

## **SKRIPSI**

# **“ANALISA KEGAGALAN BANTALAN SKF 6005 PADA CARRIER IDLER di PT. PELABUHAN INDONESIA II ( PERSERO ) CABANG BENGKULU ”**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Bengkulu



Oleh

**NOVERSON TRIYANDA SITOANG**  
**NPM G1C009011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BENGKULU  
2014**

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi yang berjudul **“ANALISA KEGAGALAN BANTALAN SKF 6005 PADA *CARRIERIDLER* di PT. PELABUHAN INDONESIA II ( PERSERO ) CABANG BENGKULU”** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah dan disebut dalam daftar pustaka.

Bengkulu, Juni 2014

**Noverson Triyanda Sitohang**  
NPM. G1C009011

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*“ Seek First The Kingdom Of God Then Everything Will Be Given To “*

*“ This Life Will Be Happier If More People Are Smiling Because Of Me “*

### **PERSEMBAHAN**

**Skripsi ini kupersembahkan kepada :**

**“ Kedua Orang Tuaku “**

**“ Keluarga Besarku “**

**“ Teman – Temanku “**

**“ Orang – Orang Terdekatku “**

**“ Universitas Bengkulu “**

**“ Bangsa dan Negara “**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada tuhan yesus kristus karena hanya dengan kasih dan kuasanya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISA KEGAGALAN BANTALAN SKF 6005 PADA CARRIER IDLER di PT. PELABUHAN INDONESIA II ( PERSERO ) CABANG BENGKULU**”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu. Dalam penulisan Skripsi ini penulis dibantu dan didukung oleh berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus karena kasih dan karunianya penulis masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada kedua orang tuaku yang tercinta ( N.Sitohang dan Yuliana ) yang selalu mendukung baik moril dan materil serta kepada seluruh keluarga besarku yang selalu memberi semangat.
3. Bapak Erinofiardi, S.T.,M.T, dan Bapak Ahmad Fauzan Suryono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan pendamping yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, serta memberi banyak saran-saran yang sangat membantu.
4. Teman-teman di Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu yang telah memberikan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini dan semua pihak yang telah memberikan bantuan dan informasi.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran demi saran untuk penyempurnaan skripsi ini dan berharap semoga skripsi ini dapat diterima dan dimanfaatkan oleh banyak pihak.

Bengkulu, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN SOAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Manfaat .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TEORI DASAR</b>	
2.1 Bantalan .....	4
2.1.1 Bantalan Yang Tidak Menimbulkan Gesekan .....	5

2.1.2 Bantalan Yang Menimbulkan Gesekan .....	7
2.1.3 Bantalan Luncur dan Bantalan Aksial .....	8
2.1.4 Jenis – Jenis Bantalan Gelinding .....	9
2.2 Analisa Kegagalan .....	10
2.2.1 Standar Acuan Untuk Analisa Kegagalan .....	11
2.2.2 Mekanisme Kegagalan ( ANSI / API 689 ) .....	11
2.2.3 Penyebab Kegagalan ( ANSI / API 689 ) .....	13
2.3 Jenis Kerusakan dan Penyebab Kerusakan Pada Bantalan .....	15
2.4 Perhitungan Beban .....	22
2.5 Perhitungan Kapasitas Konveyor .....	23

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	26
3.2 Simulasi <i>Autodesk Inventor 2013</i> .....	27
3.2.1 Pemodelan Perangkat Uji .....	27
3.2.2 Simulasi dan Analisis Perangkat Uji .....	33
3.3 Material Bantalan .....	34
3.4 Alat dan Bahan .....	34
3.4.1 Motor Penggerak Conveyor .....	35
3.4.2 <i>Belt</i> .....	35
3.4.3 <i>Carrier Stand</i> .....	37
3.4.4 <i>Tachometer</i> .....	37
3.4.5 Batubara .....	37
3.4.6 Bantalan.....	38
3.4.7 Data Lapangan .....	39
3.5 Perhitungan Umur Bantalan .....	39
3.6 Perhitungan Kapasitas Konveyor .....	40
3.7 Perhitungan Beban Impact .....	41

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pemodelan Spesimen .....	43
4.1.1 Simulasi Perancangan.....	43

4.1.2 Analisa Teoritik .....	51
4.1.3 Jenis – Jenis Kerusakan Yang Terjadi Pada Bantalan.....	58
4.2 Pembahasan .....	60

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	66

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	67
-----------------------------	----

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Bantalan .....	4
Gambar 2.2 Nomenklatur bantalan bola radial jenis <i>deep – groove</i> atau <i>conrad</i> .....	5
Gambar 2.3 Jenis – jenis bantalan bola.....	5
Gambar 2.4 Bantalan gelinding silindris.....	6
Gambar 2.5 Bantalan gelinding sperik.....	6
Gambar 2.6 Bantalan gelinding tirus .....	6
Gambar 2.7 Bantalan gelinding jarum .....	7
Gambar 2.8 Bantalan <i>Bush</i> .....	8
Gambar 2.9 Bantalan Luncur .....	8
Gambar 2.10 Arah pembebanan Bantalan Luncur dan Bantalan Aksial .....	8
Gambar 2.11 Bantalan Luncur dan Bantalan Aksial.....	8
Gambar 2.12 Jenis – Jenis Bantalan Gelinding.....	9
Gambar 2.13 <i>Flaking</i> .....	16
Gambar 2.14 <i>Scuffing</i> .....	16
Gambar 2.15 <i>Scratches</i> .....	16
Gambar 2.16 <i>Crack</i> .....	17
Gambar 2.17 <i>Chips</i> .....	17
Gambar 2.18 <i>Wear</i> .....	17
Gambar 2.19 <i>Rust</i> .....	18
Gambar 2.20 <i>Corrosion</i> .....	18
Gambar 2.21 <i>Pear skin</i> .....	18
Gambar 2.22 <i>Discoloration</i> .....	18
Gambar 2.23 <i>Brinelling</i> .....	19
Gambar 2.24 <i>Smearing</i> .....	19
Gambar 2.25 <i>Creep</i> .....	20
Gambar 2.26 <i>Electric pitting</i> .....	20
Gambar 2.27 <i>Seizure</i> .....	21

Gambar 2.28 <i>Failure of cage</i> .....	21
Gambar 2.29 Luas penampang total.....	24
Gambar 2.30 Luas penampang atas .....	24
Gambar 3.1 Prosedur penelitian.....	26
Gambar 3.2 <i>Plane</i> .....	27
Gambar 3.3 Sketsa bantalan 2D.....	28
Gambar 3.4 Sketsa bantalan yang telah di revolve .....	28
Gambar 3.5 <i>Slice graphics</i> .....	28
Gambar 3.6 Pemodelan bantalan yang telah jadi.....	29
Gambar 3.7 Poros.....	29
Gambar 3.8 Poros dan bantalan yang telah disatukan.....	30
Gambar 3.9 Sketsa 2D <i>carrier</i> .....	30
Gambar 3.10 <i>Extrude</i> pada <i>carrier</i> .....	31
Gambar 3.11 <i>Chamfer</i> pada masing – masing penyangga poros.....	31
Gambar 3.12 Sketsa lubang penyangga poros .....	32
Gambar 3.13 <i>Extrude</i> pada masing – masing penyangga untuk mendapatkan lubang penyangga poros .....	32
Gambar 3.14 Menggabungkan poros dan bantalan pada <i>carrier</i> .....	32
Gambar 3.15 Hasil akhir penggabungan poros dan <i>carrier</i> .....	33
Gambar 3.16 Proses meshing.....	33
Gambar 3.17 Simulasi.....	34
Gambar 3.18 Motor penggerak <i>belt conveyer</i> .....	35
Gambar 3.19 Belt.....	35
Gambar 3.20 <i>Carrier stand</i> .....	37
Gambar 3.21 Tachometer.....	37
Gambar 3.22 <i>Ball Bearing</i> SKF 6005.....	39
Gambar 4.1 <i>Von mises stress</i> ( a ) bantalan dengan pembebanan batu bara jenis bitumen hancur.( b ) bantalan dengan pembebanan batu bara jenis antrasit hancur. ( c ) bantalan dengan beban impact dari pembebanan batu bara jenis bitumen hancur. ( d ) bantalan dengan beban impact dari pembebanan jenis batu bara antrasit hancur. ....	44

Gambar 4.2	<i>Von mises stress</i> pada <i>carrier stand</i> ( e ) pembebanan batu bara jenis bitumen hancur.( f ) pembebanan batu bara jenis antrasit hancur. ( g ) terkena beban impact dari pembebanan batu bara jenis bitumen hancur. ( h ) terkena beban impact dari pembebanan jenis batu bara antrasit hancur. ....	46
Gambar 4.3	<i>Total deformation</i> pada <i>carrier stand</i> . ( i ) pembebanan batu bara jenis bitumen hancur.( j ) pembebanan batu bara jenis antrasit hancur. ( k ) terkena beban impact dari pembebanan batu bara jenis bitumen hancur. ( l ) terkena beban impact dari pembebanan jenis batu bara antrasit hancur.....	48
Gambar 4.4	Tegangan geser pada <i>carrier stand</i> . ( m ) pembebanan batu bara jenis bitumen hancur.( n ) pembebanan batu bara jenis antrasit hancur. ( o ) terkena beban impact dari pembebanan batu bara jenis bitumen hancur. ( p ) terkena beban impact dari pembebanan jenis batu bara antrasit hancur.....	50
Gambar 4.5	<i>Crack</i> .....	58
Gambar 4.6	<i>Pear skin</i> dan <i>discoloration</i> .....	59
Gambar 4.7	<i>Wear</i> .....	59
Gambar 4.8	<i>Smearing</i> .....	60
Gambar 4.9	<i>Corrosion</i> .....	60

## DAFTAR SIMBOL

$F_r$	=	Beban radial ( kg )
$F_a$	=	Beban aksial ( kg )
$P_r$	=	Beban ekuivalen dinamis ( kg )
$P_a$	=	Beban aksial ekuivalen dinamis ( kg )
$L_{10}$	=	Umur Bantalan Dengan Keandalan 90%
$P$	=	Beban Ekuivalen Dinamis ( kN )
$p$	=	Konstanta Untuk Bantalan Bola ( $p = 3$ ), Untuk bantalan rol $p = \frac{10}{3}$
$L_{10h}$	=	Umur Bantalan Berdasarkan Waktu Operasi
$n$	=	Putaran Motor Penggerak ( rpm )
$B$	=	Lebar sabuk ( m )
$A_1$	=	Luas bagian atas ( $m^2$ )
$A_2$	=	Luas bagian bawah ( $m^2$ )
$Q$	=	Kapasitas konveyor ( tph )
$A$	=	Luas penampang ( $m^2$ )
$V$	=	Kecepatan konveyor ( m/s )
$\gamma$	=	Massa jenis material ( $kg/m^3$ )
$C$	=	Basic load dynamic ( KN )
$C_o$	=	Basic load static ( KN )
$F$	=	<i>Impact force</i> ( lbf )
$W$	=	<i>Weight of lump</i> ( lbf )
$k$	=	<i>Spring constant for specific idler type</i> ( lbf / ft )
$WH$	=	<i>Energy rating</i>

## DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Mekanisme kegagalan menurut standar ANSI / API 689 .....	11
Tabel 2.2 Penyebab kegagalan menurut standar ANSI / API 689 .....	14
Tabel 2.3 Faktor – faktor V, X, Y, dan X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub> .....	22
Tabel 3.1 Sifat material bantalan .....	34
Tabel 3.2 Berat bagian yang bergerak selain material “ W “ .....	36
Tabel 3.3 <i>Standart Belt Weight</i> “ W1 “ .....	36
Tabel 3.4 Jenis batu bara dan kandungannya.....	38
Tabel 3.5 Data lapangan.....	39
Tabel 3.6 Spesifikasi CEMA C <i>Troughing Idler ( Equal Length Rollers ) 5 diameter</i> .....	42
Tabel 3.7 <i>Minimum energy rating and maximal lump size</i> .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran A

A.1 Diagram alir simulasi inventori

A.2 Diagram alir simulasi Ansys

### Lampiran B

B.1 Lampiran Gambar

B.2 Komposisi Elemen Dari Beberapa Jenis Tipe Batu Bara

### Lampiran C

C.1 Bantalan SKF 6005

C.2 *Stand Carrier*

### Lampiran D

Curriculum Vitae

## **ABSTRAK**

*Konveyor belt di PT. PELINDO II merupakan alat pengangkut batu bara dari darat ke kapal yang mengangkut batu bara. Pada bagian konveyor terdapat idler yang berfungsi sebagai penyangga belt. Pada idler terdapat bantalan yang berfungsi untuk menumpu poros idler agar poros idler dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan pada idler sering mengalami kegagalan terutama bantalan pada bagian miring dan pada bagian bawah transfer chute. Selain itu faktor angkutan batu bara juga menjadi salah satu faktor penyebab bantalan mengalami kegagalan. Batu bara yang diangkut oleh konveyor belt di PT. PELINDO II ada dua jenis yaitu batu bara jenis bitumen hancur dan antrasit hancur. Dari hasil simulasi terlihat bahwa bantalan pada bagian miring memiliki nilai von mises stress maksimum yaitu 258,05 Mpa untuk pembebanan dengan batu bara jenis bitumen hancur, 340,09 Mpa untuk pembebanan dengan batu bara jenis antrasit hancur, 528,26 Mpa untuk bantalan yang terkena beban impact oleh batu bara jenis bitumen hancur, 692,28 Mpa untuk bantalan yang terkena beban impact oleh batu bara jenis antrasit hancur. Dari perhitungan umur yang dilakukan, umur bantalan yang mengangkut batu bara jenis bitumen hancur yaitu 278,81 hari dengan masa kerja 21 jam per hari dan putaran yang dihasilkan 117,44 juta putaran. Sedangkan umur bantalan yang mengangkut batu bara jenis antrasit hancur yaitu selama 139,6 hari dan jumlah putaran 58,81 juta putaran. Bantalan yang terdapat tepat pada bagian bawah transfer chute mempunyai umur yang sangat singkat yaitu 22,62 hari beroperasi dengan jumlah putaran 9,53 juta putaran apabila konveyor mengangkut jenis batu bara antrasit hancur dan 47,24 hari beroperasi dengan jumlah putaran 19,9 juta putaran apabila konveyor mengangkut jenis batu bara bitumen hancur. Jenis – jenis kerusakan bantalan yang terjadi di PT. PELINDO II yaitu crack, pear skin, discoloratioan, wear, smearing, dan corrosion. Dari data dan hasil perhitungan yang didapat maka perlu diadakannya pengecekan secara berkala agar perawatan bisa dilakukan dengan baik sehingga peralatan mempunyai masa kerja yang cukup lama.*

*Kata kunci : Bantalan, Konveyor belt, Batu bara, Von mises stress*

## ABSTRACT

*Conveyor belt in PT. PELINDO II is a transporter of coal from land to ships carrying coal. In part there is a conveyor idler belt that serves as a buffer. There idler bearings on the idler shaft serves to rivet so that the idler shaft to spin without experiencing excessive friction. Bearing on the idler bearings often fail, especially on sloping section and at the bottom of the transfer chute. Besides coal transportation factor is also one of the causes of bearing failure. Coal is transported by conveyor belt to PT. PELINDO II there are two types of bituminous coals and anthracite destroyed. From the simulation results shown that the bearing on the slant has a maximum value of von mises stress is 258.05 MPa for loading the crushed bituminous coals, 340.09 MPa for loading the crushed anthracite coal, 528.26 MPa for the exposed pads impact loads by crushed bituminous coals, 692.28 MPa for load bearing affected by the impact crushed anthracite coal. From the age calculations are performed, bearing age that transports crushed bituminous coals is 278.81 days with a service life of 21 hours per day and produced 117.44 million round round. While bearing age that transports crushed anthracite coal which is for 139.6 days and the number of revolutions of 58.81 million round. Pads located on the bottom right of transfer chute has a very short life of 22.62 days which operates with a number of rounds of 9.53 million round when the conveyor transports crushed anthracite coal types and 47.24 days in operation by the number of round 19.9 million round if the conveyor transports crushed bituminous coal types. The type of bearing damage that occurs in the PT. PELINDO II is crack, pear skin, discoloratioan, wear, smearing, and corrosion. Of data and calculation results are obtained it is necessary that the holding of periodic maintenance checks can be done so that the equipment has a long service life.*

*Keywords : Bearing , Belt Conveyors , Coal , von Mises stress*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Analisa kegagalan ialah suatu komponen yang mengalami kegagalan yang disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja suatu alat ( Abrianto, 2008 ). Dalam dunia industri komponen – komponen alat pastilah mengalami suatu kegagalan, baik itu karena umur masa pakai alat yang habis, komponen tersebut sudah tidak berfungsi sama sekali, komponen tersebut berfungsi tapi membahayakan ataupun karena sebab – sebab lainnya. Kegagalan yang terjadi pada komponen – komponen mesin itu sangat merugikan bagi suatu industri apabila komponen mesin yang mengalami kegagalan merupakan komponen mesin yang sangat penting bagi industri itu sendiri. Dalam suatu komponen mesin itu sendiri banyak terdapat elemen – elemen mesin, seperti poros, roda gigi, engkol, bantalan dan elemen lainnya.

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. bantalan banyak sekali ditemukan di dalam komponen – komponen mesin karena fungsi dari bantalan ini sangat vital untuk mengurangi gesekan yang terjadi pada mesin.

Bantalan juga mengalami kegagalan. Kegagalan yang terjadi pada bantalan memiliki sebab yang bermacam – macam, mulai dari pembebanan yang berlebih, getaran yang dialami oleh bantalan, beban impact yang diterima oleh bantalan, pelumasan yang tidak baik maupun kontaminasi dari benda – benda atau zat – zat asing yang memasuki bantalan. Di PT. PELINDO II sering ditemukannya bantalan yang mengalami kegagalan yaitu pada bagian bawah *transfer chute* dan pada *idler* bagian miring. Untuk mengetahui penyebab – penyebab mengapa hal itu bisa terjadi, maka diadakan penelitian lebih terhadap bantalan dan melakukan

simulasi untuk mendapatkan data yang akurat mengenai kegagalan yang terjadi pada bantalan tersebut.

## **1.2 Tujuan**

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh jenis batubara terhadap kinerja bantalan.
2. Menganalisa umur bantalan pada conveyor belt di PT. PELINDO II
3. Menganalisa penyebab bantalan pada *carrier idler* bagian miring sering mengalami kerusakan.
4. Menganalisa penyebab cepat rusaknya bantalan pada bagian bawah *transfer chute*.
5. Menganalisa kekuatan struktur rangka *carrier stand*.
6. Menganalisa jenis – jenis kerusakan yang terjadi pada bantalan.

## **1.3 Manfaat**

Adapun manfaat yang didapat dari hasil penelitian ini adalah mengetahui penyebab kegagalan yang terjadi pada bantalan, mengetahui umur bantalan yang ada pada *conveyor belt* di PT. PELINDO II, kemudian mengetahui penyebab bantalan pada *carrier idler* bagian miring sering mengalami kerusakan, selanjutnya untuk mengetahui penyebab mengapa bantalan pada bagian bawah *transfer chute* memiliki umur yang lebih singkat dibandingkan umur bantalan pada bagian lainnya. Selain itu penelitian ini juga bermanfaat untuk mengetahui kekuatan struktur rangka dari *carrier stand* jenis – jenis kerusakan yang dialami bantalan dan penyebabnya, serta cara penanggulangannya. Penulis juga berharap penelitian ini menjadi referensi bagi peneliti yang akan melakukan penelitian lanjutan dengan tema yang sama.

## **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini hanya akan membahas mengenai jenis – jenis kerusakan pada bantalan dan penyebab kegagalan yang terjadi pada bantalan SKF 6005. Pada penelitian ini juga penulis membuat pemodelan dengan menggunakan *inventor professional 2013* dan *ansys workbench 14*. Untuk simulasi penulis

menggunakan *ansys workbench 14* untuk mengetahui penyebab kegagalan yang terjadi pada bantalan.

### **1.5 Metode Penelitian**

Pengumpulan data – data penelitian mengenai bantalan ini berdasarkan pada :

1. Metode studi lapangan

Metode ini dilakukan dengan melakukan kunjungan langsung dan melihat mekanisme kerjanya pada saat alat sedang bekerja.

2. Metode studi literatur

Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data yang ada pada referensi yang dimiliki oleh PT. Pelabuhan Indonesia II ( Persero ) dan mengamati langsung dilapangan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan ini disusun berdasarkan sistematika yang disajikan dalam 5 bab yang saling berhubungan. BAB 1 Pendahuluan, bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah, metode penelitian, serta sistematika penulisan. BAB II Landasan Teori, bab ini berisikan tentang dasar teori mengenai bantalan, jenis – jenis bantalan, analisa kegagalan, mekanisme kegagalan, serta perhitungan umur bantalan. BAB III Metodologi, bab ini menjelaskan mengenai diagram alir dari penelitian, penjelasan mengenai penyelesaian masalah dengan metode elemen hingga, serta menjelaskan mengenai alat dan bahan yang digunakan sewaktu melakukan penelitian. BAB IV Analisa dan Pembahasan, bab ini menjelaskan mengenai hasil pemodelan spesimen, simulasi perancangan, analisa teoritik, jenis – jenis kerusakan yang terjadi pada bantalan dan pembahasan. BAB V Kesimpulan dan Saran, bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan berisi saran untuk kedepannya agar penelitian ini dapat bermanfaat.

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Bantalan**

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan.



