

**ANALISIS *HEAD SHAFT* PADA MESIN *FEEDER* BATU BARA
DENGAN BEBAN 1200 *TON/JAM* MENGGUNAKAN MESIN
PENGGERAK MOTOR *HYDRAULIC HÄGGLUNDS TYPE CA 140***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Andhika Arizthandewa

No. Mahasiswa : 12525034

NIRM : 2012010599

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

2018

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

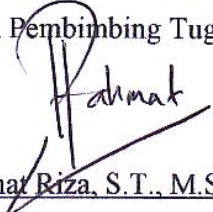
**ANALISIS *HEAD SHAFT* PADA MESIN *FEEDER* BATU BARA
DENGAN BEBAN 1200 *TON/JAM* MENGGUNAKAN MESIN
PENGGERAK MOTOR *HYDRAULIC HÄGGLUNDS TYPE CA 140***

TUGAS AKHIR



الجامعة الإسلامية
Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Rahmat Riza, S.T., M.Sc., ME.

NIP. 19810507 200501 1 002

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS *HEAD SHAFT* PADA MESIN *FEEDER* BATU BARA
DENGAN BEBAN *1200 TON/JAM* MENGGUNAKAN MESIN
PENGGERAK MOTOR *HYDRAULIC HÄGGLUNDS TYPE CA 140***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Andhika Arizthandewa

No. Mahasiswa : 12525034

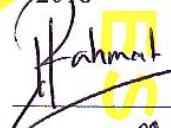
NIRM : 2012010599

Yogyakarta, 07-Mei-2018

Tim Penguji

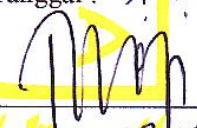
Rahmat Riza, S.T., M.Sc. ME.

Ketua


Tanggal : 09/05/2018


Purtojo, S.T., M.Sc.

Anggota I


Tanggal : 07/05/18


Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Anggota II


Tanggal : 07/5/18

Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Eng. Risdiono S.T., M.Eng.



LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andhika Arizthandewa
NIM : 12525034
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi analisis *Head Shaft* Pada Mesin *Feeder* Batu Bara dengan Beban *1200 Ton/jam* menggunakan Mesin Penggerak Motor *Hydraulic Hägglunds Type CA 140*, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 26 April 2018

Yang membuat pernyataan,




Andhika Arizthandewa

Nim : 12525034

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allhamdulillahirobbil'alamin

*Karya yang sederhana ini penulis persembahkan kepada
Kedua Orangtua saya yang sangat berarti dalam kehidupan saya dan
memberikan segalanya untuk keberhasilan saya
Keluarga tercinta yang selalu mengingatkan saya untuk berdoa pada
Allah SWT agar diberi kemudahan dalam pengerjaan karya ini
Nur rahmi hayati yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan
mengingatkan untuk selalu bersyukur apapun hasil yang telah dilakukan*

Almamater saya Universitas Islam Indonesia

PT. Kaltim Prima Coal Sangatta

Dan Setiap saudara-saudara Teknik mesin UII Yogyakarta

MOTTO

“Jadilah diri sendiri dan jangan menjadi orang lain, walaupun dia terlihat lebih baik dari kita.”

“Jangan menunda-nunda untuk melakukan suatu pekerjaan, Karena tiada yang tahu apakah kita dapat melihat mentari keesokan harinya atau tidak!”

“Sedikit pengetahuan yang diterapkan jauh lebih berharga ketimbang banyak pengetahuan yang tidak dimanfaatkan.”

(Kahlil Gibran)

“Wattaqullaah wa yu'allimukumullaah, wallaahu bikulli syai-in 'aliim.”

“Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu. (Salah satu kunci mendapatkan ilmu adalah TAQWA.)” (QS. Al-Baqarah, 282)

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah hirobbal 'alamin, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul : “Analisis *Head Shaft* Pada Mesin *Feeder* Batu Bara dengan Beban 1200 *Ton/jam* menggunakan Mesin Penggerak Motor *Hydraulic Hägglunds CA 140*“. Shalawat serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya yang safaatnya dinantikan di *Yaumul Qiyamah*.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuannya baik langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

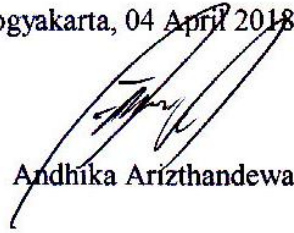
1. Allah SWT, yang selalu melimpahkan rahmat-Nya dan kesehatan selama melaksanakan pengerjaan laporan tugas akhir.
2. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang selalu mendoakan, menasehati, dan memberikan dukungan selama menempuh pendidikan.
3. Bapak Risdiyono, S.T., M.Eng., Dr. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Pak Rahmat Riza, S.T., M.Sc., Me selaku dosen pembimbing laporan tugas akhir yang telah memberikan pengarahan dan waktu luangnya terhadap lancarnya laporan tugas akhir.
5. Pak Purtojo, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji dua yang telah memberikan saran untuk laporan agar lebih baik.
6. Pak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji tiga yang telah memberikan saran untuk terus menjaga nama baik almamater Universitas Islam Indonesia.

7. Seluruh dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas jalinan kerjasama dan ilmu yang telah diberikan pada penulis selama menempuh Pendidikan.
8. Bapak Indra Ristiadi *Superintendent Coal Preparation Maintenance* di PT. Kaltim Prima Coal.
9. Ibu Riska Maria Machmud selaku pembimbing lapangan kerja praktek yang telah membimbing, membantu, dan mengajari saya dalam pelaksanaan kerja praktik di *Coal Preparation Maintenance* PT. Kaltim Prima Coal.
10. Serta kepada seluruh staf dan karyawan PT. Kaltim Prima Coal khususnya di *Coal Preparation Maintenance* yang telah membantu dan memberikan ilmu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
11. Nur Rahmi Hayati yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 dan seluruh teman Teknik Mesin UII yang telah menjadi keluarga selama di kampus UII.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan akan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang mendukung dan membangun demi perbaikan dari laporan berikutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya untuk orang lain pada umumnya.

“Wabillahitaufiq walhidayah, Wassalamu’alaikum wa rahmatullahi wa barakatuhu.”

Yogyakarta, 04 April 2018


Andhika Arizthandewa

ABSTRAK

Head shaft adalah salah satu komponen yang ada pada mesin pengumpan (feeder) berfungsi memutar kedua sproket yang terpasang pada rantai dan plat yang ada pada tengah shaft agar dapat mengantar batu bara ke mesin penghancur (crusher). Shaft bekerja selama 7x24 jam, beban yang diterima sebesar 1200 Ton/jam shaft tersebut digerakkan motor hydraulic hägglunds type CA 140 dengan tekanan 200 bar. Kerja yang begitu berat sering membuat head shaft mengalami perpatahan pada sisi kiri maupun kanan pada material tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui letak titik patahnya shaft dan fenomena yang terjadi, melakukan analisis material untuk mengetahui safety factor yang digunakan pada AISI 4140 dan AISI 4150 steel alloys, dan melakukan simulasi dengan arah gaya, model, dan beban secara realistis kinerja shaft. Diharapkan dari tiga hal tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengujian secara fisik pada material. Hasil analisis head shaft menunjukkan bahwa nilai safety factor pada material AISI 4140 dengan kekuatan material 460 Mpa mencapai 1,991. Nilai safety factor pada material AISI 4150 dengan kekuatan material 710 Mpa mencapai 3,056. Dan fenomena yang terjadi adalah shaft mengalami momen puntir akibat adanya torsi antara shaft dengan sproket ditambah sproket harus menerima beban batu bara per detik sebesar 3263,26 N.

Kata kunci : AISI 4140 Steel Alloys, AISI 4150 Steel Alloys, Analisis Head Shaft, Mesin Feeder, Safety factor.

ABSTRACT

Head shaft is one of the components that exist in the feeder machine serves to rotate the two sprockets mounted on the chain and the existing plate on the middle of the shaft in order to deliver coal to the crusher. Shaft works for 7x24 hours, the load received of 1200 Ton / hr shaft driven hydraulic hägglunds type CA 140 motor with pressure of 200 bar. Work that is so heavy often makes the head shaft to fracture on the left and right side of the material. The purpose of this research is to find out the location of the break point of the shaft and the phenomenon, to analyze the material to determine the safety factor used in AISI 4140 and AISI 4150 steel alloys, and to simulate the realistic direction of shaft style, model and load. It is expected that these three things can be used as a reference for physical testing of the material. The result of head shaft analysis showed that the safety factor value in AISI 4140 material with 460 Mpa material strength reached 1,991. Value of safety factor on AISI 4150 material with material strength 710 Mpa reach 3,056. And the phenomenon that occurs is the shaft experiencing torque due to the torque between the shaft with sprocket plus sprocket must receive the load of coal per second of 3263.26 N.

Keywords: AISI 4140 Steel Alloys, AISI 4150 Steel Alloys, Head Shaft Analysis, Feeder Machine, Safety Factor.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Lembar Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Halaman Persembahan	v
Motto.....	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Analisis.....	2
1.5 Manfaat Analisis	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Kegagalan Mekanis (<i>Failure Mechanical</i>).....	5
2.2.2 Mekanika Bahan (<i>Mechanics of Material</i>).....	6
2.2.3 Tegangan Normal	7
2.2.4 <i>Von Mises Stress</i>	8
2.2.5 <i>Yield Strength</i>	8
2.2.6 Faktor Keamanan dan Beban Batas.....	9
2.2.7 <i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	10

2.2.8	<i>Software Solidworks</i>	11
Bab 3	Metodologi Penelitian.....	13
3.1	Alur Penelitian.....	13
3.2	Peralatan dan Bahan	14
3.3	Konsep Desain Analisis.....	14
3.4	Karakteristik Material Penelitian.....	14
3.5	Desain <i>Parts</i>	15
3.5.1	<i>Head Shaft</i>	15
3.5.2	<i>Sproket</i>	16
3.5.3	<i>Pillow Bearing</i>	18
3.6	Spesifikasi Data.....	19
3.6.1	<i>AISI 4140 Steel Alloys</i>	19
3.6.2	<i>AISI 4150 Steel Alloys</i>	21
3.6.3	<i>Motor Hydraulic Hägglunds CA 140</i>	23
Bab 4	Hasil Dan Pembahasan	25
4.1	Hasil Desain <i>Assembly</i>	25
4.2	Analisis Kerusakan.....	25
4.2.1	<i>Preprocessor</i>	26
4.2.2	<i>Solver Solution</i>	29
4.2.3	<i>Post Processor</i>	29
4.3	Analisis <i>Head Shaft</i>	32
4.3.1	Analisis Material <i>AISI 4140 Steel Alloys</i>	32
4.3.2	Analisis Material <i>AISI 4150 Steel Alloys</i>	34
4.4	Hasil Simulasi Perpatahan <i>Head shaft</i>	36
Bab 5	Penutup	38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	38
Daftar Pustaka	39
Lampiran	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	<i>Mechanical properties</i> AISI 4140 steel alloy.....	20
Tabel 3.2	<i>Chemical composition</i> AISI 4140 steel alloys.....	20
Tabel 3.3	<i>Mechanical properties</i> AISI 4150 steel alloys.....	21
Tabel 3.4	<i>Chemical composition</i> AISI 4150 steel alloys.....	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur prinsip kerja <i>head shaft</i>	4
Gambar 2.2	Batang prismatik yang mengalami tarik.....	7
Gambar 2.3	Distribusi tegangan <i>von mises stress</i>	8
Gambar 2.4	<i>Stress – strain</i> kurva untuk bahan elastis.....	9
Gambar 2.5	Tampilan <i>software solidworks</i>	12
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian.....	13
Gambar 3.2	<i>Head shaft</i> dengan <i>sproket</i>	15
Gambar 3.3	Desain <i>head shaft</i> 2D.....	16
Gambar 3.4	Desain <i>head shaft</i> 3D.....	16
Gambar 3.5	<i>Sproket</i> 8 gigi	16
Gambar 3.6	Desain <i>sproket</i> 8 gigi 3D.....	17
Gambar 3.7	Desain <i>sproket</i> 8 gigi 2D.....	17
Gambar 3.8	<i>Pillow bearing</i>	18
Gambar 3.9	Desain <i>pillow bearing</i> 3D.....	18
Gambar 3.10	Desain <i>pillow bearing</i> 2D.....	19
Gambar 3.11	Material AISI 4140 <i>steel alloys</i>	21
Gambar 3.12	Material AISI 4150 <i>steel alloys</i>	22
Gambar 3.13	Spesifikasi kinerja motor <i>hydraulic hägglunds</i>	23
Gambar 3.14	Motor <i>hydraulic hägglunds</i> CA 140.....	24
Gambar 4.1	Hasil desain <i>assembly</i>	25
Gambar 4.2	Simulasi pemberian beban (<i>force</i>)	27
Gambar 4.3	Simulasi pemberian torsi pada <i>head shaft</i>	28
Gambar 4.4	Simulasi pemberian torsi pada kedua <i>sproket</i>	28
Gambar 4.5	Proses <i>loading meshing system</i>	29
Gambar 4.6	<i>Method stress result</i>	30
Gambar 4.7	<i>Method von mises stress</i>	30
Gambar 4.8	<i>Method displacement result</i>	31
Gambar 4.9	<i>Method strain result</i>	32

Gambar 4.10	Analisis pada <i>head shaft</i> AISI 4140 <i>steel alloys</i>	33
Gambar 4.11	Bagian <i>von misses stress</i> tertinggi	33
Gambar 4.12	Hasil <i>safety factor</i> AISI 4140	34
Gambar 4.13	Analisis pada <i>head shaft</i> AISI 4150 <i>steel alloys</i>	34
Gambar 4.14	Bagian <i>von misses stress</i> menggunakan <i>section clipping</i>	35
Gambar 4.15	Hasil <i>safety factor</i> AISI 4150	35
Gambar 4.16	Hasil simulasi perpatahan <i>head shaft</i>	36

DAFTAR NOTASI

A	= Volume lingkaran pejal (cm^3)
F	= Gaya (N)
L	= Panjang (m)
m	= Massa benda (g)
n	= <i>Safety Factor</i>
τ	= Torsi ($N.m$)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Head shaft adalah salah satu komponen mesin yang ada di mesin pengumpan batu bara (*Feeder*). Dimana komponen tersebut mempunyai peranan kerja yang cukup berat yang digerakkan oleh motor *hydraulic hagglands* CA 140. Karena proses operasi pengolahan batu bara yang bekerja selama 24 jam dan 7 hari tanpa berhenti dengan menerima beban sekitar 1200 *Ton/hari* sesuai lokasi penambangan dan *stockpile* yang akan menampung batu bara.

