

**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**ANALISA NUMERIK KEKUATAN BEARING PADA PROTOTYPE BELT**  
**CONVEYOR**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun oleh :**

**NAMA : RAFSANZANI PANE**

**NPM :1407230171**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS SARJANA**  
**ANALISA NUMERIK KEKUATANG BEARING PADA**  
**PROTOTYPE BELT CONVEYOR**

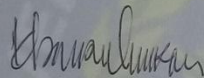
Disusun Oleh :

Rafsanzani Pane

1407230171

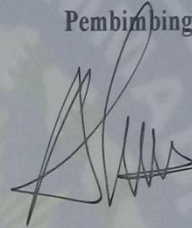
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



( Khairul Umurani, S.T., M.T )

Pembimbing – II



( Sudirman Lubis, S.T., M.T )

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

( Affandi, S.T )

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

LEMBAR PENGESAHAN - II  
TUGAS SARJANA  
ANALISA NUMERIK KEKUATAN BEARING  
PROTOTYPE BELT CONVEYOR

Disusun Oleh :

RAFSANZANI PANE

1407230171

Telah diperiksa dan diperbaiki  
Pada seminar tanggal 28 Februari 2018

Pembanding - I



(Ahmad Marabdi Siregar, ST., M.T)

Pembanding - II



(Chandra A Siregar, ST., MT)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

## ABSTRAK

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 sesuai fungsinya. Kerusakan bearing banyak disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya : faktor pembebanan, perawatan, material yang digunakan dan perhitungan dalam perencanaan pemilihan bearing. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik, maka prestasi seluruh sistem akan menurun bahkan bisa berhenti. Bearing yang digunakan jenis *ASb UC204-12* berdiameter *19.50 mm*, bahan *baja structural dan aluminium alloy*. Pembebanan yang diberikan *200N* dan torsi *75.429 N.m*. Studi numerik ini menggunakan *software solidworks 2012* sebagai alat mendesain bearing dan menggunakan *software ansys workbench 14.0* sebagai alat simulasi numeriknya dan hasil simulasi baja struktural ialah total deformasi = *0.00030158mm*, Equivalent stress = *10.085MPa*, Equivalent strain = *5.695 x 10<sup>-5</sup> mm/mm*. Hasil simulasi aluminium alloy ialah total deformasi = *0.00094256mm*, Equivalent stress = *9.9263MPa*, Equivalent strain = *0.00015763mm/mm*.

**KATA KUNCI : Pembebanan Radial, Torsi, Simulasi Ansys workbench 14.0**

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.*

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat *Allah Subhanallahu wa Ta'ala* pemilik langit dan bumi beserta segala isinya, yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, dan tak lupa pula sholawat kepada nabi dan rasul terakhir kita *Muhammad Shallallahu 'alaihi wassalam*. Alhamdulillah akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul yang penulis ambil pada tugas sarjana ini adalah “Analisa Numerik Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor”. Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus - menerus hadir dan penulis yang terus belajar, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini..

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Mamak (Basrah Br Tamba) dan Ayah (Ridwan Pane) yang tidak pernah berhenti memberi kasih sayang, perhatian, nasihat, materil dan doanya hingga saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian dan bimbingannya sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III dan Pembimbing I tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T. selaku Pembimbing II tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T. selaku Pembimbing I tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak Candra A Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin dan Pembimbing II tugas sarjana yang telah memberikan

bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.

8. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Pegawai Tata Usaha dan Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Serta seluruh keluarga, M. Ghozali Pane, S.Kom, Abanda Irfan S.T. Wawan Setiawan Damanik, S.T., dan Abanda Toha, S.P., yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas sarjana ini dengan baik.
11. Serta Keluarga besar PK IMM Fakultas Teknik UMSU yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doanya.
12. Teman satu perjuangan Abangda Dedi Suryadi, Abangda Bili Ardika, Abangda, Asrul Sani Pulungan, Abangda Abdur Rahman Lubis, Ahmad Hidayat Siregar, Abdul Hapiz Siregar, Dan seluruh teman-teman A2 Siang, C1 Pagi, dan seluruh stambuk 2014.