**Gambar 2.1 Bantalan**

Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung. Bantalan dapat diklasifikasikan berdasarkan gerakan yang diizinkan oleh desain bantalan itu sendiri, berdasarkan prinsip kerjanya dan juga berdasarkan gaya atau jenis beban yang dapat ditahan oleh bantalan. Berikut macam – macam bantalan bila dilihat dari berbagai aspek :

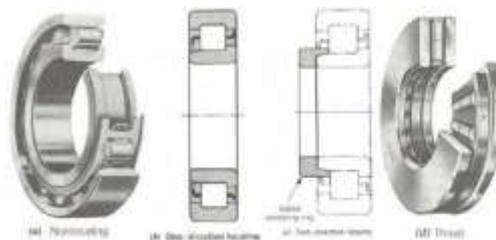
1. Berdasarkan gesekan yang terjadi pada bantalan, maka bantalan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :
  - A. Bantalan yang tidak menimbulkan gesekan
  - B. Bantalan yang menimbulkan gesekan
2. Berdasarkan beban yang ditahan oleh bantalan, maka bantalan dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :
  - A. Bantalan luncur
  - B. Bantalan poros
  - C. Bantalan aksial



## B. Bantalan gelinding

Bantalan gelinding menggunakan *roller* yang lurus, tirus atau berkontur yang dipasang diantara dua buah cincin. Secara umum, bantalan gelinding dapat menahan beban statik dan dinamik yang lebih besar daripada bantalan bola hal ini disebabkan oleh kontaknya yang lebih besar. Selain itu bantalan gelinding ini juga lebih murah daripada bantalan bola untuk ukuran dan beban yang besar. Biasanya bantalan gelinding hanya dapat menahan beban dalam satu arah saja baik secara radial maupun aksial, kecuali bila *roller*-nya tirus atau berkontur. Secara garis besar, bantalan gelinding dapat dibagi atas 4 jenis, yaitu :

### 1. Bantalan gelinding silindris



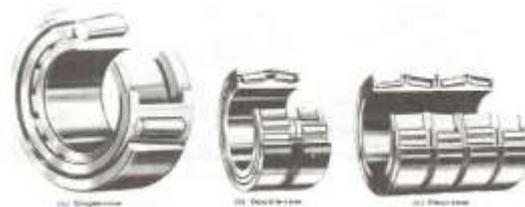
**Gambar 2.4** Bantalan gelinding silindris ( Masmukti, 2011 )

### 2. Bantalan gelinding sperik



**Gambar 2.5** Bantalan gelinding sperik ( Masmukti, 2011 )

### 3. Bantalan gelinding tirus



**Gambar 2.6** Bantalan gelinding tirus ( Masmukti, 2011 )

#### 4. Bantalan gelinding jarum



**Gambar 2.7** Bantalan gelinding jarum ( Masmukti, 2011 )

Bantalan bola dan bantalan gelinding juga mempunyai jenis yang khusus dibuat untuk menahan beban aksial murni. Namun bantalan gelinding aksial silindris akan mengalami gesekan yang lebih besar daripada bantalan bola aksial akibat *sliding* antara *roller* dengan cincin. Oleh karena itu biasanya bantalan gelinding aksial ini tidak boleh digunakan untuk kecepatan tinggi. ( Masmukti, 2011 )

##### 2.1.2 Bantalan Yang Menimbulkan Gesekan

Bantalan yang menimbulkan gesekan adalah jenis bantalan yang dapat menimbulkan gesekan. pada bantalan ini terjadi gesekan antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Bantalan mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan memerlukan momen awal yang lebih besar. Contoh dari bantalan yang menimbulkan gesekan adalah bantalan *bush* dan bantalan biasa.



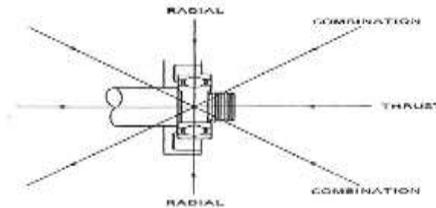
**Gambar 2.8** Bantalan *bush* ( SKF, 2014)



**Gambar 2.9** Bantalan luncur ( SKF, 2014)

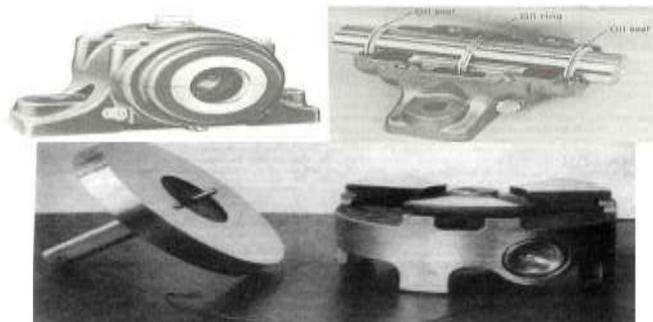
### 2.1.3 Bantalan Luncur dan Bantalan Aksial

Bantalan luncur adalah bantalan yang didesain untuk menahan beban yang tegak lurus terhadap sumbu *shaft* horisontal. Bantalan aksial adalah bantalan yang didesain untuk menahan beban horisontal yang paralel dengan sumbu poros horisontal.



**Gambar 2.10** Arah pembebanan bantalan luncur dan bantalan aksial ( Masmukti, 2011 )

Dari gambar diatas kita bisa melihat arah pembebanan dari bantalan luncur dan bantalan aksial. Bantalan luncur mendapat pembebanan dari atas dan menekan ke bawah sedangkan bantalan aksial ini mendapat pembebanan dari bawah keatas. ( Masmukti, 2011 )

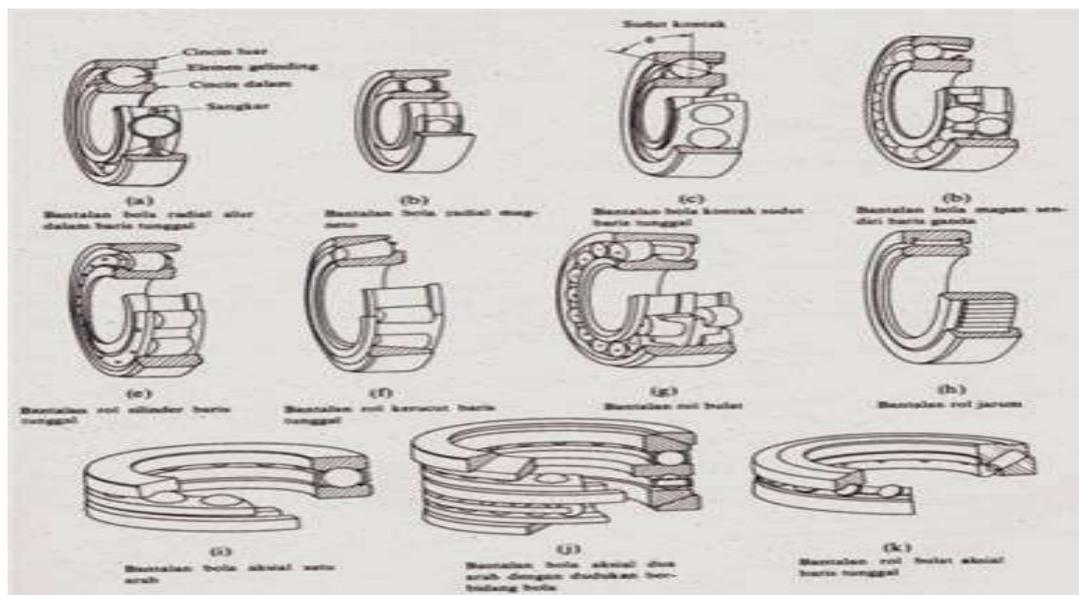


**Gambar 2.11** Bantalan luncur dan bantalan aksial ( Masmukti, 2011 )

### 2.1.4 Jenis – Jenis Bantalan Gelinding

Bantalan gelinding mempunyai banyak keuntungan yang ditimbulkan dari gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Elemen gelinding seperti bola atau rol, dipasang diantara cincin luar dan cincin dalam. Dengan memutar salah satu cincin tersebut, bola atau rol akan membuat gerakan gelinding sehingga gesekan yang ada diantaranya akan jauh lebih kecil. Untuk bola atau rol, ketelitian harus tinggi dalam bentuk dan ukuran yang mana itu merupakan suatu keharusan atau kewajiban. Karena luas bidang kontak antara bola dan rol dengan cincinnya sangat kecil maka besarnya beban per satuan luas atau tekanannya menjadi sangat tinggi. Dengan demikian bahan yang harus dipakai harus mempunyai ketahanan serta kekerasan yang tinggi. ( Sularso, 1978 )

Bantalan gelinding seperti pada bantalan luncur dapat diklasifikasikan atas bantalan radial, yang terutama membawa beban radial dan sedikit beban aksial dan bantalan aksial yang membawa beban yang sejajar sumbu poros. Menurut bentuk elemen gelindingnya, dapat pula dibagi atas bantalan bola dan bantalan rol. Demikian pula dapat dibedakan menurut banyaknya baris dan konstruksi dalamnya. Bantalan yang cincin dalam dan cincin luarnya dapat saling dipisahkan disebut macam pisah. ( Sularso, 1978 )



Gambar 2.12 Jenis – jenis bantalan gelinding ( Sularso, 1978 )

Menurut diameter luar dan diameter dalamnya, bantalan gelinding dapat dibagi atas :

1. Diameter luar lebih dari 800 mm ( ultra besar )
2. Diameter luar 180 – 800 mm ( besar )
3. Diameter luar 80 – 180 mm ( sedang )
4. Diameter dalam 10 mm atau lebih ( kecil )
5. Diameter luar sampai 80 mm
6. Diameter luar kurang dari 10 mm ( diameter kecil )
7. Diameter luar 9 mm atau lebih
8. Diameter luar kurang dari 9 m ( miniatur )

Menurut pemakaiannya dapat digolongkan atas bantalan otomobil, bantalan mesin, dan bantalan instrumen. Bantalan gelinding biasa terdapat dalam ukuran metris dan inch dan distandarkan menurut ISO dengan nomor kode internasional menurut ukurannya. Namun demikian perlu diketahui bahwa bantalan otomobil dapat mempunyai ukuran khusus sesuai pemakaiannya. ( Sularso, 1978 )

## **2.2 Analisa Kegagalan**

Suatu komponen dikatakan mengalami kegagalan apabila komponen tersebut tidak memenuhi umur pakai yang telah direncanakan, atau :

- a. Komponen tersebut sudah tidak berfungsi sama sekali.
- b. Masih berfungsi tetapi membahayakan.
- c. Masih berfungsi tetapi tidak optimal ( prestasi peralatan tidak sebagaimana mestinya atau bila komponen tersebut tidak dapat berfungsi seperti yang dirancang ).
- d. Masih berfungsi tetapi umurnya sudah terbatas ( terdapat retakan atau cacat permukaan lainnya ).

Analisa kegagalan logam dapat didefinisikan sebagai langkah-langkah pemeriksaan atas komponen yang mengalami kegagalan dan keadaan kegagalannya untuk dicari penyebabnya dan cara penanggulangannya. Analisa kegagalan ini memerlukan pemahaman tentang berbagai aspek seperti :

1. Fungsi komponen sebagai bagian dari suatu sistem peralatan.
2. Kondisi operasi dan gejala yang teramati menjelang terjadinya kegagalan.

Pengumpulan data material komponen serta proses pengerjaannya akan banyak membantu dalam menemukan penyebab kegagalan. Sampel yang diambil sedapat mungkin bisa memberikan gambaran mengenai peristiwa kegagalan. Oleh karena itu lokasi pengambilan harus tepat, serta keadaannya harus sebaik mungkin. ( Abrianto akuan, 2008 ).