Head shaft sangat penting dalam proses produksi batu bara, karena *head shaft* bagian *part* yang mengantar batu bara menuju ke mesin penghancur (*crusher*). Sebelumnya batu bara yang dikirim dari lokasi tambang melalui bak penampung (*hopper*) dan mesin pengumpan (*Feeder*) dengan dua tahapan proses penghancur (*double stage roller*). tahap pertama, sebelum ukuran batu bara mencapai 70 x 80 *cm* yang berada pada bak penampung (*hopper*) yang merupakan bagian terdepan produksi batu bara. Selanjutnya batu bara dihancurkan sampai ukuran maksimal (*top size*) 150 *mm* dengan mesin *breaker* tahap ini diproses dalam mesin pengumpan (*feeder*). *Head shaft* menarik *chain conveyor* yang terhubung *sproket* dengan muatan 1200 *Ton/jam*. Sistem operasi tersebut saling berhubungan langsung (*interlock*) dengan mesin penghancur (*crusher*) dan ban berjalan (*conveyor*). Dan tahap kedua proses penghancuran batu bara dengan ukuran (*top size*) 50 *mm* yang diproses dalam mesin penghancur (*crusher*).

Proses tersebut yang membuat *head shaft* bisa patah. Selain beroperasi yang terus-menerus ada pengaruh lain yang bisa membuat komponen tersebut patah. contoh seperti adanya *material* selain batu bara yang masuk ke mesin pengumpan (*feeder*) seperti bebatuan (batu putih), metal atau logam (kuku alat berat), kayu ulin, dan lapisan batu bara yang mengeras (tanah liat). Dari hal tersebut maka diperlukan suatu analisis pada material menggunakan *software solidworks* ataupun rencana penggantian

material *head shaft* sehingga akan diketahui lebih detail faktor-faktor apa saja yang menyebabkan *head shaft* tersebut patah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diambil rumusan masalah mengenai komponen yang ada di mesin *Feeder* yaitu pada *part head shaft*. Bagaimana cara untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada *head shaft* dengan cara menganalisis material standar yang digunakan AISI 4140 *Steel Alloys* dan rencana peningkatan menggunakan material AISI 4150 *Steel Alloys* yang dianalisis menggunakan *software solidworks*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini agar tujuan yang diinginkan dapat dicapai dengan maksimal. Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Desain menggunakan *software solidworks*.
2. Perhitungan dalam analisis hanya pada perhitungan beban batas dan faktor keamanan untuk material.
3. Hanya menganalisis antara material AISI 4140 *Steel Alloys* dengan material AISI 4150 *Steel*.
4. Analisis *head shaft* hanya pada proses simulasi, tidak sampai fabrikasi.

1.4 Tujuan Analisis

Tujuan pada analisis desain *head shaft* ini yaitu :

1. Untuk mengetahui *safety factor* yang digunakan pada material antara AISI 4140 dan AISI 4150 *Steel Alloys*.
2. Untuk membuat simulasi dan analisis pada titik patahnya *head shaft* dengan memberikan arah gaya, model, dan beban secara realistis kinerja yang diterima *shaft*.
3. Untuk mengetahui penyebab titik patahnya *shaft* yang terjadi.

1.5 Manfaat Analisis

Manfaat yang dapat diperoleh dari analisis desain *head shaft* ini adalah :

1. Dapat mengetahui karakteristik material AISI 4140 dan AISI 4150 *steel alloys*.
2. Dapat mengetahui gaya apa saja yang diterima pada *head shaft* saat beroperasi.
3. Dapat mengetahui penyebab patahnya *shaft* selain batu bara yang masuk ke mesin pengumpan (*feeder*), adapun hal lain yang mempengaruhi patahnya *shaft* seperti usia pada material, dan pengaruh dari kinerja pada mesin pengumpan (*feeder*).

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini diuraikan bab demi bab yang berurutan untuk memudahkan pembahasannya. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab, antara lain :

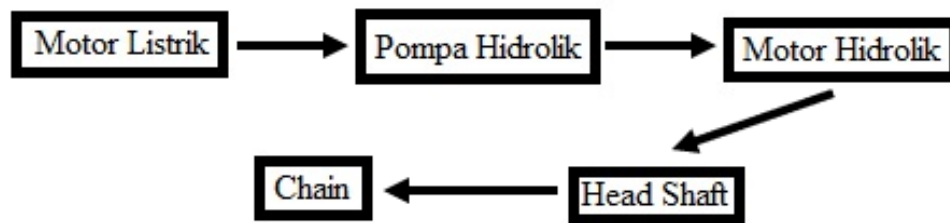
1. Bab I, Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan sistematika penulisan.
2. Bab II, Tinjauan Pustaka berisi mengenai kajian pustaka dan dasar teori yang menjelaskan teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah pada tugas akhir.
3. Bab III, Metodologi Penelitian berisi langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam tugas akhir ini.
4. Bab IV, Hasil dan Pembahasan yang merupakan data dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.
5. Bab V, Penutupan berisi kesimpulan dari semua uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya dan juga dilengkapi saran-saran agar pengujian selanjutnya dapat lebih baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Menurut penelitian (Siregar, 1997), tipe (*feeder*) yang menggunakan *head shaft* adalah jenis tipe *stamler feeder* dan *plate feeder*. Prinsip kerjanya ketika motor listrik memberikan tenaga pada pompa hidrolis, tenaga dari pompa hidrolis akan diteruskan ke motor hidrolis sehingga motor hidrolis yang ada dibagian mesin pengumpan (*feeder*) dapat bekerja dan memberikan tekanan 200 bar yang dapat membuat *head shaft* bergerak. *Head shaft* yang tadi dihubungkan dengan rantai dapat bergerak berputar secara kontiniu mengumpan batu bara kedalam *crusher* dengan beban 600-1200 Ton/hari. Bisa dibilang tipe *feeder* jenis ini memiliki kemampuan mengumpan batu bara lebih tinggi dibanding dengan jenis *plate feeder*.



Gambar 2.1 Alur Prinsip Kerja *Head Shaft*

Bedasarkan penelitian (Anggono, Siahaan, & Cahyono, 2008), Baja AISI 4140 merupakan baja paduan nikel dan chrom. Penambahan unsur paduan ini menyebabkan baja mempunyai angka kekerasan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon AISI 4140. Pada baja induk angka kekerasan rata-ratanya sebesar 28,99 HRC. Baja AISI 4140 untuk logam induk diketahui besarnya kekuatan tarik adalah 54,56 kgf/mm^2 dan prosentase pertambahan panjang sebesar 18,75% pada *gauge length* 60. Setelah dilakukan proses hardening angka kekerasan baja AISI 4140 meningkat menjadi 56,02 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan angka kekerasan

yang cukup besar yaitu sekitar 93,24%. Proses *hardening* menyebabkan kekuatan tariknya meningkat menjadi 88,98 kgf/mm^2 atau naik sebesar 63,09%. Sedangkan prosentase pertambahan panjang menjadi 1,33% pada *gauge length* 60 atau terjadi penurunan sebesar 92,9%. Angka kekerasan pada baja AISI 4140 lebih tinggi dan keuletannya lebih rendah.

Setelah baja AISI 4140 diproses *hardening* maka struktur mikronya menjadi berubah. Struktur mikro yang awalnya terdiri dari ferrit dan perlit, Perubahan struktur ini disebabkan karena proses pemanasan dengan temperatur yang cukup tinggi kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang cepat

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, proses *tempering* dapat mengubah struktur mikro baja AISI 4140, dengan berubahnya struktur mikro maka sifat mekanisnya juga akan mengalami perubahan. Proses *tempering* dapat menaikkan angka kekerasan AISI 4140. Setelah akhir proses penelitian kenaikan angka kekerasan baja AISI 4140 mengalami kenaikan angka kekerasan 43,67% dari logam induk. Proses *tempering* dapat menaikkan kekuatan tarik baja AISI 4140. Pada akhir proses penelitian kenaikan kekuatan tarik AISI 4140 sebesar 4,12% dari logam induk. Proses *tempering* dapat menurunkan keuletan baja AISI 4140. Pada akhir proses penelitian penurunan keuletan baja AISI 4140 sebesar 18,5% dari logam induk.

Proses perlakuan panas dengan optimasi proses *tempering* dari bahan *roller cyclo speed reducer* AISI 4140 terbukti dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah sifat mekanik yang dihadapi dari *roller cyclo speed reducer* AISI 4140.

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan perancangan, penulis menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

2.2.1 Kegagalan Mekanis (*Failure Mechanical*)

(A. Collins, 1993) Kegagalan mekanik dapat didefinisikan sebagai perubahan ukuran, bentuk atau struktur properti material, mesin, atau bagian *part* mesin itu

sendiri yang berpengaruh pada fungsi mesin tersebut. Dalam analisa kegagalan sangat diperlukan pengetahuan mengenai kegagalan itu sendiri, prediksi kegagalan dan pencegahan akan kegagalan tersebut. Setiap rancangan dilakukan dengan tujuan untuk menciptakan dan optimasi apa yang manusia inginkan. Dalam pengertian mengenai perancangan mesin yang sempurna maka suatu rancangan mesin yang meskipun akan mengalami kegagalan diharapkan dapat memberikan *life time* yang terbaik. Oleh karena itu suatu perancan mesin biasanya mengikuti beberapa factor sebagai berikut :

1. Setiap part mesin harus mampu menghasilkan suatu gaya performance yang efisien.
2. Kegagalan dari tiap *part* dapat ditentukan berdasarkan *life time* tersebut.
3. Kritisal *point* dari suatu desian diketahui saat perakitan, oleh karena kegagalan awal dapat terdeteksi sebelum menjadi bahaya.
4. Setiap *part* mesin harus sesuai fungsinya tanpa mengganggu fungsi *part* yang lain.
5. Harga dari rancangan sebanding dengan fungsi yang diharapkan.
6. Berat dan ukuran dari rancangan sesuai dengan fungsi yang diharapkan.
7. Rancangan dapat dipertahankan sesuai dengan desian usianya.

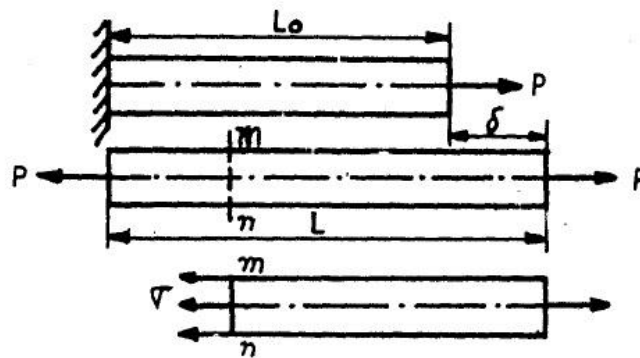
2.2.2 Mekanika Bahan (*Mechanics of Material*)

Mekanika bahan (*mechanics of material*) adalah cabang mekanika terapan yang mengkaji tentang kelakuan benda pejal yang dikenakan berbagai jenis pembebanan. Bidang studi ini dikenal dengan nama lainnya seperti “kekuatan bahan” (*strength of materials*) dan “mekanika benda terdeformasi” (*mechanics of deformable bodie*). Benda pejal yang ditinjau, mencangkup batang yang dibebani secara aksial (*axially loaded member*), poros yang mengalami puntiran (*shaft in torsion*), berbagai jenis balok (*beams*), tiang atau kolom (*column*). Tujuan analisa pada dasarnya adalah menentukan tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan lendutan (*deflection*) yang dihasilkan oleh berbagai jenis beban. Jika harga dari berbagai besaran ini dapat peroleh untuk semua harga beban hingga harga beban runtuh (*failure load*), maka kita akan

memperoleh suatu gambaran lengkap mengenai kelakuan mekanik dari benda itu diambil dari buku Gere & Timoshenko dan diterjemahkan oleh Hans J. Wospakrik (1987).