Penulis menyadari tugas sarjana ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan tugas sarjana ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri dan juga semua pembaca. Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik Allah *Subhanallahu wa Ta'ala*.

*Bilahi filshabili haq, fastabiqul khairat.  
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.*

Medan, 15 Februari 2018

Penulis

**RAFSANZANI PANE**  
**1407230171**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>SPEKIFIKASI TUGAS</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Metode Penulisan	3
1.7. Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Bearing	5
2.2. Bantalan Luncur	5
2.3. Bantalan gelinding	8
2.4. Perhitungan Beban dan Umur Bantalan gelinding	14
2.5. Bahan Bantalan Gelinding	20
2.5.1. Sekat Pelumasan	24
2.6. Notasi Matrix	26
2.7. Solidworks	26
2.8. Ansys	27
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>29</b>
3.1 Tempat dan Waktu	29
3.1.1. Tempat	29
3.1.2. Waktu	29
3.2. Alat Penelitian	29
3.2.1. Leptop	29
3.3. Diagram Alir	30
3.4. Tahap Awal	31
3.4.1. Membuka Solidwork 2012	31
3.4.2. Desain Ball Bearing Prototype Belt Conveyor	31
3.5. Desain Component Ball Bearing	32

3.6. Material Ball Bearing	34
3.7. Import Gambar	34
<b>BAB 4 Hasil Dan Pembahasan</b>	<b>35</b>
4.1. Analisa Numerik Pada Bearing	35
4.2. Simulasi Menggunakan Ansys Workbench 14.0	35
4.2.1. Memulai Simulasi	35
4.2.2. Meshing	35
4.2.3. Hasil Simulasi	37
<b>BAB Kesimpulan Dan Saran</b>	<b>40</b>
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Journal Bearing	7
Gambar 2.2	Bantalan Luncur	7
Gambar 2.3	Pembebanan bantalan luncur	8
Gambar 2.4	(a) Bantalan radial poros, (b) bantalan radial berkerah, (c) bantalan aksial berkerah, (d) bantalan aksial	8
Gambar 2.5	Bantalan radial ujung dan bantalan radial tengah	9
Gambar 2.6	Elemen bantalan gelinding	9
Gambar 2.7	Komponen-komponen bantalan gelinding	9
Gambar 2.8	Single row groove ball bearings	11
Gambar 2.9	Double row self aligning ball bearing	11
Gambar 2.10	Single row angular contact ball bearing	12
Gambar 2.11	Double row angular contact ball bearing	12
Gambar 2.12	Double row barrel roller bearing	13
Gambar 2.13	Single row cylindrical roller bearing	12
Gambar 2.14	Tapared roller bearings	13
Gambar 2.15	Single direction thrust ball bearings	14
Gambar 2.16	Double direction thrust ball bearings	14
Gambar 2.17	Ball and socket bearing	15
Gambar 2.18	Nipel gemuk	15
Gambar 2.19	Pelumasan kabut dan minyak	22
Gambar 2.20	Pelempar	23
Gambar 3.1	Diagram alir Percobaan	30
Gambar 3.2	Prototype belt conveyer	32
Gambar 3.3	Tampilan awal solidwork	33
Gambar 3.4	Tampilan jendela kerja solidwork	33
Gambar 3.5	Desain inner ring	34
Gambar 3.6	Ball bearing	34
Gambar 3.7	Desain outer ring	35
Gambar 3.8	Desain Component yang telah dibuat denga software solidworks 2012	35
Gambar 3.9	Import data gambar dari solidwork ke ansys	37
Gambar 4.1	Hasil meshing	40
Gambar 4.2	Diberi pembebanan	40
Gambar 4.3	Punti(moment)	41
Gambar 4.4	Total deformasi akibat pembebanan (baja structural)	42
Gambar 4.5	Equivalent stress akibat pembebanan (baja structural)	42
Gambar 4.6	equivalent strain akibat pembebanan (baja structural)	43
Gambar 4.7	Total deformasi akibat pembebanan (alloy)	44
Gambar 4.8	Equivalent stress akibat pembebanan (alloy)	45
Gambar 4.9	equivalent strain akibat pembebanan (alloy)	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bantalan bola	10
Tabel 2.2	Faktor-faktor $V, X, Y$ dan $X_0, Y_0$	16
Tabel 2.4	Harga batas $d.n$	19
Tabel 2.5	Klasifikasi bantalan gelinding serta karakteristiknya	21
Tabel 4.1	Waktu penelitian	31

