain, bituminous coal, potash ore	1/16 to 1/8
Fine and abrasive	Sharp sand, clinker	1/8 to 3/16
Heavy, crushed to 3" (76 mm)	Sand and gravel, crushed stone	1/8 to 3/16
Heavy, crushed to 8" (203 mm)	R.O.M. coal, rock, ores	3/16 to 1/4
Heavy, large lumps	Hard ores, slag	1/4 to 5/16

*Note: Cover thicknesses are nominal values subject to manufacturers' tolerances.

Table 7-5. Suggested minimum pulley cover thickness: RMA—Grade II belting.

Operating Conditions	Thickness (inches)*
Non-abrasive materials	1/32
Abrasive materials	1/16
Impact loading**	3/32

*Note: Cover thicknesses are nominal values subject to manufacturers' tolerances.

**While an increased cover gauge helps protect the carcass, if impact is severe, a correct system design that includes carcass design, top cover thickness, and impact-absorbing belt support in the conveyor loading zone is the preferred method of handling.

Deteriorating Conditions

Table 7-6 establishes the basis for determining cover quality for conditions which attack or cause deterioration in the belt. The actual cover thickness generally should follow the guidelines for a Grade II cover in Table 7-4. For all special materials not listed, or where extreme concentrations of chemical solutions are likely to be encountered, a belt manufacturer should be consulted to determine appropriate cover quality and thickness.