2.2.3 Tegangan Normal

Konsep dasar dari tegangan dapat diilustrasikan dengan meninjau sebuah batang prismatik (*prismatic bar*) yang dibebani dengan gaya-gaya aksial (*axial forces*). Sebuah batang prismatik adalah sebuah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya. Dalam ilustrasi ini, gaya aksial menimbulkan suatu tarikan sama rata pada batang; karena itu batang dikatakan mengalami tarik (*tension*).



Gambar 2.2 Batang Prismatik yang Mengalami Tarik

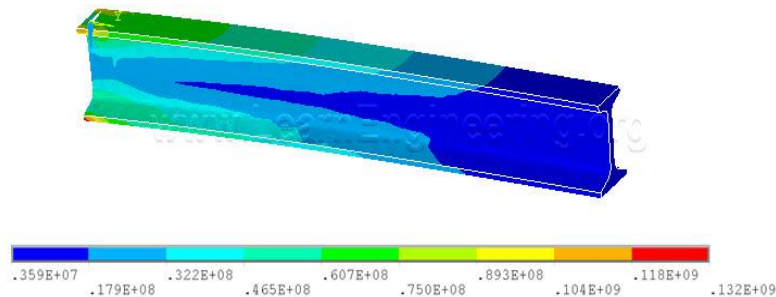
Apabila batang ditarik oleh gaya P , seperti dilihatkan dalam gambar, maka tegangan yang terjadi adalah tegangan tarik (*tensile stress*). Jika arahnya dibalik, maka ini menyebabkan batang tertekan dan kita peroleh tegangan tekan (*compressive stress*). Karena tegangan σ bekerja dalam arah tegak lurus permukaan terpotong, maka ia disebut tegangan normal (*normal stress*). Jadi tegangan normal dapat berbentuk tegangan tarik atau tekan. Kelak akan kita jumpai tegangan lainnya, yang disebut tegangan geser (*shear stress*) yang bekerja sejajar permukaan batang yang diambil dari buku Gere & Timoshenko dan diterjemahkan oleh Hans J. Wospakrik (1987).

2.2.4 Von Mises Stress

Von mises stress sering digunakan dalam menentukan apakah sebuah isotropik dan ulet logam akan menghasilkan ketika mengalami kondisi pembebanan yang kompleks. Hal ini dilakukan dengan menghitung tegangan *von mises stress* dan membandingkannya dengan tegangan hasil material, yang merupakan kriteria *von mises yield*.

Tujuannya adalah untuk mengembangkan kriteria hasil untuk logam ulet yang bekerja untuk kondisi pembebanan 3-D yang kompleks, terlepas dari campuran tegangan normal dan geser. *Von mises stress* melakukan hal ini dengan keadaan tegangan kompleks menjadi satu bilangan skalar tunggal yang dibandingkan dengan kekuatan hasil logam, juga nilai numerik skalar tunggal yang ditentukan dari uji ketegangan uniaksial (karena itu yang paling mudah) pada material di laboratorium.

Perlu dicatat bahwa ini bukan ilmu pasti seperti, katakanlah $F = m.a$ ini adalah proses *empirical*, dengan kesalahan dan penyimpangan yang melekat. Sebenarnya, tidak ada aturan keras & cepat yang mengatakan bahwa logam harus menghasilkan sesuai dengan kriteria hasil *von mises stress* (Bob McGinty, 2012).

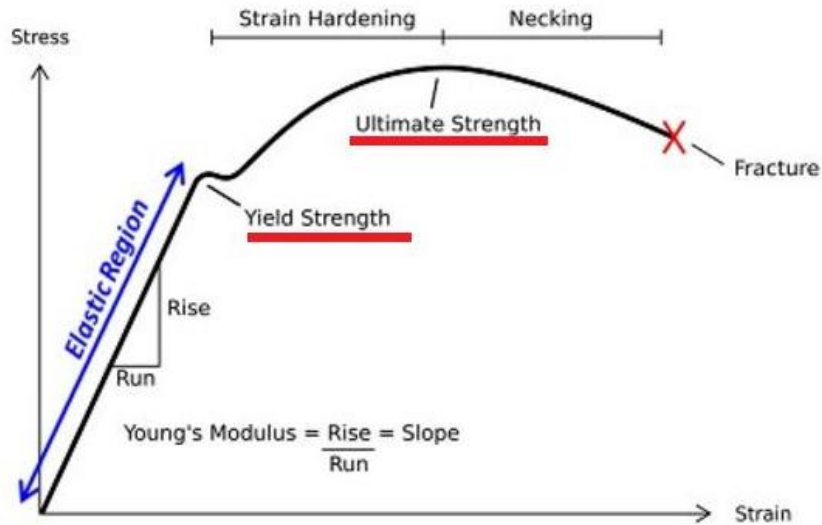


Gambar 2.3 Distribusi Tegangan *Von Mises Stress*

2.2.5 Yield Strength

Yield Strength adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisnya luluh yang terjadi pada suatu material jika tegangan desain (T_d) melebihi kekuatan luluhnya. Menentukan tegangan desain biasanya didapatkan dari kriteria *von*

mises stress yang merupakan persamaan yang didapat dengan Metode Elemen Analisis (*Finite Element Analysis*), Biasanya untuk mudahnya menentukan tegangan desain. *Yield strength* berguna dalam menentukan *safety factor* dari suatu desain (Wikipedia, 2017).



Gambar 2.4 *Stress – Strain* Kurva untuk Bahan Elastis

2.2.6 Faktor Keamanan, dan Beban Batas

Suatu hal yang perlu sekali mendapat perhatian dalam desain adalah daya tahan atau kapasitas (*capacity*) obyek yang didesain untuk menyangga atau meneruskan beban. Jika hendak dihindari keruntuhan struktur (*structure-failure*), maka beban yang disangga haruslah lebih besar daripada beban yang seharusnya disangga apabila digunakan. Kemampuan suatu struktur untuk menahan beban disebut kekuatan (*strength*). Kekuatan sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (*factor of safety*) n :

$$\text{Faktor Keamanan } (\eta) = \frac{\text{Kekuatan Material}}{\text{Kekuatan Desain}} \quad (2.1)$$

Faktor keamanan haruslah lebih besar daripada 1 jika harus dihindari kegagalan. Bergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit diatas 1 hingga 10 yang dipergunakan.

Metode yang akan diuraikan menyangkut penggunaan faktor keamanan terhadap beban. Kita akan pergunakan istilah beban batas (*ultimate load*) yang maksudnya adalah beban-beban yang menghasilkan kegagalan atau keruntuhan struktur. Beban yang disangga struktur bila digunakan disebut beban servis (*service loads*) atau beban kerja (*working loads*). Karena beban servis adalah besaran yang diketahui, maka prosedur desain yang lazim adalah mengalikannya dengan faktor keamanan untuk memperoleh beban batas. Kemudian struktur dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menyangga beban batas pada kegagalan yang diambil dari buku Gere & Timoshenko dan diterjemahkan oleh Hans J. Wospakrik (1987).

$$\text{Beban batas} = (\text{beban servis}) \times (\text{faktor keamanan}) \quad (2.2)$$

2.2.7 Finite Element Analysis (FEA)

(Kadam & Hyalij, 2016) *Finite Element Analysis* (FEA) adalah metode simulasi komputer yang paling banyak diaplikasikan dalam dunia manufaktur.

Prosedur *finite element analysis* secara garis besar terdiri dari :

1. *Preprocessor*, meliputi pembuatan, penentuan jenis material yang dipakai, spesifikasi material, *meshing*, dan lain-lain.
2. *Solve Solution*, proses ini merupakan langkah perhitungan analisis dari subjek dengan cara perhitungan *element per element* pada *meshing system*. Langkah perhitungan yang dilakukan secara otomatis oleh komputer dengan menggunakan model matematika lanjut, Rumus Diferensial atau *laplace* serta rumus matriks (McGinty, PhD, PE, 2012).
3. *Post processor*, merupakan fasilitas untuk melihat hasil simulasi yang telah dilakukan.

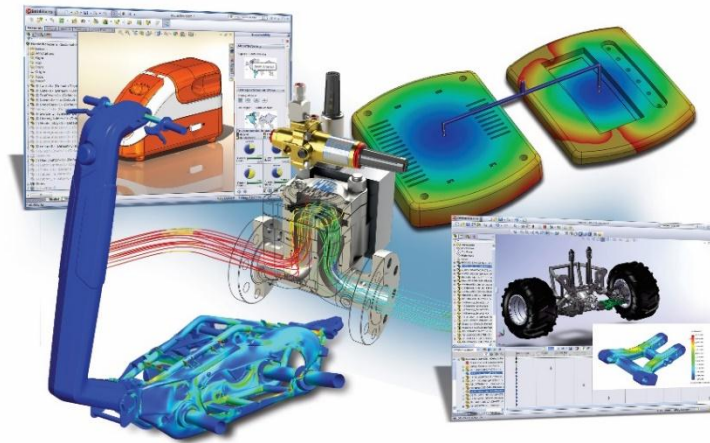
Analisis *software* yang biasa dilakukan sebagai cara untuk mengetahui kekuatan dari sebuah desain adalah :

1. *Stress analisys* atau tegangan adalah besaran yang menunjukkan gaya internal antar partikel dari suatu bahan terhadap partikel lainnya. Seperti contoh, batang padat vertikal yang menyokong beban, setiap partikel dari batang mendorong partikel lainnya yang berada di atas dan dibawahnya. Gaya makroskopik yang terukur sebenarnya merupakan rata-rata dari sejumlah besar tumbukan dan gaya antar molekul di dalam batang tersebut.
2. *Displacement analisys*, adalah perubahan bentuk pada bentuk yang dikenai gaya atau *force*.
3. *Strain analisys*, Perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula ada daerah elastis, besarnya tegangan berbanding lurus dengan regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda tersebut disebut modulus elastisitas.

2.2.8 Software Solidworks

Solidworks adalah sebuah program *computer-aided design* (CAD) 3D yang menggunakan *platform windows* gunanya untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang berupa *assembly* dengan tampilan 3D untuk mempresentasikan *part* sebelum *real part* nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. *Software* ini dikembangkan oleh *solidworks corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *dassault systems*, S. A. Untuk permodelan pada industri dalam hal pembuatan polanya, program 3D seperti ini sangat membantu sebab akan memudahkan operator untuk menterjemahkan gambar menjadi pola atau model dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan salah bentuk. Untuk industri permesinan selain dihasilkan gambar kerja untuk pengerjaan mesin manual juga hasil geometri dari *solidworks* ini bisa langsung diproses lagi dengan CAM program semisal *MASTERCAM*, *SOLIDCAM*, *VISUALMILL* dan lain-lain.

Solidworks menyediakan *feature-based, parametric, solid modeling* dan bergerak pada pemodelan tiga dimensi. *Software* ini juga mampu menganalisis produk untuk mengetahui kekuatan produk seperti *force, torque, temperature, dan safety factor* (Inc, 2006).