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$P_d$	Daya nominal output dari motor penggerak	Kw
$T$	Momen puntir	Kg/mm
$\tau_a$	Tegangan geser	Kg/mm <sup>2</sup>
$\sigma_B$	Kekuatan tarik	Kg/mm <sup>2</sup>
$k$	Nomor elemen gelinding	
$b$	Bearing/bantalan	
$I_j$	Paenada arah,x,y,z	
$\delta$	Defleksi rata-rata bantalan	
$\varepsilon$	Load distribution faktor	
$Cd$	Diemtral clearance	
$\Psi$	Sudut elemen gelinding ke sumbu vertikal	
$\bar{R}$	Jari-jari ekivalen	
$K_n$	Konstantanta kekuan kontak garis	
$K_0$	Konstantanta kekuan bantalan	
$Q$	Gaya reaksi kontak lintasan luar dengan elemen gelinding	
$F$	Gaya rata-rata	
$Jr(\varepsilon)$	Radial load integral	

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dalam industri sering menjumpai macam-macam bearing. Dimana bearing biasa digunakan sebagai bantalan poros agar pada saat pemindahan daya, mengurangi terjadinya kehilangan daya akibat gesekan. 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. Sifat kekuatan bahan bearing sangat diperlukan hal ini berkaitan dengan seberapa besar kemampuan bearing menerima beban maka perlu adanya penelitian tentang mengetahui tingkat ketahanan material bearing agar dapat menyesuaikan beban terhadap jenis bearing yang dipakai.

Untuk melakukan suatu perancangan alat dibutuhkan beberapa komponen pendukung. Teori komponen berfungsi untuk memberi landasan dalam perancangan atau pun pembuatan alat, ketepatan dan ketelitian dalam pemilihan berbagai nilai atau ukuran dari komponen itu sangat mempengaruhi kinerja dari alat yang akan dirancang.

Salah satu pengujian untuk mengetahui kekuatan bearing adalah dengan melakukan pengujian menggunakan *Analisis Numerik*. Pengujian ini diharapkan dapat mengetahui kekuatan bearing dan juga harus memperhatikan kekuatan bahan, *safety factor* dan ketahanan dari berbagai komponen. Dalam merencanakan

sebuah mesin harus memperhatikan factor keamanan baik untuk mesin itu sendiri maupun bagi operatornya.

Dari uraian diatas saya mencoba untuk melakukan penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul “ *Analisa Numerik Kekuatan Material Bearing Pada Prototype Belt Conveyor*”

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dapat di deskripsikan sebagai berikut :

- Seberapa besar kekuatan bearing pada prototype belt conveyor di berikan beban radial.