### 2.2.1 Standar Acuan Untuk Analisa Kegagalan

Dalam metodologi analisa kegagalan suatu komponen, diberikan kode - kode tersendiri berdasarkan jenis kegagalan yang dialami oleh komponen tersebut. Hal ini merupakan cara untuk mengetahui penyebab kegagalan suatu komponen dengan melihat standar ANSI / API 689 yang menjelaskan tentang pengelompokan kegagalan yang terjadi sesuai dengan aspek-aspek penyebabnya. ( Abrianto, 2008 )

### 2.2.2 Mekanisme Kegagalan (ANSI/API 689)

Menurut standar ANSI / API 689 mekanisme kegagalan suatu komponen dapat dikategorikan berdasarkan beberapa penyebab, yaitu:

1. Mekanik
2. Material
3. Peralatan
4. Listrik
5. Pengaruh dari luar
6. Lainnya

Semua faktor-faktor penyebab kegagalan tersebut dicantumkan ke dalam tabel di bawah ini :

**Tabel 2.1** Mekanisme kegagalan menurut standar ANSI / API 689

<b>Mekanik</b>		
<b>Kode</b>	<b>Notasi</b>	<b>Uraian</b>
1.0	Umum	Kegagalan berhubungan dengan cacat mesin tetapi tidak diketahui secara jelas
1.1	Kebocoran ( pecah pada pipa )	Kebocoran bagian dalam dan luar baik cair ataupun gas, jika kegagalan dalam tingkat ini

		disebut “bocor”, lebih cocok digolongkan dalam kegagalan teknik.
1.2	Getaran	Getaran tidak normal : jika kegagalan dalam tingkat getaran, dimana lebih cocok digolongkan pada kegagalan, mekanis, penyebab kegagalan ( <i>root cause</i> ) harus dicatat.
1.3	Kegagalan perakitan / pemasangan	Kegagalan disebabkan oleh kesalahan perakitan/pemasangan.
1.4	Deformasi	<i>Distortion, bending, buckling, denting, yielding, shrinking, blistering, creeping, etc.</i>
1.5	Hilang	Tidak sesuai, kehilangan item
1.6	Pelapisan	Pelapisan, <i>seizure</i> , gangguan yang disebabkan oleh deformasi atau kegagalan perakitan / pemasangan

<b>Material</b>		
2.0	Umum	Kegagalan berhubungan dengan cacat material tetapi tidak diketahui secara jelas.
2.1	Kavitasi ( celah )	Cocok untuk peralatan seperti pompa dan katup ( <i>valves</i> )
2.2	Korosi	Semua jenis korosi, baik basah ( elektrokimia ) dan kering ( kimia )
2.3	Erosi	Aus erosi
2.4	Aus	Keausan abrasi dan adhesi, seperti <i>scoring, galling, scuffing, fretting</i>
2.5	Patah	Patah, putus, retak
2.6	Fatik ( lelah )	Gunakan kode ini Jika penyebab patah disebabkan oleh fatik
2.7	Kelebihan panas ( <i>Overheating</i> )	kerusakan material disebabkan karena kelebihan panas / terbakar
2.8	Meledak ( pecah )	Komponen yang meledak, ledakan, ledakan besar, <i>imploded, etc.</i>

<b>Peralatan</b>		
3.0	Umum	Komponen yang meledak, ledakan, ledakan besar, <i>imploded, etc.</i>
3.1	Kegagalan kontrol	Tidak ada atau kesalahan alam peraturan
3.2	Tidak ada Tanda / indikasi / alarm	Tidak ada tanda / indikasi / alarm ketika terjadi
3.3	Kesalahan tanda / indikasi / alarm	Kesalahan Tanda / indikasi / alarm dalam kenyataan. Dapat berupa tanda palsu, sebentar - sebentar, konslet, berubah-ubah.
3.4	Kesalahan perbaikan	Kesalahan kalibrasi, salah parameter
3.5	Kegagalan perangkat lunak	Kesalahan, atau tidak adanya Kontrol / monitor / operasi yang menyebabkan kegagalan perangkat lunak

3.6	Penyebab umum / jenis kegagalan	Beberapa penyebab kegagalan simultan seperti: deteksi api, dan gas, juga penyebab kegagalan berhubungan pada penyebab umum
-----	---------------------------------	--

<b>Listrik</b>		
4.0	Umum	Beberapa penyebab kegagalan simultan seperti: deteksi api, dan gas, juga penyebab kegagalan berhubungan pada penyebab umum
4.1	Arus pendek	Arus pendek
4.2	Arus terbuka	Tidak nyambung, gangguan, kerusakan kawat / kabel
4.3	Tidak ada arus / tegangan	Kehilangan atau tidak ada arus
4.4	Kesalahan arus / tegangan	Kesalahan arus listrik seperti: kelebihan Tegangan
4.5	Kesalahan isolator	Kesalahn isolator, rendahnya tahanan listrik

<b>Pengaruh Luar</b>		
5.0	Umum	Kegagalan disebabkan oleh beberapa faktor luar tetapi tidak secara jelas
5.1	Rintangan / hambatan	Kegagalan disebabkan oleh beberapa faktor luar tetapi tidak secara jelas
5.2	Kontaminasi	Fluida yang terkontaminasi / gas / permukaan seperti: pelumas oli yang terkontaminasi, gas yang terkontaminasi
5.3	Macam-macam pengaruh dari luar	Pengaruh sistem tetangga dalam bentuk seperti: benda asing, dll.

<b>Beberapa macam</b>		
6.0	Umum	Pengaruh sistem tetangga dalam bentuk seperti: benda asing, dll.
6.1	Tidak ada penyebab yang ditemukan	Pengaruh sistem tetangga dalam bentuk seperti: benda asing, dll.
6.2	Berbagai macam penyebab	Beberapa penyebab jika terdapat satu penyebab kegagalan yang dominant harus diberi tanda
6.3	Lain – lain	Tidak ada tanda aplikasi : gunakan tanda beda
6.4	Tidak diketahui	Tidak ada informasi yang diketahui

Sumber : Abrianto ( 2008 )

### 2.2.3 Penyebab Kegagalan ( ANSI / API 689 )

Menurut standar ANSI / API 689 penyebab kegagalan suatu komponen dapat disebabkan oleh salah satu atau lebih dari aspek dibawah ini :

1. Aspek *design*
2. Aspek pabrik / instalasi ( pemasangan )
3. Aspek pengoperasian / perawatan
4. Aspek manajemen
5. Aspek lainnya

Menurut aspek diatas diberikan kodefikasi berdasarkan notasi dan deskripsi kegagalan yang terjadi seperti yang terdapat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.2** Penyebab kegagalan menurut standard ANSI / API 689.

<b>Design</b>		
<b>Kode</b>	<b>Notasi</b>	<b>Uraian</b>
1.0	Umum	kekurangan peralatan pada saat perancangan ( bentuk, ukuran, teknologi, susunan, operasi, perawatan dan lain-lain. ) tetapi tidak secara jelas
1.1	Kesalahan kapasitas	Kekurangan dimensi / kapasitas
1.2	Kesalahan material	Kesalahan pemilihan material

<b>Pabrik / instalasi</b>		
2.0	Umum	Kegagalan berhubungan pada pabrik atau instalasi, tetapi tidak secara jelas.
2.1	Kesalahan pabrik	Kegagalan proses produksi
2.2	Kesalahan instalasi	Kegagalan instalasi atau perakitan ( perakitan setelah perawatan tidak termasuk )

<b>Operasi / perawatan</b>		
3.0	Umum	Kegagalan berhubungan pada operasi / pemakaian atau perawatan peralatan tetapi tidak secara jelas
3.1	Kesalahan pada saat sebelum digunakan	Kondisi pemakaian yang tidak cocok seperti: pengoperasian kompresor yang berlebihan, tekanan melebihi batas ketentuan.
3.2	Kesalahan operasi	Kesalahan, kesalahan penggunaan, kelalaian, tidak teliti, dan lain sebagainya selama operasi
3.3	Kesalahan perawatan	Kesalahan, kesalahan penggunaan, kelalaian, tidak teliti, dan lain sebagainya selama perawatan
3.4	Aus dan sobek	Kegagalan disebabkan oleh aus dan sobek yang dihasilkan dari pengoperasian mesin yang beroperasi secara normal

<b>Manajemen</b>		
4.0	Umum	Kegagalan berhubungan dengan manajemen, tetapi tidak secara jelas
4.1	Kesalahan dokumen	Kegagalan berhubungan pada prosedur, spesifikasi, gambar, laporan dan lain-lain.
4.2	Kesalahan manajemen	Kegagalan berhubungan dengan perencanaan, organisasi, kualitas asuransi dan lain-lain.

<b>Beberapa macam</b>		
5.0	Umum	Kesalahan / penyebab lebih dari satu kategori
5.1	Tidak diketahui penyebabnya	Pencarian kegagalan tetapi tidak diketahui secara spesifik penyebabnya
5.2	Penyebab umum	Mode / penyebab umum
5.3	Penyebab gabungan	Beberapa penyebab yang berpengaruh, jika salah satu penyebab dominan, penyebab tersebut harus digaris bawahi
5.4	Lain – lain	Penyebab tidak ada dalam aplikasi
5.5	Tidak diketahui	Tidak adanya informasi yang berhubungan dengan kegagalan

Sumber : Abrianto ( 2008 )

### **2.3 Jenis Kerusakan dan Penyebab Kerusakan Pada Bantalan**

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. tetapi pada kenyataannya bantalan sering mengalami kegagalan, hal ini disebabkan karena bantalan sering mengalami pembebanan berlebih, pelumasan yang tidak baik dan berbagai penyebab lainnya. di bawah ini akan dijelaskan mengenai jenis – jenis kerusakan yang dialami oleh bantalan.

#### *A. Flaking*

*Flaking* ( pengelupasan ) merupakan kegagalan yang dialami bantalan yang disebabkan oleh beban aksial yang berlebih, pada saat pemasangan bantalan cenderung tidak pas pada poros, kontaminasi dari benda – benda asing yang merupakan tahap awal terjadinya pengelupasan ( *flaking* ). Kegagalan yang dialami oleh bantalan berupa pengelupasan sebagian pada *thrust bearing*, pengelupasan terjadi pada bagian – bagian tertentu, pengelupasan secara simetris

di setiap sisi dan pengelupasan di satu sisi atau pengelupasan yang berbentuk garis – garis miring di permukaan lintasan pada cincin bantalan di sisi yang sama. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.13** *Flaking* ( *SKF, 1994* )

#### B. *Scratches* dan *Scuffing* ( goresan dan lecet )

*Scratches* dan *scuffing* merupakan kegagalan yang disebabkan oleh pembebanan aksial yang berlebih serta pelumasan yang tidak baik, viskositas pelumas yang terlalu tinggi, akselerasi yang terlalu tinggi ketika memulai, gesekan pada elemen gelinding yang disebabkan beban sentrifugal selama melakukan rotasi. Kegagalan pada *scratches* dan *scuffing* ini berupa lecet pada permukaan akhir bantalan dan permukaan bingkai bantalan serta goresan di permukaan lintasan bantalan. ( *Koyo, 2013* )



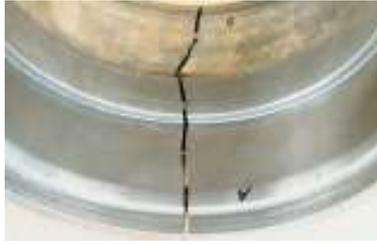
**Gambar 2.14** *Scuffing* ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.15** *Scratches* ( *Koyo, 2013* )

#### C. *Cracks* dan *Chips* ( retak dan pecah )

*Cracks* dan *chips* merupakan kegagalan yang disebabkan oleh pembebanan yang terlalu berat, memberikan pelumasan dengan metode yang tidak tepat, kecepatan yang terlalu tinggi saat operasi, dampak getaran yang terlalu kuat, dan lain – lainnya. Kegagalan pada *cracks* dan *chips* ini berupa retak dan pecah pada elemen gelinding, retak dan pecah pada bagian dalam dan luar cincin bantalan, retak dan pecah pada bagian bingkai bantalan. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.16** *Crack* ( Koyo, 2013 )



**Gambar 2.17** *Chips* ( Koyo, 2013 )

#### D. *Wear* ( Keausan )

*Wear* ( keausan ) merupakan kegagalan yang terjadi pada bantalan yang disebabkan oleh kekurangan pelumas, pelumasan yang tidak baik dan kontaminasi dari benda – benda asing. Kegagalan yang ditimbulkan dari *wear* ini berupa keausan pada bagian dalam dan luar cincin bantalan serta keausan pada *cage* ( sangkar ) bantalan. ( Koyo, 2013 )