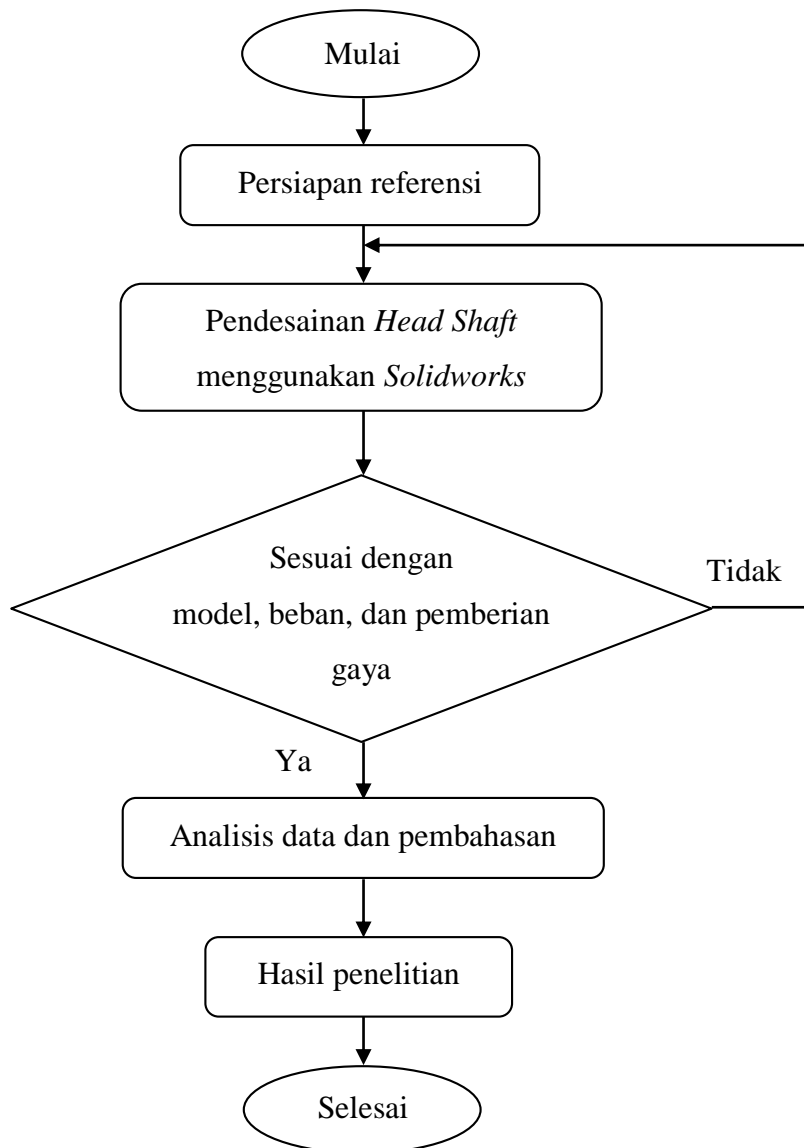


Gambar 2.5 Tampilan *Software Solidworks*

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur penelitian

Berikut adalah bagan gambar 3.1 yang merupakan diagram alur dari beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan merupakan pendukung untuk menyelesaikan tugas akhir yang dilakukan. Dalam tugas akhir ini alat yang digunakan yaitu *software Solidworks* karena fokus dari tugas akhir ini adalah analisis. Ada juga alat-alat fisik (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Mistar,
2. Meteran,
3. Kamera digital,
4. Vernier caliper.

3.3 Konsep Desain Analisis

Analisis dimulai dengan menganalisis hasil patah *head shaft* sehingga akan muncul konsep alur perancangan, analisis ini bertujuan untuk mengetahui apa saja yang menjadi faktor utama *head shaft* tersebut bisa patah.

Proses konsep analisis ini dilakukan dengan pengamatan dan dilakukan berdasarkan pertanyaan-pertanyaan peneliti mengenai, “apakah faktor keamanan pada material melebihi 1?”, “apakah standar beban batas yang diterima material *head shaft* sudah memenuhi standar pada material?”, dan “apakah material standar yang digunakan perlu diganti dengan material yang lebih kokoh?”.

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan diatas, maka peneliti melakukan perancangan *head shaft* dengan urutan dasar sebagai berikut :

1. Karakteristik material *shaft*
2. Desain *parts*
3. Spesifikasi data

3.4 Karakteristik Material Penelitian

Dari penelitian ini penulis menggunakan dua material antara AISI 4140 *Steel Alloys* dengan AISI 4150 *Steel Alloys*. Kedua material akan dilakukan analisis dengan beban batu bara seberat 1200 dan 1500 *Ton/jam*. Analisis tersebut akan dilihat material

mana yang memiliki faktor keamanan (η) yang tertinggi, dan akan dijadikan pemecahan masalah untuk mengatasi patahnya *shaft*.

3.5 Desain *Parts*

3.5.1 *Head Shaft*

Head shaft berfungsi sebagai penghantar batu bara dari mesin pengumpan (*feeder*) menuju ke mesin penghancur (*crusher*) yang terhubung antara *sproket* dan *chain*, dan bekerja secara *interlock* dengan muatan 1200 *Ton/jam*.



Gambar 3.2 *Head Shaft* dengan *Sproket*

Sumber : PT. Kaltim Prima Coal (2016)



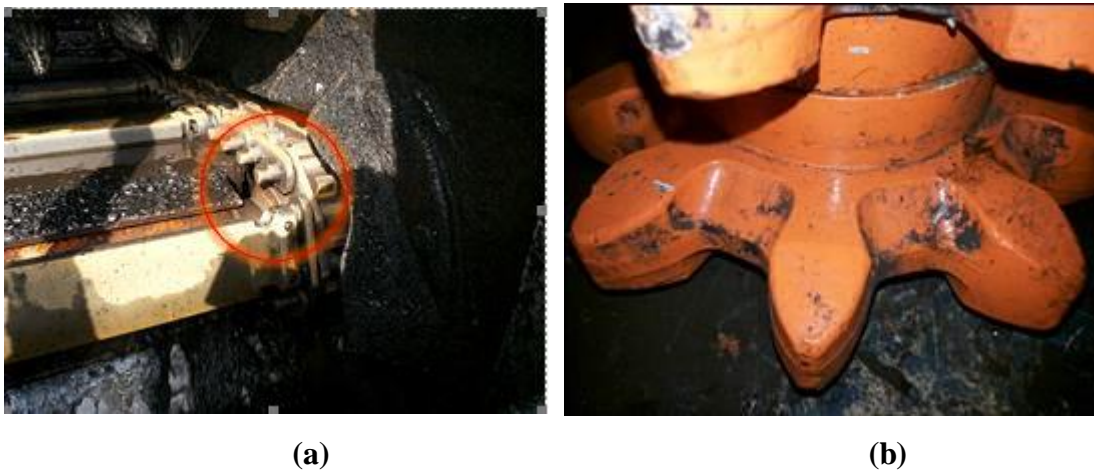
Gambar 3.3 Desain *Head Shaft* 2D



Gambar 3.4 Desain *Head Shaft* 3D

3.5.2 *Sproket*

Sproket adalah roda gigi yang berpasangan dengan rantai. *Sproket* pada *conveyor* berbeda dengan roda gigi umumnya. Prinsip kerja *sproket* tersebut digabung dengan *chain conveyor* dan berhubungan pada *head shaft* dan bergerak secara terus-menerus dengan membawa muatan batu bara.



(a)

(b)

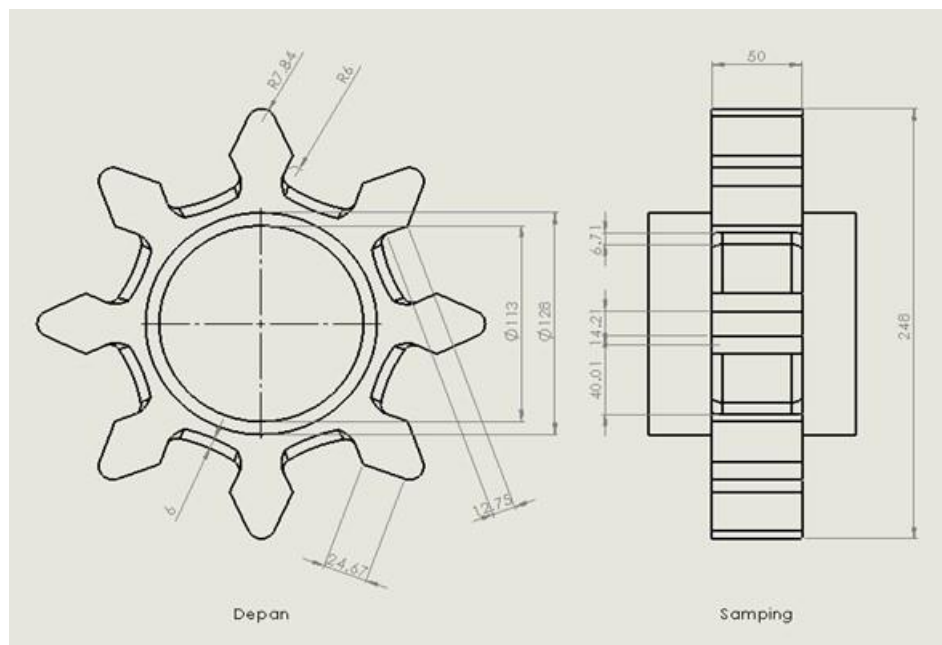
Gambar 3.5 *Sproket* 8 Gigi

Sumber : PT. Kaltim Prima Coal (2016)

Gambar 3.5 pada bagian kiri (a) yang diberikan lingkaran menunjukkan *sproket* saat dalam mesin pengumpan (*feeder*) dan masih terhubung dengan *chain conveyor*. *Sproket* saat terlepas pada bagian kanan (b).



Gambar 3.6 Desain *Sproket* 8 Gigi 3D



Gambar 3.7 Desain *Sproket* 8 Gigi 2D

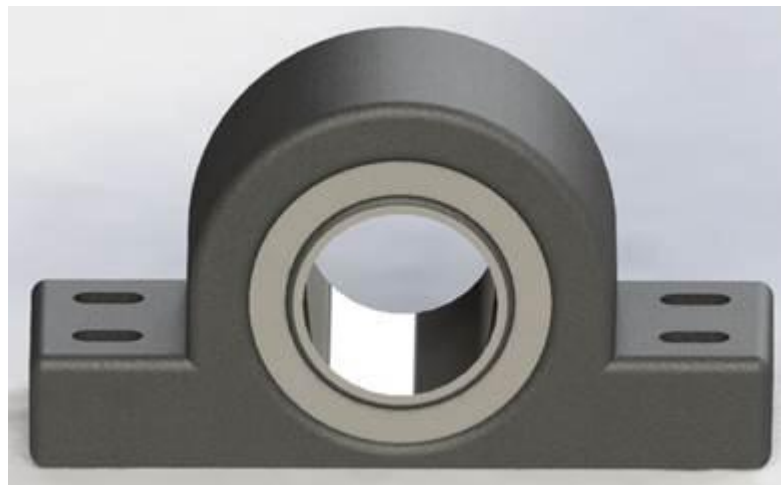
3.5.3 *Pillow Bearing*

Pillow Bearing berfungsi untuk memegang bantalan (*bearing*) antara bagian luar yang diam terhadap bagian dalam yang berputar agar tetap pada posisinya masing-masing.

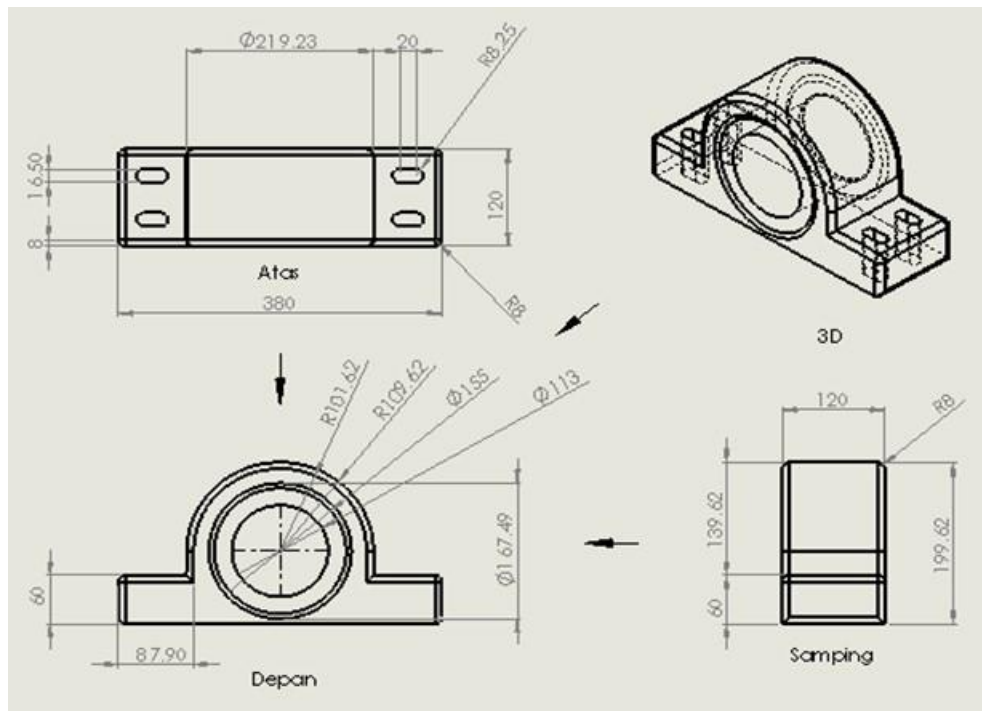


Gambar 3.8 *Pillow Bearing*

Sumber : PT. Kaltim Prima Coal (2016)



Gambar 3.9 Desain *Pillow Bearing* 3D



Gambar 3.10 Desain *Pillow Bearing* 2D

3.6 Spesifikasi Data

Analisis ini membutuhkan spesifikasi data yang kemudian akan diinput kedalam analisis simulasi. Spesifikasi data yang akan diinput adalah data-data yang digunakan pada proses kerja yang ada di mesin pengumpan (*feeder*).