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penulisan laporan akhir ini, adapun batasan masalahnya yaitu:

1. Spesimen yang digunakan bearing prototype belt conveyor jenis ASb UC204-12 berdiameter 19.50 mm
2. Menganalisa pembebanan, torsi dan gaya menggunakan simulasi numeriksoftware ansys workbench 14,0.
3. Beban yang diberikan pada analisa software ansys sebesar 200 N.
4. Material yang digunakan pada software ialah baja structural dan aluminium alloy.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan umum dari penulisan laporan akhir ini ialah Analisa Numerik Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor

Sedangkan tujuan khusus yang diperoleh dari penulisan laporan ini adalah

1. Mengetahui berapa besar nilai deformasi bahan bearing baja struktural setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).
2. Mengetahui berapa besar nilai tegangan (stress) bahan bearing bajastruktural setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).
3. Mengetahui berapa besar nilai regangan (strain) bahan bearing baja struktural setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).
4. Mengetahui berapa besar nilai deformasi bahan bearing aluminium alloy setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).
5. Mengetahui berapa besar nilai tegangan (stress) bahan bearing aluminium alloy setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).
6. Mengetahui berapa besar nilai regangan (strain) bahan bearing aluminium alloy setelah disimulasi (perubahan bentuk benda dari baik menjadi tidak baik).

### **1.5 Manfaat**

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penulisan laporan akhir ini adalah :

1. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya dengan tema yang sama.
2. Dari hasil penelitian ini dapat mengetahui pemilihan bahan bearing terhadap beban yang direncanakan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang dipakai dalam penyusunan laporan akhir ini adalah :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menerangkan secara garis besar latar belakang masalah, tujuan, pembatasan masalah, metode penulisan yang digunakan, dan sistematika penulisan.

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang teori dasar bearing, prinsip kerja bearing dan jenis-jenis bearing dan simulasi numeric menggunakan software ansys workbench 14.0 dan desain gambar menggunakan solidwork 2012.

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan pembahasan singkat mengenai keadaan umum dari bearing dan deskripsi kerja belt conveyor, peralatan dan bahan yang digunakan selama pengamatan, prosedur pelaksanaan, data teknis dari simulasi bearing belt conveyor serta diagram alir metode penelitian.

## **BAB 4 PEMBAHASAN**

Bab ini merupakan bagian yang terhitung atau inti dari pembahasan laporan akhir ini, yang menjelaskan tentang analisis data hasil pengamatan dan analisis numerik.

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan bab akhir dari laporan yang berisi tentang kesimpulan dan saran yang merupakan hasil dari semua pembahasan dari bab-bab sebelumnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Memuat referensi yang di pergunakan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

## **LAMPIRAN**

Berisi pelengkap laporan penelitian.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bearing**

Bearing adalah suatu elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan berumur panjang. Bearing harus cukup kokoh untuk menahan beban dari poros yang terhubung dari komponen mesin lainnya sehingga dapat berputar, bekerja sesuai fungsinya. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik, maka prestasi seluruh system akan menurun bahkan bisa berhenti.

Menurut (Kurniawan, 2012) berdasarkan gerakannya terhadap poros, bearing dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Bantalan Luncur/*Sliding Contact Bearing*

Pada bantalan jenis ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena, permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan pelapisan pelumas.

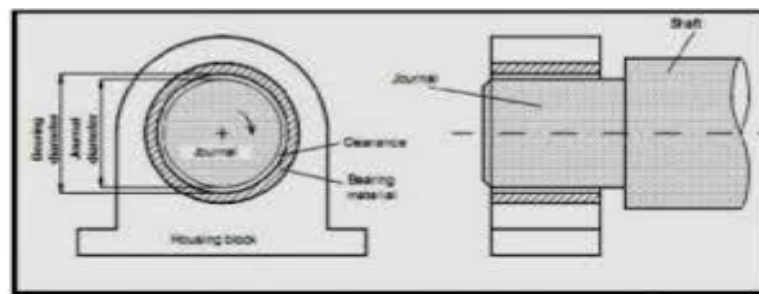
2. Bantalan Gelinding/*Rolling Contacting Friction Bearing*

Pada bantalan jenis ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, rol bulat.