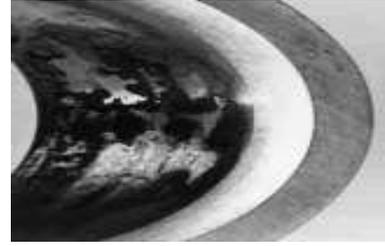
**Gambar 2.18** *Wear* ( SKF, 1994 )

#### E. *Rust* dan *Corrosion* ( karat dan korosi )

*Rust* dan *corrosion* merupakan kegagalan yang terjadi pada bantalan yang disebabkan oleh lembabnya bantalan, masuknya air ke dalam bantalan dan pelumasan yang tidak baik serta Korosi terjadi ketika sulfur atau senyawa klorin terkandung dalam aditif pelumas terurai di bawah suhu tinggi. Kegagalan yang timbul dari *rust* dan *corrosion* ini yaitu karat pada permukaan cincin bagian dalam dan luar serta seluruh permukaan bantalan. ( Koyo, 2013 )



**Gambar 2.19** *Rust* ( Koyo, 2003 )



**Gambar 2.20** *Corrosion* ( SKF, 1994 )

F. *Pear skin* dan *Discoloration* ( warna kulit pir dan perubahan warna )

*Pear skin* dan *discoloration* merupakan kegagalan selanjutnya yang terjadi pada bantalan. *Pear skin* disebabkan oleh kontaminasi dari bahan – bahan asing dan kurangnya pelumas yang diterima oleh bantalan sedangkan *discoloration* disebabkan oleh rusaknya pelumas dan melekatnya warna pelumas pada permukaan bantalan. kegagalan yang dapat terlihat dari *pear skin* dan *discoloration* ini ialah perubahan warna pada permukaan bantalan yang disebabkan oleh panas yang dihasilkan selama beroperasi. Perubahan warna coklat pada permukaan bantalan gelinding disebabkan oleh melekatnya bubuk asam yang dihasilkan oleh goresan selama operasi. ( Koyo, 2013 )



**Gambar 2.21** *Pear skin* ( Koyo, 2013 )



**Gambar 2.22** *Discoloration* ( Koyo, 2013 )

G. *Brinelling* dan *nicks*

*Brinelling* adalah kegagalan yang disebabkan oleh beban yang terlalu berat yang diterima oleh bantalan, benda – benda padat yang masuk dan terjebak dalam bantalan, sedangkan *nicks* disebabkan karena bantalan mengalami kerusakan pada saat pemasangan dan kesalahan pada saat menangani bantalan. fenomena kegagalan yang dialami oleh bantalan ketika terkena *brinelling* adalah terjadinya depresi pada bagian permukaan lintasan yang disebabkan bersentuhan langsung dengan elemen gelinding dan juga dikarenakan deformasi plastis, *brinelling*

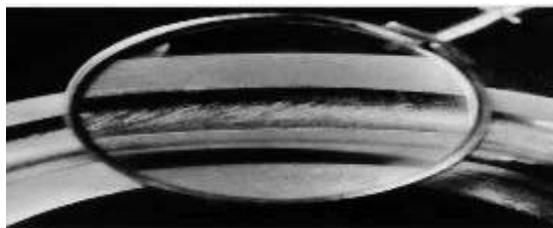
merupakan lekukan yang kecil yang terdapat pada permukaan bantalan yang disebabkan oleh kontaminasi benda benda asing yang padat. Sedangkan fenomena bantalan yang terkena *nicks* adalah cacat yang disebabkan oleh dampak langsung yang diterima saat bantalan terkena palu atau benda padat lainnya. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.23** *Brinelling* ( *Technical Information, 2013* )

#### H. *Smearing*

*Smearing* adalah kegagalan yang dialami oleh bantalan yang disebabkan *oil film* menghilang karena elemen roll berhenti berputar yang disebabkan oleh penggunaan yang tidak tepat atau karena pelumasan yang tidak tepat, bantalan beroperasi di bawah berat beban aksial dan dengan pelumas yang kurang, kecepatan roller masuk ke dalam zona muat, putaran yang cepat dengan beban yang terlalu ringan. Fenomena yang terjadi pada bantalan akibat *smearing* ini ialah melelehnya sebagian permukaan oleh suhu panas yang tinggi yang diakibatkan oleh gesekan dan pada beberapa bagian permukaan menjadi rusak dengan kekasaran yang signifikan pada permukaan bantalan. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.24** *Smearing* ( *SKF, 1994* )

#### I. *Creep*

*Creep* terjadi karena gangguan – gangguan kecil yang berhubungan dengan panas atau pembebanan yang dihasilkan selama operasi. Fenomena yang

terjadi pada bantalan akibat *creep* ialah perpindahan sebuah cincin bantalan selama operasi, relatif terhadap poros atau rumah bantalan. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.25** *Creep* ( *Koyo, 2013* )

#### J. *Electric Pitting* ( lubang listrik )

*Electric pitting* merupakan kegagalan yang terjadi pada bantalan yang disebabkan karena melelehnya sebagian permukaan bantalan yang diakibatkan arus listrik yang melewati bantalan. fenomena yang terjadi pada bantalan akibat *electric pitting* ini adalah permukaan bantalan timbul lubang – lubang kecil yang seperti kawah ketika diamati oleh kaca pembesar dan menunjukkan bahwa permukaan bantalan telah mencair oleh percikan api. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.26** *Electric pitting* ( *Koyo, 2013* )

#### K. *Seizure*

*Seizure* merupakan kegagalan yang dialami oleh bantalan yang disebabkan oleh panas yang tidak normal yang dihasilkan oleh pelumasan yang tidak baik, beban yang berlebihan, hubungan yang tidak tepat antara elemen gelinding dengan jalur lintasannya yang tidak dapat dikompensasi dengan metode pendinginan atau pelumasan yang bekerja di bantalan. fenomena yang terjadi pada bantalan akibat *seizure* yakni bantalan tidak bisa digunakan lagi karena kekerasannya telah menurun. ( *Koyo, 2013* )



**Gambar 2.27** *Seizure* ( Koyo, 2013 )

#### L. *Failure of Cage*

*Failure of cage* merupakan kegagalan yang dialami bantalan yang terjadi karena beberapa sebab. *Cage* itu sendiri merupakan kandang bagi bola – bola bantalan atau silinder – silinder yang ada pada bantalan. Penyebab *failure of cage* ini adalah :

1. *Cracks* dan *Chip*
2. *Flaw* dan *Distortion*
3. *Wear*
4. *Rust* dan *Corrosion*
5. *Looseness* and *Cut-Off of Rivet*

Fenomena yang terjadi pada bantalan akibat *failure of cage* ini ditentukan oleh penyebabnya misalkan fenomena yang disebabkan oleh *cracks* dan *chips* yang mana fenomena yang timbul berupa rusaknya bantalan akibat pembebanan yang terlalu berat padahal bantalan telah mengalami keretakan. Kemudian fenomena yang terjadi pada *rust* dan *corrosion* yang mana jika ditemukannya karat dan korosi pada *cage* ( sangkar ) maka dapat diasumsikan itu juga akan terjadi pada cincin bantalan dan elemen gelinding pada bantalan. ( Koyo, 2013 )



**Gambar 2.28** *Failure of cage* ( Koyo, 2013 )

## 2.4 Perhitungan Beban

### A. Perhitungan beban ekuivalen

Suatu beban yang besarnya sedemikian rupa hingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran sebenarnya disebut beban ekuivalen dinamis. Jika suatu deformasi permanen maksimum yang terjadi karena kondisi beban statis yang sebenarnya pada bagian dimana elemen gelinding membuat kontak dengan cincin pada tegangan maksimum, maka beban yang menimbulkan deformasi tersebut dinamakan beban ekuivalen statis.

Misalkan sebuah bantalan membawa beban radial  $F_r$  ( kg ) dan beban aksial  $F_a$  ( kg ) maka beban ekuivalen dinamis  $P_r$  ( kg ) adalah sebagai berikut :

Untuk bantalan radial ( kecuali bantalan rol silinder )

$$P_r = XV F_r + Y F_a \dots\dots\dots 2.1$$

Untuk bantalan aksial, beban aksial ekuivalen dinamis  $p_a$  ( kg )

$$P_a = X F_r + Y F_a \dots\dots\dots 2.2$$

**Tabel 2.3** Faktor – faktor V, X, Y, dan  $X_o$ ,  $Y_o$ .....( Sularso, 1978 )

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

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

### B. Perhitungan umur bantalan dengan keandalan 90%

Untuk menghitung umur bantalan dengan keandalan 90% menggunakan rumus :

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p \dots\dots\dots 2,3$$

Dimana :

- $L_{10}$  = Umur bantalan dengan keandalan 90%
- $C$  = *Basic load system* ( kN )
- $P$  = Beban ekuivalen dinamis ( kN )
- $p$  = Konstanta untuk bantalan bola (  $p = 3$  )  
Untuk bantalan rol  $p = \frac{10}{3}$

Sedangkan persamaan yang dipakai untuk menghitung umur bantalan akibat pengaruh suhu adalah :

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} L_{10} \dots\dots\dots 2,4$$

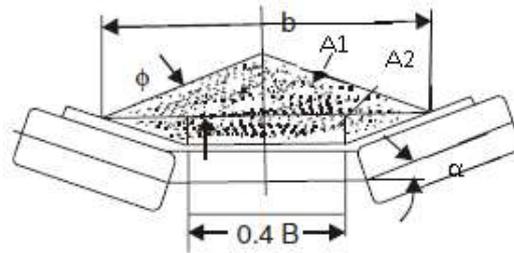
Dimana :

- $L_{10h}$  = Umur bantalan berdasarkan waktu operasi
- $L_{10}$  = Umur bantalan dengan keandalan 90%
- $n$  = Putaran motor penggerak ( rpm )

## 2.5 Perhitungan Kapasitas Konveyor

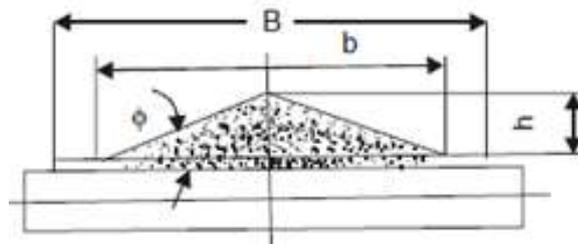
### A. Perhitungan luas penampang

Sebelum melakukan perhitungan kapasitas dari konveyor, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung luas penampang belt. Pada luas penampang ini dipengaruhi oleh lebar belt itu sendiri, sudut tumpukan material dan sudut kemiringan dari *carrier stand*.