3.6.1 AISI 4140 *Steel Alloys*

Baja paduan ditetapkan oleh nomor empat AISI. Mereka terdiri dari berbagai jenis baja yang memiliki komposisi melebihi batasan B, C, Mn, Mau, Mau, Si, Cr, dan Va yang ditetapkan untuk baja karbon yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

Baja paduan AISI 4140 yang ditunjukkan pada gambar 3.11 adalah kromium, molibdenum, mangan yang mengandung baja paduan rendah. Memiliki kekuatan kelelahan tinggi, abrasi dan *impact resistance*, ketangguhan, dan kekuatan puntir. Tabel data 3.1 berikut memberikan gambaran umum baja paduan AISI 4140.

- **Mechanical Properties**

Tabel 3.1 *Mechanical Properties AISI 4140 Steel Alloys*

<i>Properties</i>	<i>Metric</i>
<i>Tensile strength</i>	655 Mpa
<i>Yield strength</i>	460 Mpa
<i>Bulk modulus (typical for steel)</i>	140.000 Mpa
<i>Shear modulus (typical for steel)</i>	80.000 Mpa
<i>Elastic modulus</i>	205.000 Mpa
<i>Poisson's ratio</i>	0.29
<i>Mass density</i>	7850 Kg/m ³
<i>Thermal conductivity (@100°C)</i>	42.7 W/(m.K)

Sumber : (Azom, 2012)

- **Chemical Composition**

Tabel 3.2 *Chemical Composition AISI 4140 Steel Alloys*

<i>Element</i>	<i>Content (%)</i>
<i>Chromium, Cr</i>	0.80-1.10
<i>Manganese, Mn</i>	0.75-1.0
<i>Carbon, C</i>	0.380-0.430
<i>Silicon, Si</i>	0.15-0.30
<i>Molybdenum, Mau</i>	0.15-0.25
<i>Sulfur, S</i>	0.040
<i>Phosphorous, P</i>	0.035

Sumber : (Azom, 2012)



Gambar 3.11 Material AISI 4140 *Steel Alloys*

Sumber : PT. Kaltim Prima Coal (2016)

3.6.2 AISI 4150 *Steel Alloys*

Baja paduan ditetapkan oleh nomor empat AISI. Mereka terdiri dari berbagai jenis baja yang memiliki komposisi melebihi batasan B, C, Mn, Mau, Mau, Si, Cr, dan Va yang ditetapkan untuk baja karbon yang ditunjukkan pada tabel 3.4.

Baja paduan AISI 4150 yang ditunjukkan pada gambar 3.12 adalah variasi karbon kromium, mangan, molibdenum 4100 baja paduan rendah yang lebih tinggi. Tabel data 3.3 berikut memberikan gambaran umum baja paduan AISI 4150.

- ***Mechanical Properties***

Tabel 3.3 *Mechanical Properties AISI 4150 Steel Alloys*

<i>Properties</i>	<i>Metric</i>
<i>Tensile strength</i>	731 Mpa
<i>Yield strength</i>	710 Mpa
<i>Bulk modulus (typical for steel)</i>	140.000 Mpa
<i>Shear modulus (typical for steel)</i>	80.000 Mpa

<i>Elastic modulus</i>	210.000 Mpa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.30
<i>Mass density</i>	7850 kg/m ³
<i>Thermal conductivity (typical steel)</i>	44.5 W/(m.K)

Sumber : (Azom, 2012)

- ***Chemical Composition***

Tabel 3.4 *Chemical Composition AISI 4150 Steel Alloys*

<i>Element</i>	<i>Content (%)</i>
<i>Iron, Fe</i>	96.745-97.67
<i>Chromium, Cr</i>	0.800-1.10
<i>Manganese, Mn</i>	0.750-1.00
<i>Carbon, C</i>	0.480-0.530
<i>Silicon, Si</i>	0.150-0.300
<i>Molybdenum, Mau</i>	0.150-0.250
<i>Sulfur, S</i>	0.0400
<i>Phosphorous, P</i>	0.0350

Sumber : (Azom, 2012)



Gambar 3.12 Material AISI 4150 *Steel Alloys*

3.6.3 Motor *Hydraulic Hägglunds type CA 140*

Spesifikasi data pada motor *hydraulic* akan diinput kedalam analisis simulasi. Spesifikasi data kinerja motor *hydraulic Hägglunds type CA 140* sebagai berikut :

- Teknologi : Radial piston
- Karakteristik lain : Untuk aplikasi tugas berat
- Tekanan : Min : 0 bar
Max : 350 bar
Yang digunakan sebesar 200 bar
- Torsi : 140 N.m

Motor type Metric	FULL DISPLACEMENT				Max. ** pressure	DISPLACEMENT SHIFT									
	Displacement	Specific torque	Rated* speed	Max.*** speed		Displacement	Specific torque	Rated speed	Max. speed	Ratio					
	$V_i \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$	$T_s \frac{\text{Nm}}{\text{bar}}$	$n \frac{\text{rev}}{\text{min}}$	$n \frac{\text{rev}}{\text{min}}$	$p \text{ bar}$	$V_i \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$	$T_s \frac{\text{Nm}}{\text{bar}}$	$n \frac{\text{rev}}{\text{min}}$	$n \frac{\text{rev}}{\text{min}}$						
CA 50 20	1256	20	400	400	350	Not recommended to be used in reduced displacement									
CA 50 25	1570	25	350	400	350										
CA 50 32	2010	32	280	400	350										
CA 50 40	2512	40	230	350	350										
CA 50	3140	50	200	280	350						1570	25	200	280	1:2
CA 70 40	2512	40	270	400	350										
CA 70 50	3140	50	225	320	350						1570	25	225	320	1:2
CA 70 60	3771	60	195	275	350						1886	30	195	275	1:2
CA 70	4400	70	180	240	350	2200	35	180	240	1:2					
CA 100 40	2512	40	390	400	350										
CA 100 50	3140	50	320	400	350										
CA 100 64	4020	64	260	390	350										
CA 100 80	5024	80	220	310	350	2512	40	220	310	1:2					
CA 100	6280	100	190	270	350	3140	50	190	270	1:2					
CA 140 80	5024	80	245	340	350										
CA 140 100	6280	100	205	275	350						3140	50	205	275	1:2
CA 140 120	7543	120	180	245	350						3771	60	180	245	1:2
CA 140	8800	140	170	220	350	4400	70	170	220	1:2					
CA 210 160	10051	160	105	150	350	5026	80	105	150	1:2					
CA 210 180	11314	180	100	135	350	5657	90	100	135	1:2					
CA 210	13200	210	85	115	350	6600	105	85	115	1:2					

Gambar 3.13 Spesifikasi Kinerja Motor *Hydraulic Hägglunds*.

Sumber : (Mellansel & Bosch, 2011)



(a)



(b)

Gambar 3.14 Motor *Hydraulic Hägglunds Type CA 140*

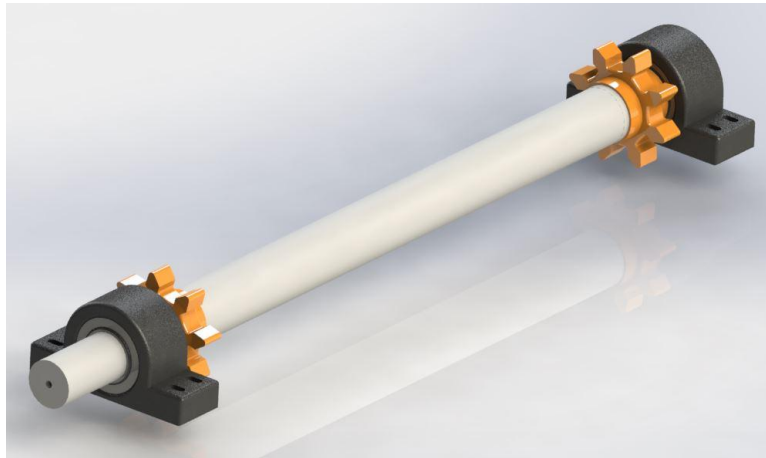
Sumber : (Mellansel & Bosch, 2011)

Gambar 3.14 pada bagian kiri (a) menunjukkan motor *hydraulic Hägglunds type CA 140* saat terhubung dengan *head shaft* dan mesin pengumpan (*feeder*). Sedangkan gambar bagian kanan (b) motor *hydraulic Hägglunds type CA 140* saat terlepas.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Desain *Assembly*

Berdasarkan hasil desain selama proses pengambilan data di PT. Kaltim Prima Coal (KPC), konsep hasil desain perancangan *head shaft* yang diberikan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Hasil Desain Perancangan

Gambar 4.1 merupakan hasil konsep desain perancangan keseluruhan (*Assembly*). Desain tersebut penulis rancang sesuai spesifikasi yang ada di PT. Kaltim Prima Coal (KPC).

4.2 Analisis Kerusakan

Proses analisis kerusakan penulis menggunakan metode *finite element analysis* (FEA) sebagai pemecahan masalah dalam melakukan penganalisan. Prosedur *finite element analysis* (FEA) yang akan diterapkan dalam hasil analisis secara garis besar terdiri dari :

1. *Preprocessor*
2. *Solver solution*
3. *Post processor*

4.2.1 Simulasi Analisis *Head Shaft* (*Preprocessor*)

Simulasi perancangan *head shaft* merupakan analisis paling utama dalam penelitian ini. Berdasarkan judul yang telah dipaparkan analisis *head shaft* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui titik utama patahnya terhadap *part* tersebut. Metode ini diterapkan dengan simulasi menggunakan *software solidworks* sebagai tolak ukur agar analisis bisa lebih mudah. Pada simulasi ada parameter yang diberikan pada saat simulasi dan mempengaruhi pada hasil analisis yaitu :

4.2.1.1 Beban

Pada gambar 4.2 adalah proses simulasi pemberian *force*. penulis memberikan beban pada bagian kiri dan kanan pada *sproket* dengan beban sebesar 3263,26 N/m. Ini dikarenakan kedua *sproket* yang terpasang dengan rantai mesti menarik batu bara yang berada dalam mesin pengantar (*feeder*) sebesar 332,76 kg/dtk.

1. Volume lingkaran pejal

$$= \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$$

$$= \frac{4}{3} \times 3,14 \times (15)^3$$

$$= 14,130 \text{ cm}^3$$

2. Beban per satu batu bara

$$F = m \times a$$

$$= 7,85 \frac{g}{\text{cm}^3} \times 14,130 \text{ cm}^3$$

$$= 110920,5 \text{ g} \rightarrow 110,91 \text{ kg}$$

$$= 1087,02 \text{ N (per 1 batu bara)}$$

Jadi, terdapat tiga batu bara yang berada pada plat yang terhubung pada kedua *sproket* dengan panjang *head shaft* tepat bagian tengah antara *sproket* kiri dan kanan sejauh 1,3 m. Dan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

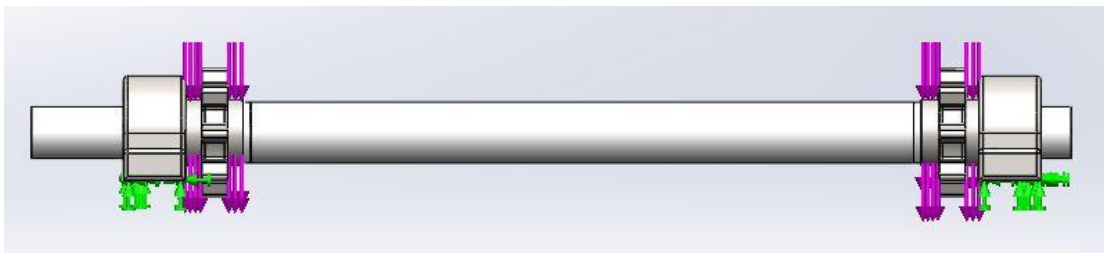
$$= 110,92 \text{ kg} \times 3$$

$$= 332,76 \text{ kg} \rightarrow 3263,26 \text{ N (per detiknya)}$$

$$\text{Untuk 1 jam} = 332,76 \text{ kg} \times 3600 \text{ dtk}$$

$$= 1197941,4 \text{ kg} \rightarrow 1198 \text{ Ton}$$

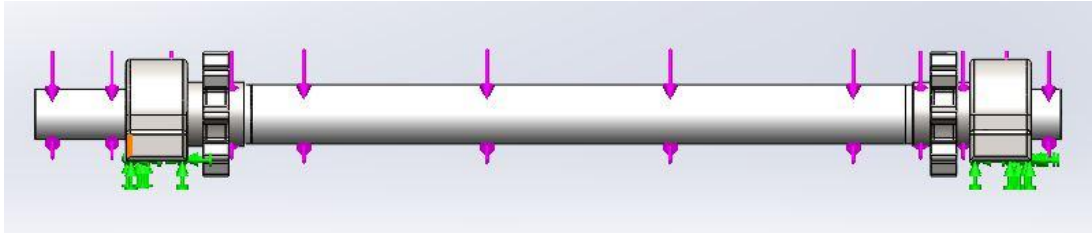
Jadi, untuk per jam berat batu bara dalam *Ton* sebesar 1198 *Ton/jam* \approx 1200 *Ton/jam*



Gambar 4.2 Simulasi Pemberian Beban

4.2.1.2 Torsi pada *Head Shaft*

Pada gambar 4.3 panah berwarna ungu adalah proses simulasi pemberian torsi. penulis memberikan torsi pada bagian *head shaft* dengan gaya sebesar 28000 *N.m*. Hal ini dikarenakan torsi pada motor *hydraulic* $140 \frac{\text{N.m}}{\text{bar}} \times 200 \text{ bar}$ yang terpasang pada bagian kiri *shaft* sehingga mampu memutar *head shaft*. 200 *bar* tekanan yang diberikan sesuai kinerja motor *hydraulic* yang ada di PT. Kaltim Prima Coal (KPC).



Gambar 4.3 Simulasi Pemberian Torsi pada *Head Shaft*

4.2.1.3 Torsi pada Kedua *Sproket*

Pada gambar 4.4 adalah proses simulasi pemberian torsi pada sproket. penulis memberikan torsi tepat pada bagian dalam kedua *sproket* dengan torsi sebesar 3261,06 *N.m*. Perhitungan torsi yang diberikan dapat dilihat sebagai berikut :

Diketahui : $F = 1087.02 \text{ N}$ (Per satu batu bara)

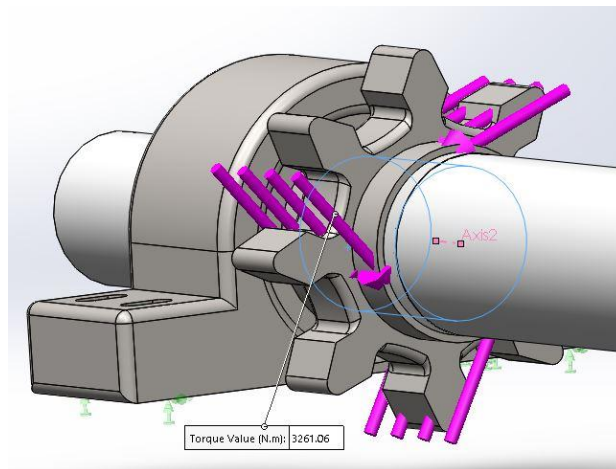
$L = 3 \text{ Meter}$ (Panjang antara *head shaft* dengan *tail shaft* pada mesin *feeder*)

$$\tau = F \times L$$

$$\tau = 1087,02 \text{ N} \times 3 \text{ m}$$

$$\tau = 3261,06 \text{ N.m}$$

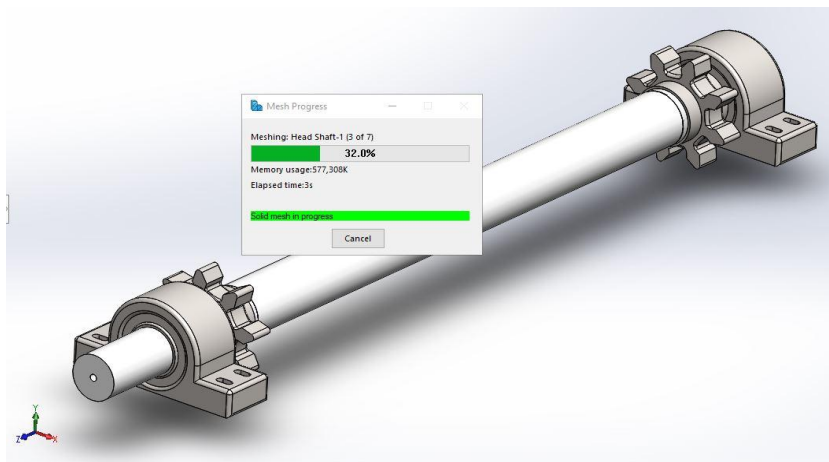
Jadi, torsi yang digunakan pada kedua *sproket* untuk menarik batu bara sebesar 3261,06 *N.m*.



Gambar 4.4 Simulasi Pemberian Torsi pada Kedua *Sproket*

4.2.2 Solver Solution

Proses ini merupakan langkah perhitungan analisis dari *subject* dengan cara perhitungan *element per element* pada proses *meshing system*. Langkah perhitungan yang dilakukan secara otomatis oleh komputer dengan menggunakan 100 persamaan ataupun model matematika lanjut seperti rumus diferensial, *laplace* serta rumus matriks yang telah tersedia pada *software*. Proses simulasi saat *loading* proses *meshing system* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Proses *Loading Meshing System*

4.2.3 Post Processor

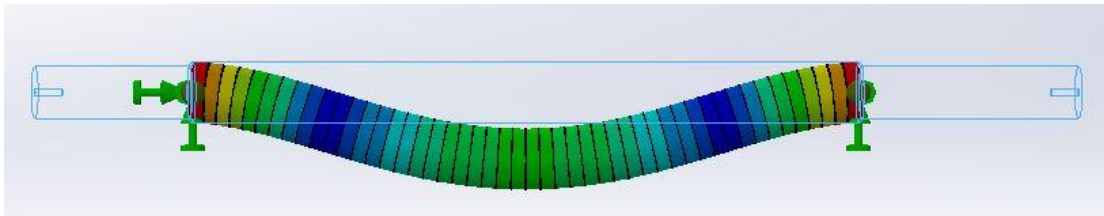
Metode ini merupakan fasilitas untuk melihat hasil simulasi yang telah dilakukan. Setelah proses *solving* selesai, biasanya hasil simulasi langsung ada tiga analisis yang dapat ditampilkan secara otomatis pada *software solidworks* yaitu :

1. *Stress Result*
2. *Displacement Result*
3. *Strain Result*

Hasil tiga analisis tersebut dapat dilihat pada simulasi *assembly* perancangan *head shaft* dibawah ini. Dan sebagai contoh gambaran patahnya *head shaft* akibat *safety factor* kurang dari 1.

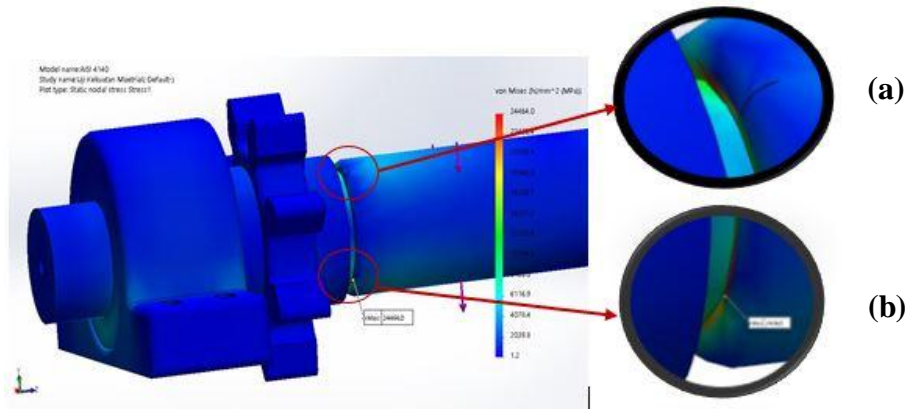
4.2.3.1 Stress Result (Tegangan)

Stress result dapat diartikan kumpulan gaya pada suatu permukaan benda yang disebut (*force*). Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan akan semakin besar.



Gambar 4.6 Method Stress Result

Pada gambar 4.7 adalah metode *stress result*, hal ini bermaksud untuk mengetahui bagian mana yang mengalami tegangan yang paling besar dan kemungkinan penyebab patahnya pada material. Dari simulasi dapat dilihat bagian yang merah ada pada sisi kiri dan kanan bukan pada titik tengah *part* tersebut. Hal ini dikarenakan diameter pada bagian yang merah lebih kecil dari pada diameter tengah.

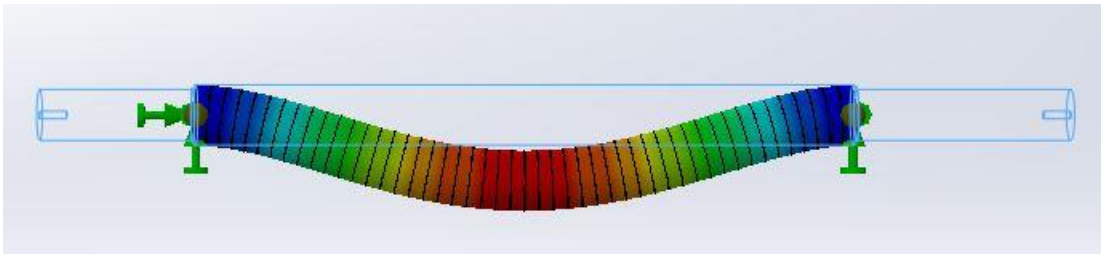


Gambar 4.7 Method Von Mises Stress

Pada gambar 4.8 adalah contoh hasil metode *stress result* dengan pemberian 3 gaya dan dapat dilihat dibagian kanan terdapat dua hasil. Gambar (a) adalah hasil saat *head shaft* mengalami keretakan, sedangkan pada gambar (b) menunjukkan bagian yang mengalami tegangan maksimal (*von mises stress*).

4.2.3.2 *Displacement Result* (Perpindahan Bentuk)

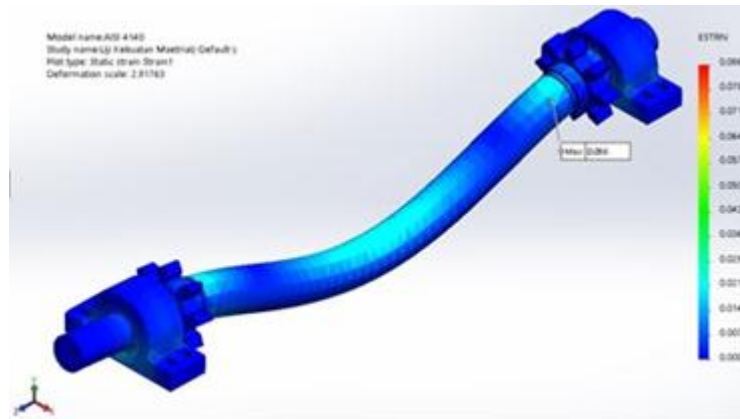
Displacement result adalah perpindahan bentuk yang dikenai gaya. Hal ini disebabkan karena tegangan yang terjadi pada (*sproket*) dan menumpu *part-part* lain salah satunya *head shaft*. Sehingga yang terjadi gaya pada *part head shaft* merambat sampai pada titik tengah *head shaft* dan menghasilkan perpindahan yang maksimal pada *part* tersebut. Pada gambar 4.9 adalah hasil metode *displacement result*.



Gambar 4.8 *Method Displacement Result*

4.2.3.3 *Strain Result* (Regangan)

Perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula ada daerah elastis, besarnya tegangan berbanding lurus dengan regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda tersebut disebut modulus elastisitas atau modulus *young*. Jika pada simulasi menghasilkan nilai maksimum dan bagian *part* yang menerima gaya lalu berubah berwarna merah ataupun kuning *part* tersebut mengalami regangan yang diakibatkan tegangan maksimal yang berada pada daerah tersebut. Contoh simulasi dapat dilihat pada gambar 4.10 metode *strain result* (regangan).