**Gambar 2.29** Luas penampang total

Untuk menghindari tumpahan batu bara, lebar sabuk ( B ) diambil pada sedikitnya 25% dari dasar segitiga ( b ). Jadi  $b = 0.8B$ . Pada ketentuan tertentu  $b = 0.9B - 0,05$  meter untuk  $B = 2$  meter. Oleh karena itu, asumsi  $b = 0.8B$  lebih konservatif untuk  $B > 500$  mm. Dimana B adalah lebar *belt* pada kondisi terpasang. ( KP Nanang jatmiko, 2012 )



**Gambar 2.30** Luas penampang atas

$$A1 = \frac{bh}{2} = \frac{1}{2} = ( 0,8B \times 0,5 ( 0,8B ) \operatorname{tg} \theta ) = 0,16 B^2 \operatorname{tg} \theta^{\circ} \dots\dots\dots 2,5$$

Luas bagian bawah :

$$A2 = \frac{1}{2} ( 0,4B + 0,8B ) \times 0,2B \operatorname{tg} \alpha = 0,12B^2 \operatorname{tg} \alpha \dots\dots\dots 2,6$$

Jadi luas total :

$$A \text{ total} = A1 + A2 ( \text{m}^2 ) \dots\dots\dots 2,7$$

**B. Perhitungan kapasitas konveyor**

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas konveyor adalah :

$$Q = \frac{3600}{1000} \times A \times v \times \gamma \dots\dots\dots 2,8$$

Dimana :

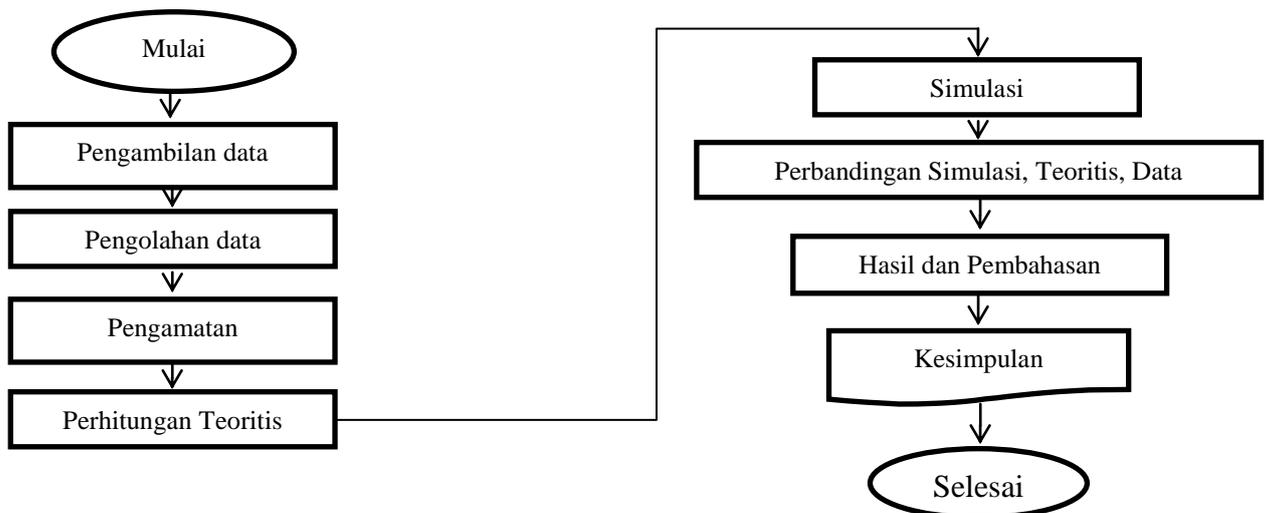
Q	=	Kapasitas konveyor ( tph )
A	=	Luas penampang ( m <sup>2</sup> )
V	=	Kecepatan konveyor ( m/s )
$\gamma$	=	Massa jenis material ( kg/m <sup>3</sup> )

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian ini membahas mengenai analisa kegagalan bantalan SKF 6005 pada *carrier idler*. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data pada bantalan *carrier* yang telah mengalami kerusakan. Setelah data diambil kemudian lakukan pengolahan data yang telah didapat tadi setelah itu lakukan pengamatan terhadap bantalan yang mengalami kerusakan untuk mengetahui jenis kerusakan apa yang terjadi pada bantalan. Dari hasil pengamatan, kemudian lakukan perhitungan secara teoritis terhadap bantalan yang rusak dengan mengambil data spesifikasi pada buku katalog bantalan tersebut. Selanjutnya melakukan simulasi dengan menggunakan *Inventor Professional 2013* dan *Ansys Workbench 14* untuk melihat fenomena apa yang terjadi pada bantalan sehingga bantalan mengalami kerusakan. Selanjutnya lakukan perbandingan dari hasil perhitungan, simulasi dan data yang didapat untuk mengetahui hasil dari penelitian yang telah dilakukan sehingga mendapatkan hasil dan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Adapun diagram alir dari metode penelitian yang digunakan dalam menganalisa kegagalan bantalan SKF 6005 dapat dilihat pada gambar 3.1



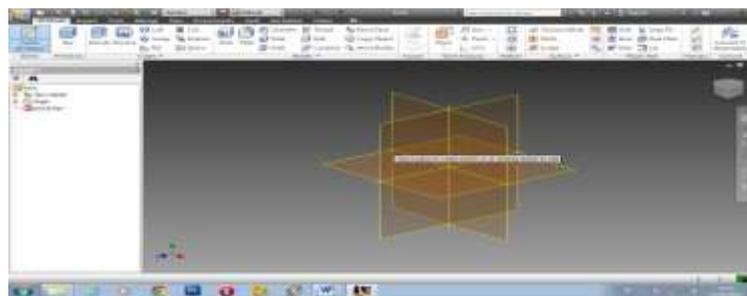
Gambar 3.1 Prosedur penelitian

### 3.2 Simulasi Autodesk Inventor 2013

Pemodelan elemen hingga pada *Autodesk Inventor* 2013 diawali dengan pemodelan spesimen yaitu bantalan SKF 6005. Spesifikasi bantalan didapat berdasarkan katalog dari SKF langsung. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Autodesk Inventor* dan dengan *Inventor Fusion*. Untuk menggambar bantalan langkah awal yang diambil yaitu mendesain bantalan menggunakan *Autodesk Inventor* dan untuk pemodelan poros menggunakan *Inventor Fusion* karena untuk menggabungkan 2 benda harus menggunakan ke dua aplikasi tersebut. Setelah selesai melakukan pemodelan, simpan hasil pemodelan yang telah didesain melalui *Inventor Fusion* ke dalam “*file.sat*” agar bisa dibuka pada *Autodesk Inventor*. Setelah disimpan, buka file tadi ke dalam *Autodesk Inventor* untuk menggabungkan ke dua spesimen yang telah dibuat. Selanjutnya lakukan simulasi agar mendapatkan data yang diinginkan.

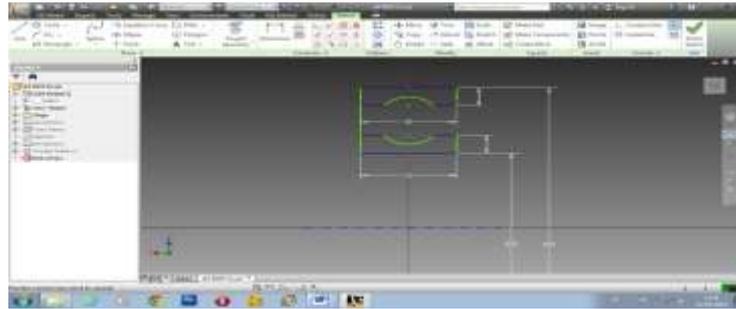
#### 3.2.1 Pemodelan Perangkat Uji

Pemodelan spesimen yang ingin diteliti dilakukan dengan menggunakan *Autodesk Inventor* 2013 dan *Inventor Fusion*. Pada *Autodesk Inventor* 2013 dibuat pemodelan spesimen bantalan SKF 6005. Awalnya buat sketsa 2 dimensi untuk membuat bantalan di *inventor*. Pilih “*plane*” pada awalnya untuk membuat pemodelan dengan dua dimensi seperti pada gambar di bawah ini.



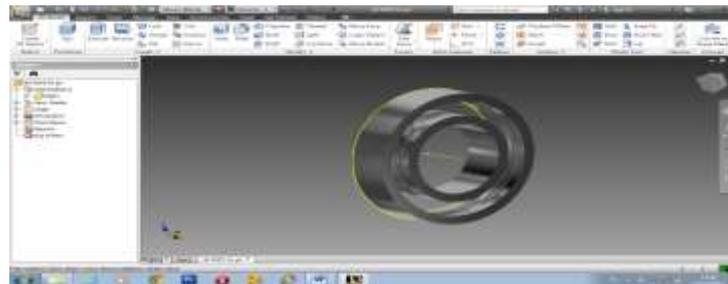
**Gambar 3.2** *Plane*

Selanjutnya membuat desain spesimen dengan mengklik “*Create 2D Sketch*” untuk membuat pemodelan. Hasil dari desain 2 dimensi yang telah dibuat terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.3** Sketsa bantalan 2D

Dari hasil pemodelan 2 dimensi diatas selanjutnya dibuat model 3 dimensinya. Untuk membuat model 3 dimensinya agar membentuk gambar bantalan yang diinginkan, klik “*revolve*” karena fungsi dari *revolve* ini adalah membuat bentuk – bentuk silindris dengan cara memutar suatu bentuk profil terhadap sumbu yang ditentukan. Setelah mengklik *revolve* maka gambar yang dihasilkan adalah sebagai berikut.



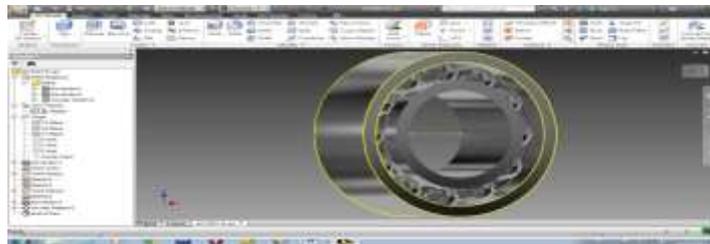
**Gambar 3.4** Sketsa bantalan yang telah di *revolve*

Dari gambar diatas bisa dilihat gambar bantalan yang diinginkan hampir selesai. Selanjutnya membuat bola – bola yang ada pada bantalan. Untuk membuat bola – bola pada bantalan klik “*slice graphics*” agar model yang dibuat tadi terbagi menjadi 2 sehingga memudahkan untuk medesain bola – bola bantalan.



**Gambar 3.5** *Slice Graphics*

Untuk membantu membuat bola – bola bantalan dibutuhkan “ *project geometry* “ agar memudahkan menemukan “ *center point*” untuk membuat lingkarannya. Setelah mendesain bola – bola bantalan, selanjutnya seperti membuat bantalan tadi klik kembali “ *revolve* “ agar bentuk 3 dimensi dari bola – bola bantalan ini terbentuk. Setelah terbentuk, langkah selanjutnya adalah menempatkan bola – bola bantalan ini melingkar memenuhi bantalan tersebut, caranya adalah klik “ *circular pattern* “ untuk membuat bola – bola bantalan ini melingkar memenuhi bantalan. Jumlah bola bantalan yang diinginkan tergantung dari spesifikasi bantalan dari katalog SKF.



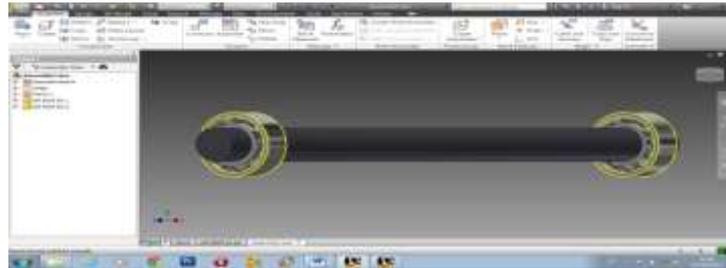
**Gambar 3.6** Pemodelan bantalan yang telah jadi

Dari gambar diatas, setelah menyelesaikan pemodelan bantalan dengan menggunakan *autodesk inventor 2013*, selanjutnya membuat poros dengan menggunakan *inventor fusion*. Untuk membuat poros pada *inventor fusion* tidak sulit, sama seperti halnya pada *autodesk inventor 2013*. Untuk membuat poros bisa langsung mengklik “ *cylinder* “ pada *plane* yang telah dipilih, kemudian tentukan ukuran panjang dan diameter poros sesuai dengan data yang didapat dari lapangan.