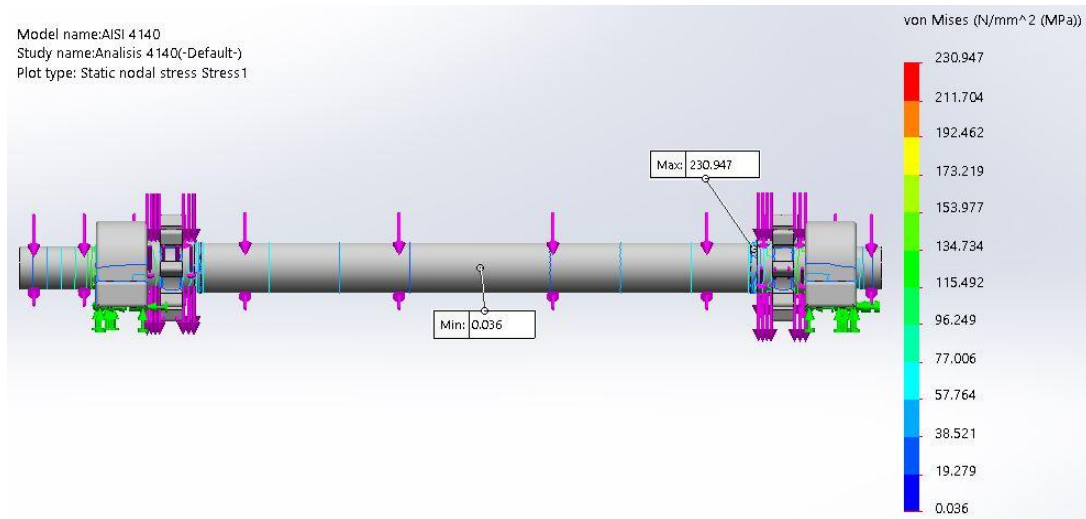
Gambar 4.9 *Method Strain Result*

4.3 Analisis *Head Shaft*

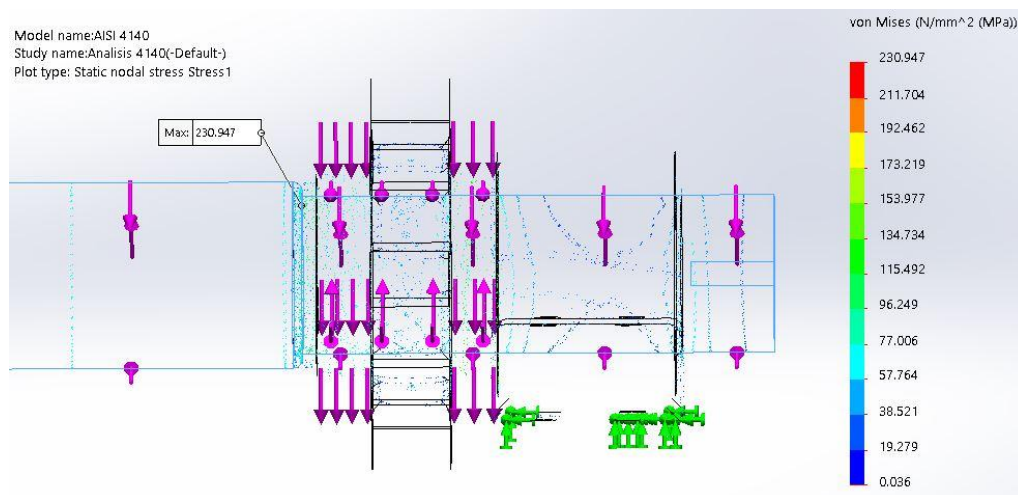
Analisis dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengujian pertama analisis pada material AISI 4140 *steel alloy*, dan pengujian kedua adalah menganalisis material AISI 4150 *steel alloy*. Analisis ini ditunjukkan untuk mengetahui kekuatan *head shaft* terhadap beban statis dan material yang mana akan memperoleh nilai *safety factor* tertinggi. Pembebanan yang akan diberikan terhadap *shaft* sebesar 1200 *Ton/jam* dengan arah penekanan kebawah searah dengan gaya gravitasi bumi. Ataupun pemberian torsi pada kedua *sproket* dan *head shaft* yang berperan mengantar batu bara menuju mesin penghancur (*crusher*).

4.3.1 Analisis Material AISI 4140 *Steel Alloys*

Beban yang diterima pada kedua *sproket* adalah 1200 *Ton/jam*, $\frac{1}{3}$ dari setiap *sproket* yang menarik batu bara per detik atau setara dengan 3263,26 *N/m*. Panah berwarna hijau diasumsikan bagian yang diam (*fixed*) dan panah berwarna ungu adalah gaya-gaya yang diberikan pada perancangan yang berupa beban, dan torsi. Hasil simulasi pengujian analisis tipe *von misses stress* yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 4.10-4.11 sebagai berikut.



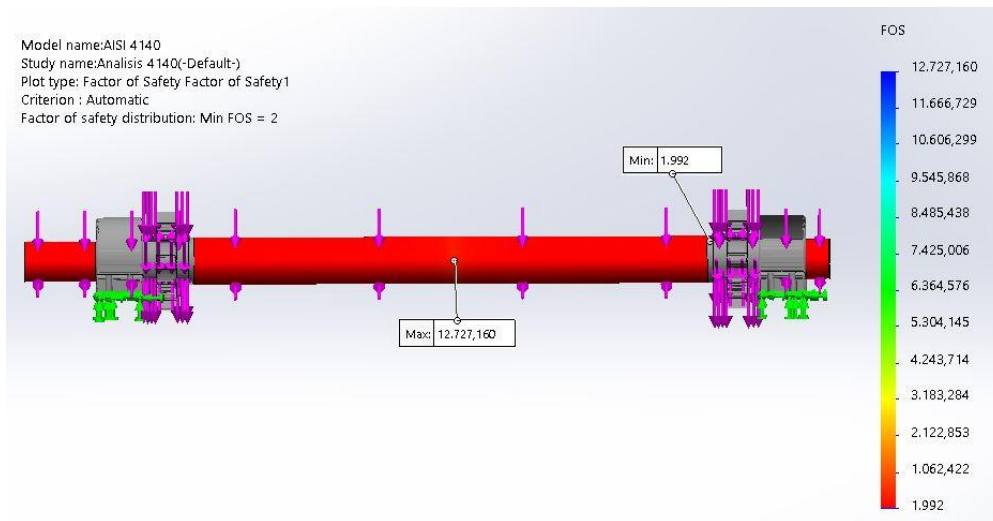
Gambar 4.10 Analisis pada *Head Shaft* AISI 4140 *Steel Alloys*



Gambar 4.11 Bagian *Von Misses Stress* tertinggi

Pada gambar 4.10-4.11 terdapat kotak yang menunjukkan nilai dimana bagian tersebut memiliki *von misses stress* maksimum sebesar 230,947 *Mpa*. Sedangkan tegangan minimum sebesar 0,036 *Mpa* yang berada pada tengah *shaft* dapat dilihat pada gambar 4.10. Maka nilai perbandingan antara besar *yield strength* terhadap besar beban yang diberikan (*safety factor*) didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.1.

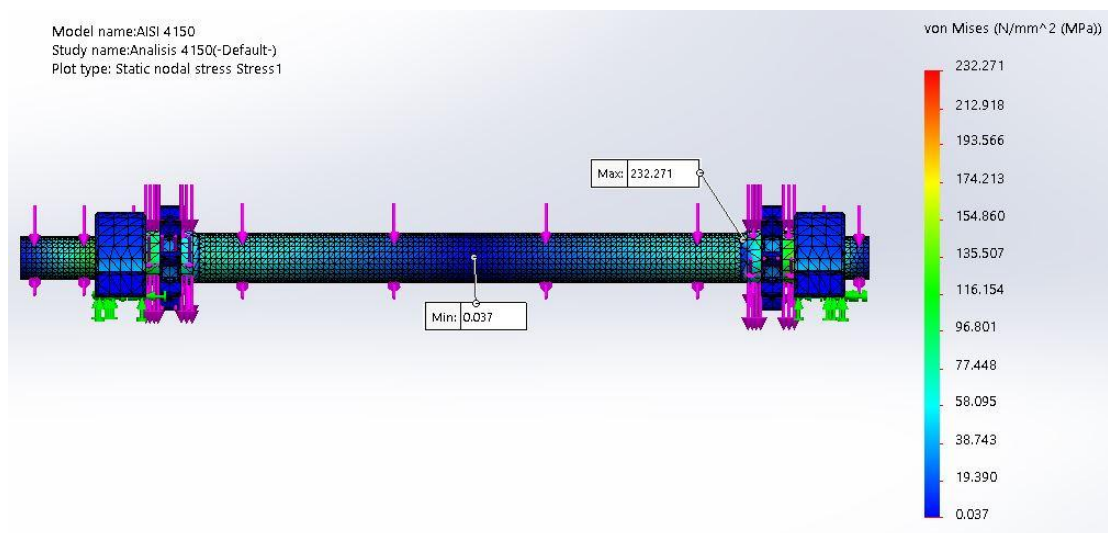
$$\text{Faktor Keamanan } (\eta) : \frac{460 \text{ Mpa}}{230,94 \text{ Mpa}} = 1,991$$



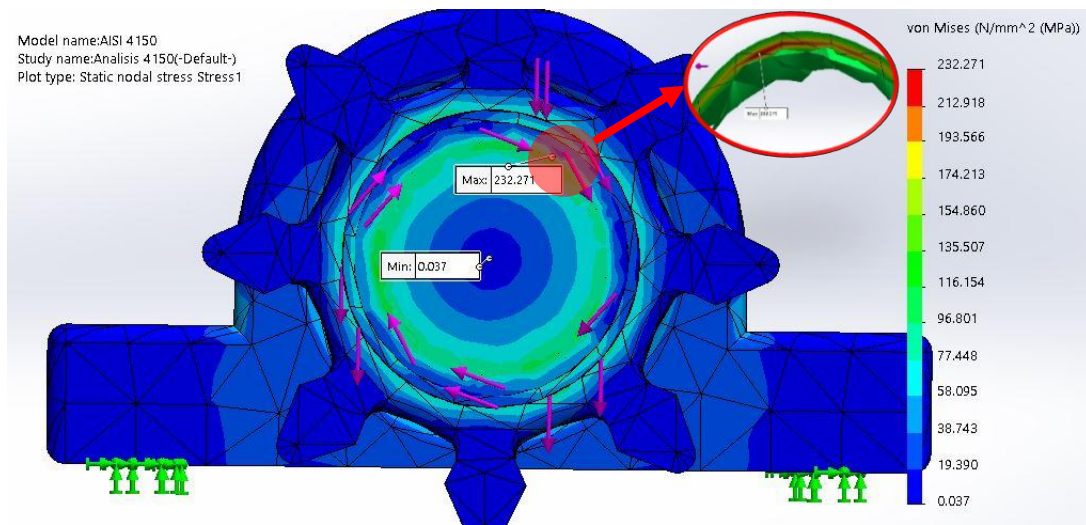
Gambar 4.12 Hasil *Safety Factor* AISI 4140

4.3.2 Analisis Material AISI 4150 *Steel Alloys*

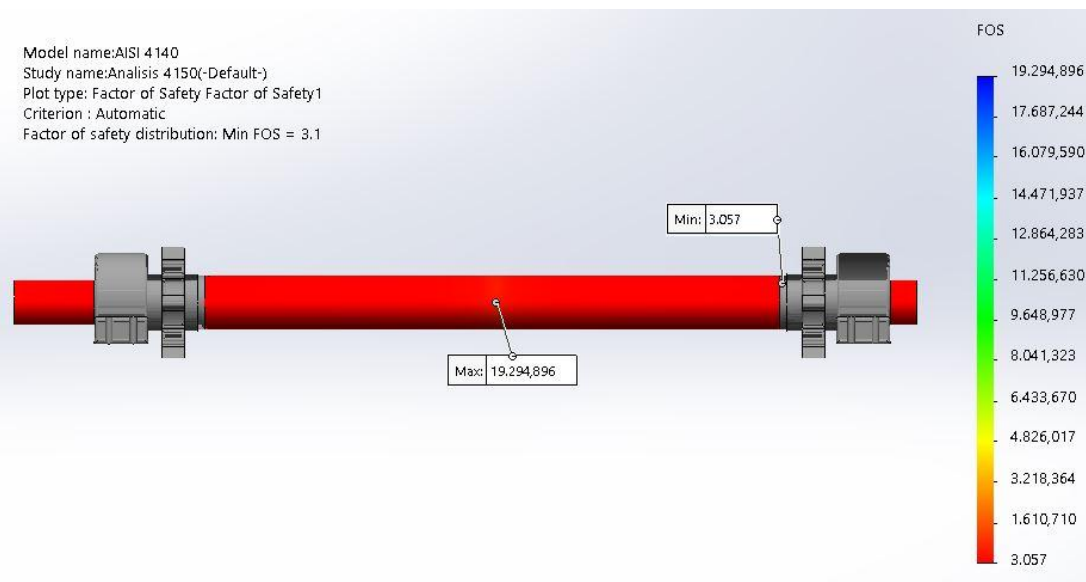
Analisis kedua penulis melakukan simulasi sama seperti langkah analisis pertama, tetapi *yield strength* yang diberikan pada *shaft* berbeda. Hasil simulasi pengujian AISI 4150 yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 4.13-4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.13 Analisis pada *Head Shaft* AISI 4150 *Steel Alloys*



Gambar 4.14 Bagian *Von Mises Stress* menggunakan *Section Clipping*



Gambar 4.15 Hasil *Safety Factor* AISI 4150

Pada gambar 4.15 adalah hasil analisis *safety factor* pada material AISI 4150, dapat dilihat nilai *safety factor* minimal pada material sebesar 3,056. Memiliki *safety factor* 3,056 material AISI 4150 dinyatakan belum cukup memastikan mampu menahan beban batu bara sebesar 1200 *Ton/jam*.

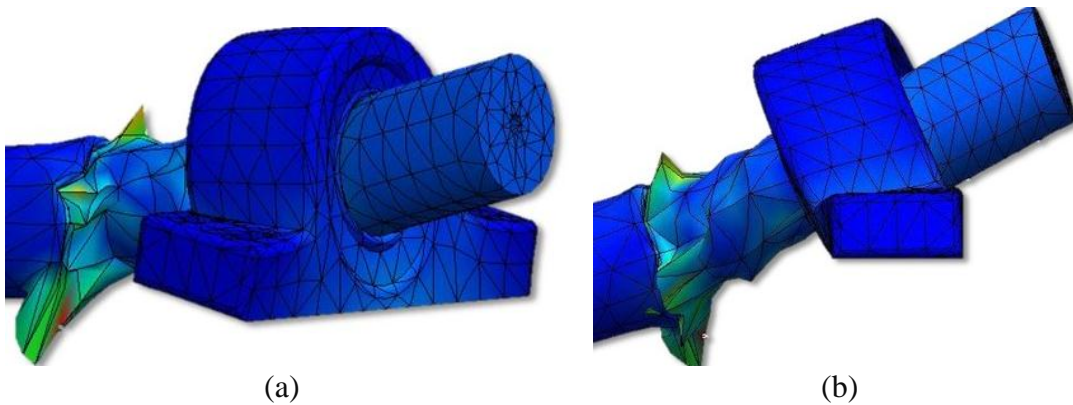
$$\text{Faktor Keamanan } (\eta) : \frac{710 \text{ Mpa}}{232,27 \text{ Mpa}} = 3,056$$

Dari perhitungan diatas penulis dapat menyimpulkan material AISI 4150 dengan *yield strenght* sebesar 710 Mpa belum cukup memastikan mampu menahan beban batu bara sebesar 1200 Ton/jam dan hasil beban batas dapat ditemukan dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$\text{Beban Batas} : 1200 \text{ Ton/jam} \times 3,056 = 3,667 \text{ Ton}$$

4.4 Hasil Simulasi Perpatahan *Head Shaft*

Hasil simulasi pengujian perpatahan *head shaft* yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Hasil Perpatahan *Head Shaft*.