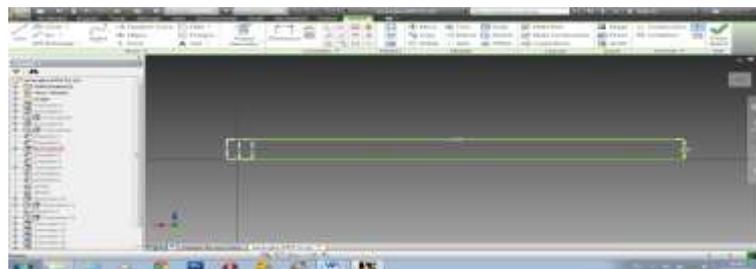
**Gambar 3.7** Poros

Untuk menggabungkan bantalan dan poros, poros yang dibuat pada *inventor fusion* disimpan dengan “*file.sat* “. Selanjutnya buka file poros tadi pada *autodesk inventor 2013*, setelah dibuka selanjutnya kita klik “*place* “ untuk membuka file bantalan yang telah dibuat untuk digabungkan dengan poros. Kemudian setelah semua gambar telah pada satu tempat, klik “*constrain* “ untuk menggabungkan bantalan dan poros.



**Gambar 3.8** Poros dan bantalan yang telah disatukan

Ketika bantalan dan poros telah selesai dikerjakan, selanjutnya desain *carrier* yang berbentuk v seperti yang terdapat pada *conveyor*. Untuk membuat *carrier* berbentuk v ini sama halnya dengan mendesain bantalan dan poros tadi hanya bedanya tidak menggunakan *inventor fusion*. Untuk membuat *carrier stand* ini pada awalnya harus mencari informasi mengenai dimensi *carrier stand* tersebut. Setelah mendapat dimensi ukuran *carrier stand*, selanjutnya membuat pemodelan pada *inventor*. Awalnya sketsa *carrier stand* ini dalam bentuk 2 dimensi.



**Gambar 3.9** Sketsa 2D *carrier stand*

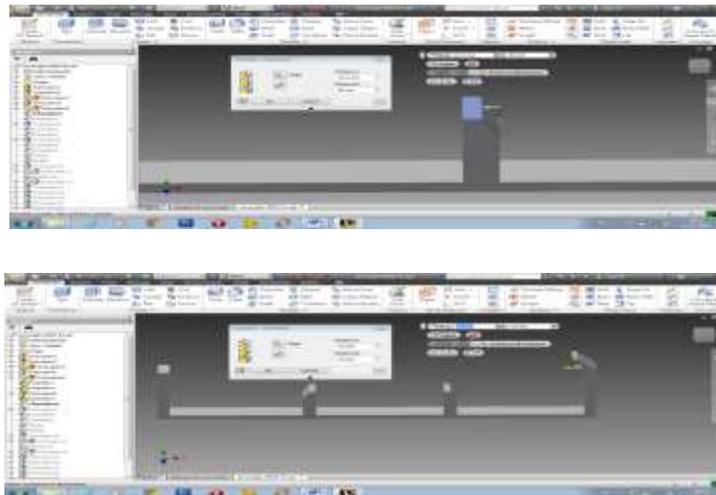
Tahap berikutnya membuat susunan penyangga dari poros. Untuk membuat susunan penyangga dari poros, haruslah memperhatikan betul bentuk asli dari penyangga tersebut agar sewaktu simulasi didapatkan hasil yang

diinginkan dari bentuk aslinya. Setelah mensketsa bentuk penyangga selanjutnya “*extrude*” agar mendapatkan bentuk 3 dimensi dari penyangga poros.



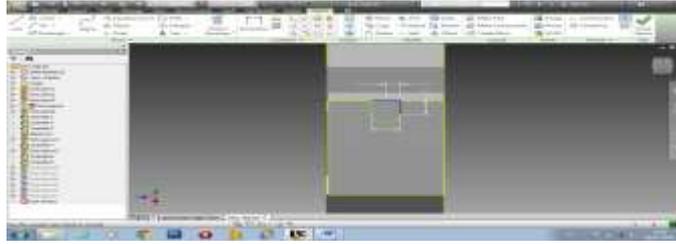
**Gambar 3.10** *Extrude* pada *carrier stand*

Setelah melakukan “*extrude*” dari sketsa 2 dimensi yang dibuat, selanjutnya klik “*chamfer*” agar mendapatkan bentuk miring sesuai dengan bentuk aslinya.



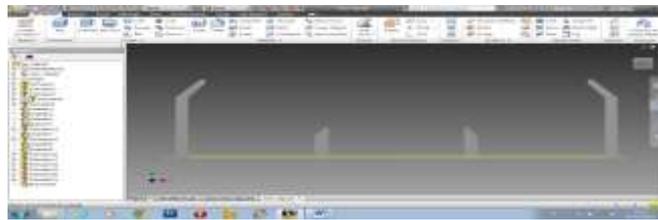
**Gambar 3.11** *Chamfer* pada masing – masing penyangga poros

Setelah melakukan *chamfer* pada penyangga poros, selanjutnya untuk membuat lubang pada masing – masing penyangga untuk tempat poros yang telah dibuat. Untuk membuat lubang tempat poros harus membuat sketsa agar poros dapat menempel pas pada lubang yang telah dibuat tadi. Apabila tidak membuat sketsa dengan pas maka poros tidak akan menempel. Membuat sketsa lubang jangan membuat sketsa dengan bentuk petak tetapi harus membentuk lingkaran sesuai dengan bentuk poros.



**Gambar 3.12** Sketsa lubang penyangga poros

*Extrude* sketsa tadi agar mendapatkan lubang untuk tempat poros yang telah dibuat tadi. Lakukan cara ini pada 4 penyangga lainnya dengan cara yang sama.



**Gambar 3.13** *Extrude* pada masing – masing penyangga untuk mendapatkan lubang penyangga poros

Ketika semuanya telah selesai, langkah selanjutnya *save* pemodelan untuk menggabungkan poros dan bantalan yang dibuat dengan pemodelan *carrier stand* yang telah dibuat. Setelah di *save* selanjutnya buka poros dan bantalan yang telah selesai dibuat. Selanjutnya klik “ *place* “ untuk mengimpor *carrier stand* yang telah dibuat tadi. Kemudian gabungkan antara *carrier stand* dengan poros dan bantalan yang pada awalnya telah selesai dibuat. Untuk menggabungkan keduanya sama seperti halnya menggabungkan antara bantalan dan poros. Klik “ *constrain* “, kemudian pilih “ *insert* “, setelah itu arahkan kursor ke poros kemudian arahkan ke *carrier* untuk menyatukannya. Setelah menyatu kemudian *save as* untuk menyimpan file tadi ke file yang baru.



**Gambar 3.14** Menggabungkan poros dan bantalan pada *carrier stand*

Selanjutnya klik “*place*” lagi untuk mengimpor poros dan bantalan ke file poros dan *carrier stand* yang telah disatukan tadi. *Create* 2 poros dan bantalan untuk menyatukannya dengan *carrier stand* yang belum disatukan dengan poros. Caranya sama dengan cara menyatukan poros dan bantalan dengan *carrier stand* pada awalnya.

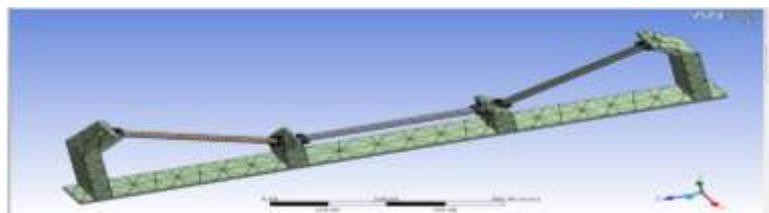


**Gambar 3.15** Hasil akhir penggabungan poros dan *carrier*

Setelah selesai kemudian kita *save* pemodelan yang telah dibuat dan lakukan proses selanjutnya.

### 3.2.2 Simulasi dan Analisis Perangkat Uji

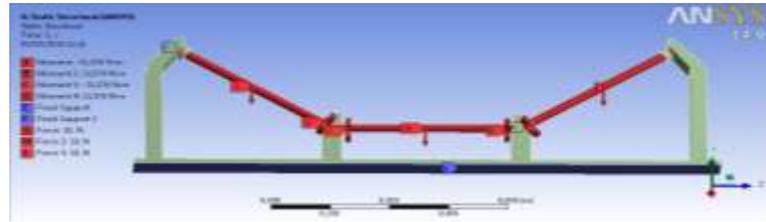
Untuk melakukan simulasi, langkah pertama yang harus dilakukan pada pemodelan yaitu memindahkannya ke *file.sat*. Sebelum memulai simulasi klik “*mesh*” agar pemodelan tadi menyatu di setiap bagian – bagiannya. Dari proses *meshing* maka didapatkan jumlah “*nodes*” dari permodelan sebanyak 61982 dan “*element*” sebanyak 26884 elemen



**Gambar 3.16** Proses *meshing*

Selanjutnya pilih jenis material pada pemodelan. Setelah itu berikan gaya – gaya yang bekerja pada bantalan yaitu dengan memberikan momen kemudian beri pembebanan pada masing – masing poros untuk melihat kekuatan dari *carrier*. Kemudian pada ujung poros dan bagian bawah *carrier stand* diberi tumpuan jepit.

Setelah diberi gaya selanjutnya simulasikan pemodelan untuk mendapatkan data yang diinginkan.



**Gambar 3.17** Simulasi

### 3.3 Material Bantalan

Pada *belt conveyor* khususnya pada *carrier roller* terdapat bantalan yang berfungsi untuk menggerakkan *idler* pada saat *belt* sedang berjalan. Bantalan yang digunakan memiliki berbagai karakteristik yang harus diperhatikan, yaitu : *density*, *hardness*, *modulus of elasticity*, *thermal expansion*, dan *electrical resistivity*.

**Tabel 3.1** Sifat material bantalan

<i>Material Properties</i>	<i>Bearing Steel</i>
<b><i>Mechanical Properties</i></b>	
<i>Density ( g / cm<sup>3</sup> )</i>	7,9
<i>Hardness</i>	700 HV10
<i>Modulus of Elasticity ( kN / mm<sup>2</sup> )</i>	210
<i>Thermal Expansion ( 10<sup>-6</sup> / K )</i>	12
<b><i>Electrical Properties ( at 1 MHz )</i></b>	
<i>Electrical Resistivity ( Ωm )</i>	0,4 x 10 <sup>-6</sup> ( Conductor )
<i>Dielectric Strength ( kV / mm )</i>	—
<i>Ralative Dielectric Constant</i>	—

### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan oleh *belt conveyor* untuk memindahkan batu bara ke kapal yaitu : Motor penggerak konveyor, *belt*, *carrier*, Bantalan, *idler*. Semua alat dan bahan tersebut yang sangat berpengaruh dalam kinerja *belt conveyor*

### 3.4.1 Motor Penggerak Konveyor

Motor penggerak konveyor berfungsi sebagai penggerak *belt conveyor* yang memiliki daya cukup besar. Motor penggerak ini memiliki daya hingga 1483 rpm. Motor penggerak ini menggerakkan *drive pulley* yang mempunyai koefisien gesek yang besar dari *belt conveyor*.