Pada hasil gambar simulasi perpatahan diatas, dapat dilihat dimana titik merah adalah tegangan maksimum yang telah diterima pada *shaft*. Hal ini menyebabkan *shaft* tersebut mengalami perpatahan akibat beban yang diterimanya. Simulasi yang ditunjukkan pada *shaft* mengalami puntiran akibat adanya tiga gaya diterimanya yang disebabkan oleh mesin penggerak motor *hydraulic* sebesar 28000 N.m, torsi pada kedua

sproket yang berperan mengantar batu bara sebesar $3261,06 \text{ N.m}$, dan beban batu bara per detik searah gravitasi bumi tepat pada kedua *sproket* sebesar $3263,26 \text{ N}$.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan yang dilakukan, telah dibuat disain yang sesuai dengan konsep perancangan *head shaft* yang ada di PT. Kaltim Prima Coal (KPC). Dari hasil tersebut penulis menyimpulkan beberapa hal antara berikut :

1. Dari analisis material AISI 4140 *steel alloys* dengan beban batu bara 1200 *Ton/jam* dan *yield strength* 460 *Mpa*, *safety factor* yang dimiliki sebesar 1,991.
2. Analisis material AISI 4150 *steel alloys* dengan beban batu bara 1200 *Ton/jam* dan *yield strength* 710 *Mpa*, *safety factor* yang dimiliki sebesar 3,056.
3. Dari hasil simulasi dan analisis pada *head shaft* dengan memberikan arah gaya, model, dan beban secara realistis dapat disimpulkan titik patah sesuai dengan hasil foto pada lampiran 3.
4. Penyebab titik patahnya *shaft* dikarenakan diameter yang mengalami perpatahan lebih kecil dibandingkan diameter pada tengah *shaft*. Selain itu gaya torsi dari *sproket* dan beban batu bara pada *sproket* membuat titik tersebut mengalami tegangan maksimum sehingga *shaft* mengalami perpatahan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian dan perancangan yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang menurut penulis memerlukan penelitian lebih lanjutan untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan antara lain :

1. Pengujian yang lebih mendalam pada segi kekuatan material.
2. Tingkatkan material menjadi AISI 4150 atau diatas AISI 4150 *steel alloys*.
3. Perawatan dan pengecekan yang rutin pada kinerja mesin ataupun material terutama pada *head shaft*.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Collins, J. (1993). *Failure Of Material In Mechanical Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Anggono, W., Siahaan, I. H., & Cahyono, A. D. (2008). Optimasi Proses Tempering Baja Aisi 4140 Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Roller Cyclo Speed Reducer.
- Azom. (2012, 09 13). *AISI 4140 Alloy Steel (UNS G41400)*. Diambil kembali dari AZO Materials: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6769>
- Azom. (2012, 09 13). *AISI 4150 Alloy Steel (UNS G41500)*. Diambil kembali dari AZO Materials: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6770>
- Bob McGinty, P. P. (2012, 02). *Von Mises Stress*. Diambil kembali dari Continuum Mechanics: <http://www.continuummechanics.org/vonmisesstress.html>
- Gere, Timoshenko, & Wospakrik, H. j. (1987). Faktor Keamanan, Beban Batas, Batas Keamanan. Dalam *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI* (hal. 28-31). Jakarta: Erlangga.
- Gere, Timoshenko, & Wospakrik, H. j. (1987). Mechanics Of Material. Dalam *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI* (hal. 1). Jakarta: Erlangga.
- Gere, Timoshenko, & Wospakrik, H. j. (1987). Tarik, Tekan, Dan Geser. Dalam *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI* (hal. 3-4). Jakarta: Erlangga.
- Inc, R. T. (2006). TechniCom Review SolidWorks 2006 Office Premium. *SolidWorks 2006 Office Premium*. Diambil kembali dari SolidWorks Corporation: <http://www.solidworks.com/>
- Kadam, H. A., & Hyalij, N. S. (2016). Design and Analysis of Belt Conveyor Roller Shaft. *International journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 45-49.
- McGinty, PhD, PE, B. (2012, 02). *Hooke's Law*. Diambil kembali dari Continuum Mechanics: <http://www.continuummechanics.org/hookeslaw.html>
- Mellansel, & B. R. (2011). *Intallation and Maintenance Manual, Häggglunds CA*. English: The Drive & Control Company. Diambil kembali dari Direct Industry:

<http://www.directindustry.com/prod/bosch-rexroth-haeggglunds-products/product-7016-446096.html>

Nash, Ph.D., W. A. (1998). Strength Of Materials. *Theory And Problems*.

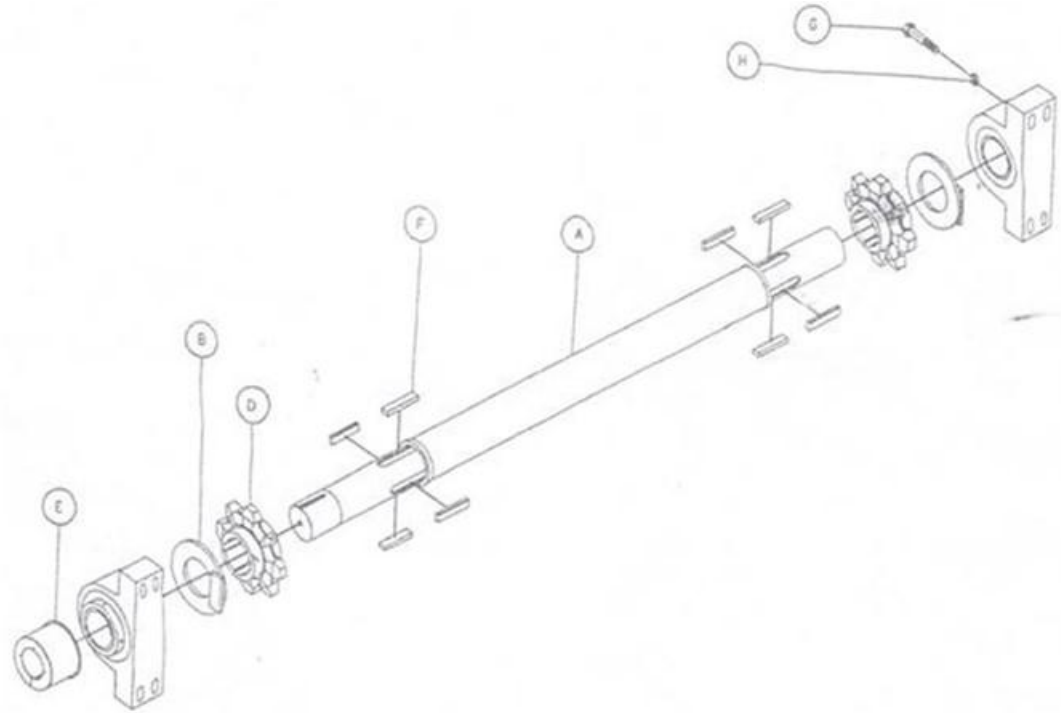
Siregar, A. S. (1997). *Pengenalan Standar Operasi dan Keselamatan*. Sangatta: PT. Kaltim Prima Coal (KPC).

Wikipedia. (2017, 12 04). *Yield (engineering)*. Diambil kembali dari Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Yield_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Yield_(engineering))

LAMPIRAN

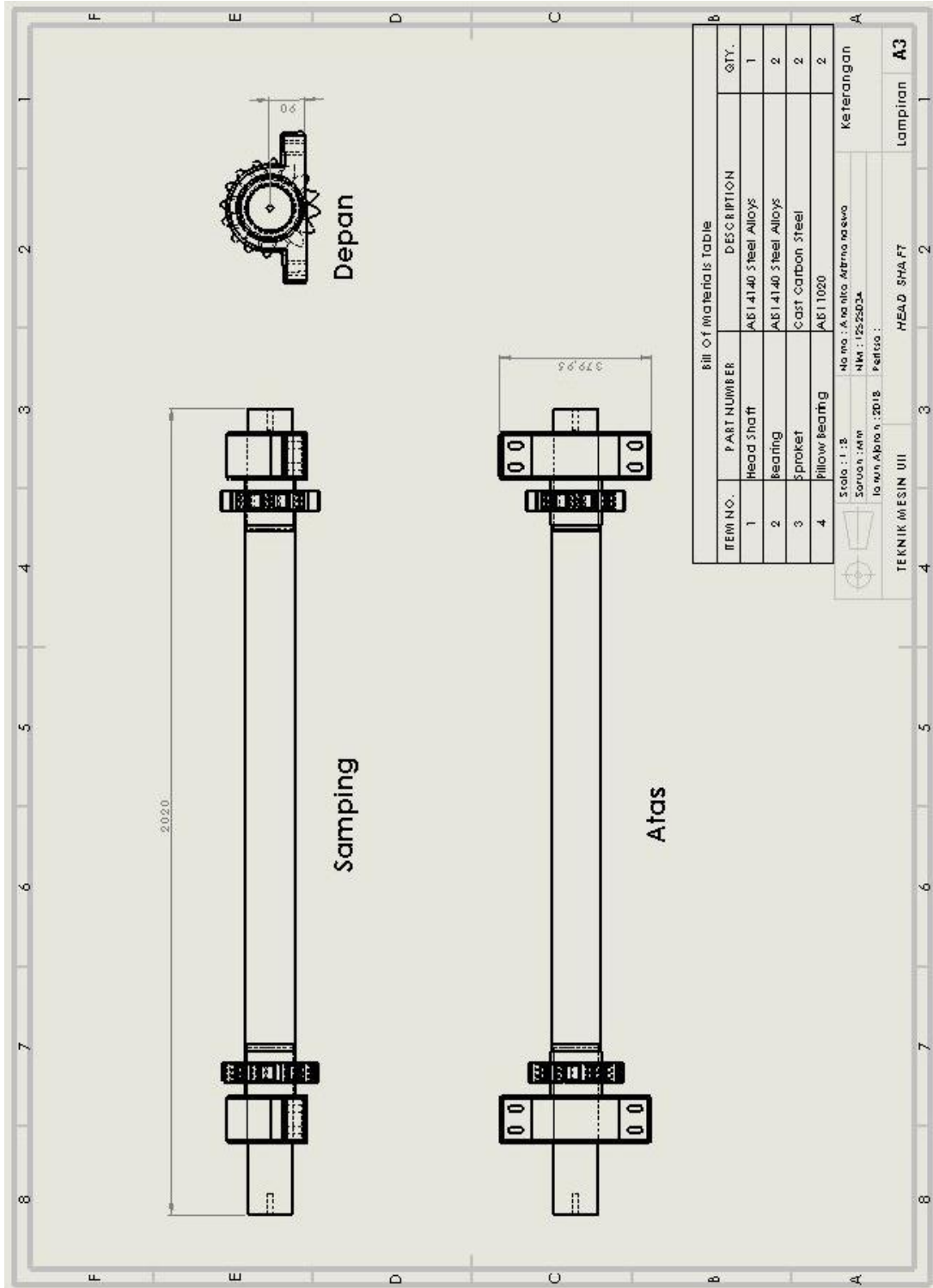
Lampiran 1. *Parts Listing & Assembly*

(Sumber : PT. Kaltim Prima Coal)



<i>Item</i>	<i>Part No.</i>	<i>Description</i>	<i>Quantity</i>	<i>U/M</i>
A	320030212	Shaft, Head	1	EA
B	8104	Spacer, Headshaft	2	EA
C	290430006	Bearing, 3 15/16" IDE	2	EA
D	300220017	Sprocket, Convr-Flight Chain (8 Teeth)	2	EA
E	320900036	Bushing, Slitted	1	EA
F	300110179	Key .5 X 1 X 4,25	8	EA
G	A5A1210064	Screw, Hex Head Cap	8	EA
H	A5P1200000	Washer, Lock	8	EA

Lampiran 2. Gambar Teknik 2D *Head Shaft*



Lampiran 3. *Head shaft* patah
(Sumber : PT. Kaltim Prima Coal)