**Gambar 3.18** Motor penggerak *belt conveyor*

### 3.4.2 Belt

*Belt* berfungsi sebagai pembawa material yang diangkut. Batu bara yang diangkut oleh *belt* biasanya batu bara yang telah di *crusher* karena jika batu bara tidak di *crusher* maka *belt* akan sobek. Ukuran dari *belt conveyor* yang ada di PT. PELINDO ialah 4 fly depan, 3 fly masing – masing tengah dan belakang ukurannya 1.200 mm jenis *belt* BANDO.



**Gambar 3.19** *Belt*

*Belt* sendiri memiliki spesifikasi tersendiri sehingga pemilihan *belt* sangat berpengaruh terhadap kinerja dari *conveyor belt* itu sendiri, berikut beberapa spesifikasi yang dimiliki oleh *belt* :

**Tabel 3.2** Berat bagian yang bergerak selain material “ W “

<i>Belt Width ( mm )</i>	<i>W ( kg/m )</i>
450	28
500	30
600	36
650	41
750	53
800	56
900	63
1000	69
1050	80
1200	90
1400	114
1600	130
1800	154
2000	174
2200	214
2400	232

Sumber : Rahmawan ( 2003 )

**Tabel 3.3** Standart belt weight “ W1 “

<i>Belt Width ( mm )</i>	<i>Berat Belt “ W1 “ ( kg/m )</i>	<i>Tebal Belt ( mm )</i>
450	7	12
500	7,5	
600	9	
650	10,3	
750	13	13
800	13,8	
900	15,5	
1000	20,5	17
1050	23	
1200	26	
1400	33	18
1600	38	
1800	46	20
2000	51	
2200	56	
2400	61	

Sumber : Rahmawan ( 2003 )

### 3.4.3 *Carrier Stand*

*Carrier stand* merupakan alat yang terdiri dari *carrying idler* dan *impact idler*. *Carrier stand* ini berbentuk V yang berfungsi untuk menahan beban yang diangkut pada *belt* dan juga berfungsi agar batu bara yang diangkut tidak tumpah. *Carrier stand* banyak sekali dipakai pada *belt conveyor* sehingga *carrier stand* mempunyai peranan penting pada *belt conveyor*.



**Gambar 3.20** *Carrier stand*

### 3.4.4 *Tachometer*

*Tachometer* adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit ( RPM ) dari poros engkol mesin. Pada penelitian ini *tachometer* digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi saat bantalan berputar ketika *conveyor belt* sedang beroperasi.



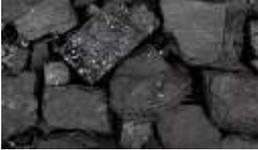
**Gambar 3.21** *Tachometer*

### 3.4.5 **Batubara**

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penting bagi umat manusia. Batubara banyak digunakan sebagai bahan bakar untuk transportasi, seperti bahan bakar kereta api uap maupun sebagai pembangkit listrik tenaga uap

sehingga batubara sangat penting dalam dunia industri. Batubara memiliki beberapa jenis yaitu : batubara jenis antrasit, bitumen, sub bitumen dan lignit

**Tabel 3.4** Jenis batubara dan kandungannya.

<p style="text-align: center;">Antrasit</p> 	<p>Merupakan jenis batubara tertinggi dengan kandungan unsur karbon mencapai 86 % - 98 %</p>
<p>Bitumen</p> 	<p>Merupakan batubara yang banyak ditemukan ditambang indonesia. Mengandung unsur karbon 68 % - 86 %</p>
<p style="text-align: center;">Sub bitumen</p> 	<p>Batubara ini mengandung sedikit karbon dan air yang banyak</p>
<p>Lignit ( batu bara coklat )</p> 	<p>Batubara yang memiliki kadar air sebanyak 35 % – 75 % dari beratnya sehingga batu bara ini sangat lunak.</p>

### 3.4.6 Bantalan

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik maka dari itu bantalan perlu diberi pelumas agar performa dari bantalan tersebut selalu baik. Bantalan yang digunakan yaitu jenis SKF 6005 *single row deep groove ball bearings* mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- *Designations* : 6005 *Single Deep Groove Ball Bearings*

- *Principal Dimention*
  - Diameter luar : 47 mm
  - Diameter dalam : 25 mm
  - Tebal : 12 mm
- *Basic Load Rating*
  - Dynamic ( C )* : 11,9 KN
  - Static ( Co )* : 6,55 KN
- *Fatigue Load Limit ( Pu )* : 0,275 KN
- *Mass* : 0,080 kg



**Gambar 3.22** *Ball Bearing SKF 6005 ( SKF, 2014 )*

### 3.4.7 Data Lapangan

Data yang diambil dari lapangan ini meliputi jenis Bantalan, *basic load dynamic ( C )*, *basic load static ( Co )*, beban radial ( *Fr* ), beban aksial ( *Fa* ) dan Putaran dari motor penggerak *Conveyor ( n )*.

**Tabel 3.5** Data lapangan

Jenis Bearing	C	Co	Fr	Fa	Putaran
SKF 6005	11,9 kN	6,55 KN	1,344 kN	1,344 Kn	334,3 rpm

### 3.5 Perhitungan Umur Bantalan

Dalam menghitung umur bantalan persamaan yang digunakan yaitu persamaan untuk menghitung umur bantalan dengan keandalan 90%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung umur bantalan adalah :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Dimana :

- $L_{10}$  = Umur bantalan dengan keandalan 90%
- $C$  = *Basic load system* ( kN )
- $P$  = Beban ekuivalen dinamis ( kN )
- $p$  = Konstanta untuk bantalan bola (  $p = 3$  )  
Untuk bantalan rol  $p = \frac{10}{3}$

Sedangkan persamaan yang dipakai untuk menghitung umur bantalan berdasarkan waktu operasi adalah :

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} L_{10}$$

Dimana :

- $L_{10h}$  = Umur bantalan berdasarkan waktu operasi
- $L_{10}$  = Umur bantalan dengan keandalan 90%
- $n$  = Putaran motor penggerak ( rpm )

Untuk menghitung beban ekivalen dinamis dinyatakan dengan persamaan :

$$P = XFr + YFa$$

Dimana :

- $P$  = Beban ekivalen dinamis ( kN )
- $Fr$  = Beban radial ( kN )
- $Fa$  = Beban aksial ( kN )
- $X$  = Faktor beban radial pada bantalan
- $Y$  = Faktor beban aksial pada bantalan

### 3.6 Perhitungan Kapasitas Konveyor

Untuk menghitung kapasitas konveyor, sebaiknya kita harus mengetahui luas penampang *belt* terlebih dahulu dengan menggunakan rumus :

Luas bagian atas :

$$A1 = \frac{bh}{2} = \frac{1}{2} = (0,8B \times 0,5 (0,8B) \operatorname{tg}\theta) = 0,16 B^2 \operatorname{tg}\theta$$

Luas bagian bawah :

$$A_2 = \frac{1}{2} ( 0,4B + 0,8B ) \times 0,2B \operatorname{tg} \alpha = 0,12B^2 \operatorname{tg} \alpha$$

Jadi luas total :

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 \text{ ( m}^2 \text{ )}$$

Setelah luas penampang *belt* telah didapat, selanjutnya menghitung kapasitas konveyor dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{3600}{1000} \times A \times v \times \gamma$$

Dimana :

Q	=	Kapasitas konveyor ( tph )
A	=	Luas penampang ( m <sup>2</sup> )
V	=	Kecepatan konveyor ( m/s )
γ	=	Massa jenis material ( kg/m <sup>3</sup> )

### 3.7 Perhitungan Beban *Impact*

Pada bagian bawah *transfer chute* bantalan akan mengalami beban *impact* akibat dari jatuhnya batu bara ke bawah sehingga bantalan pada bagian bawah mengalami beban *impact* secara terus menerus. Untuk menghitung beban *impact* maka menggunakan rumus :

$$F = W + ( 2 \times k \times WH )^{1/2} \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana :

F	=	<i>Impact force</i> ( lbf )
W	=	<i>Weight of lump</i> ( lbf )
k	=	<i>Spring constant for specific idler type</i> ( lbf / ft )
WH	=	<i>Energy rating</i>

Karena *idler* ini merupakan seri CEMA C *troughing idler* ( *equal length rollers* ) 5 diameter maka spesifikasi dari *idler* adalah :

**Tabel 3.6** Spesifikasi CEMA C *troughing idler ( equal length rollers ) 5 diameter*

	5" PART NUMBER*	BW	A	B	C	D	E	F	G	H**	J	K	WT (lb)
20°	C5-20E-18	18	27	8-5/16	7-1/16	21-7/8	3/16	10-3/4	29	6	8	1/2	39
	C5-20E-24	24	33	8-7/16	9-1/16	27-5/8	5/16	11-9/16	35	6	9-1/2	5/8	47
	C5-20E-30	30	39	8-7/16	11-1/16	33-7/16	5/16	12-5/16	41	6	9-1/2	5/8	57
	C5-20E-36	36	45	8-7/16	13-1/16	39-3/16	5/16	12-15/16	47	6	9-1/2	5/8	64
	C5-20E-42	42	51	8-13/16	15-1/16	44-15/16	5/16	14-1/16	53	7-1/2	9-1/2	5/8	80
	C5-20E-48	48	57	8-13/16	17-1/16	50-11/16	5/16	14-3/4	59	7-1/2	9-1/2	5/8	88
35°	C5-35E-18	18	27	8-5/16	7-1/16	19-9/16	3/16	12-7/16	29	6	8	1/2	41
	C5-35E-24	24	33	8-7/16	9-1/16	24-13/16	5/16	13-11/16	35	6	9-1/2	5/8	49
	C5-35E-30	30	39	8-7/16	11-1/16	30-1/16	5/16	14-7/8	41	6	9-1/2	5/8	59
	C5-35E-36	36	45	8-7/16	13-1/16	35-3/8	5/16	16-1/16	47	6	9-1/2	5/8	67
	C5-35E-42	42	51	8-13/16	15-1/16	40-5/8	5/16	17-9/16	53	7-1/2	9-1/2	5/8	82
	C5-35E-48	48	57	8-13/16	17-1/16	45-15/16	5/16	18-11/16	59	7-1/2	9-1/2	5/8	91
45°	C5-45E-18	18	27	8-5/16	7-1/16	18-1/16	3/16	13-7/16	29	6	8	1/2	42
	C5-45E-24	24	33	8-7/16	9-1/16	22-7/8	5/16	15	35	6	9-1/2	5/8	50
	C5-45E-30	30	39	8-7/16	11-1/16	27-13/16	5/16	16-7/16	41	6	9-1/2	5/8	61
	C5-45E-36	36	45	8-7/16	13-1/16	32-9/16	5/16	17-7/8	47	6	9-1/2	5/8	68
	C5-45E-42	42	51	8-13/16	15-1/16	37-7/16	5/16	19-5/8	53	7-1/2	9-1/2	5/8	84
	C5-45E-48	48	57	8-13/16	17-1/16	42-1/4	5/16	21-1/16	59	7-1/2	9-1/2	5/8	93
	C5-45E-54	54	63	9-1/4	19-1/16	47-1/16	3/8	22-7/8	65-1/2	9	11	5/8	110
	C5-45E-60	60	69	9-1/4	21-1/16	51-7/16	3/8	27-5/16	71-1/2	9	11	5/8	120

Sumber : Superior ( 2012 )

Kemudian untuk mencari WH menggunakan tabel :

**Tabel 3.7** *Minimum energy rating and maximal lump size*

CEMA Series	WH ( lbf – ft )	Maximum Lump Size ( in )
B	40	4
C	160	6
D	240	8
E	460	12
F	870	18

Sumber : CEMA ( 2007 )