#### **2.2 Bantalan Luncur**

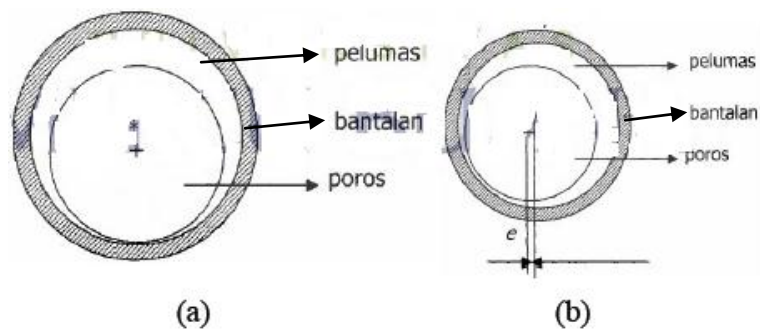
Menurut (Raharjo,2015) Bantalan luncur/*journal bearing* adalah jenis bantalan selain bantalan gelinding/*rolling bearing*, digunakan secara luas pada

poros mesin putar. Bantalan ini terdiri dari *bushing* atau peluncur yang didukung oleh rumah bantalan, poros atau *journal* berputar pada lubang bushing. Menurut (Komarudin & Harfi, 2012) Disebut bantalan luncur karena adanya gerakan luncur/*sliding* antara permukaan yang diam dan permukaan yang bergerak pada bantalan tersebut. Dan sering juga disebut *journal bearing* karena poros ditumpu pada oleh bantalan pada tempat/daerah yang dinamakan tap-poros dan daerah tap-poros disebut *journal* seperti terlihat pada gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 1. Journal Bearing atau Bantalan Luncur

Gambar 2.1 Journal Bearing atau bantalan luncur



Gambar 2.2 Bantalan Luncur (a) Saat diam (b) Saat berputar

### a. Jenis-jenis Bantalan Luncur

Menurut (Erinofiradi,2011) Berdasarkan arah beban terhadap poros bantalan luncur dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis, antara lain sebagian berikut:

1. Bantalan luncur radial

Bantalan luncur radial atau disebut juga *journal bearing*, merupakan bantalan luncur yang didesain untuk menahan

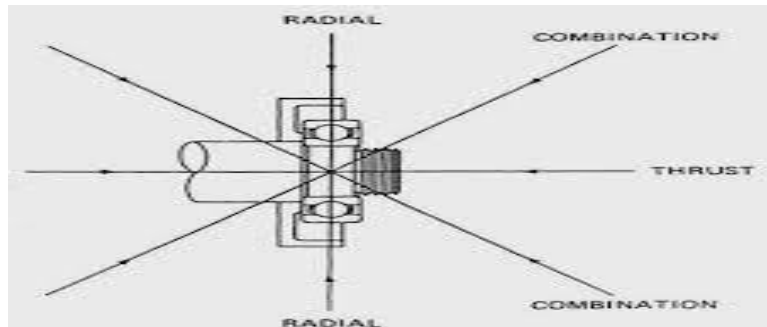
beban yang tegak lurus terhadap sumbu shaft horizontal.

## 2. Bantalan luncur aksial

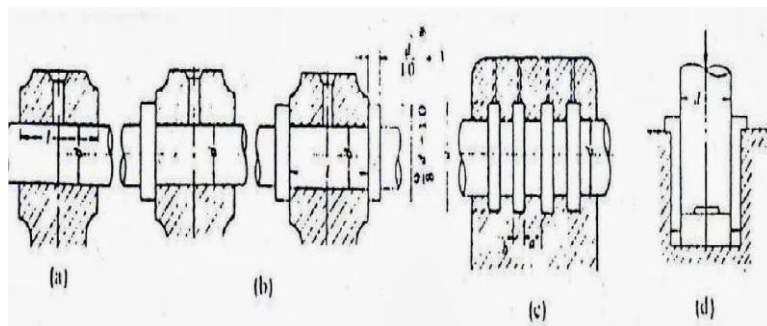
Bantalan luncur aksial atau disebut juga *Thrust Bearing*, merupakan bantalan luncur yang didesain menahan beban horizontal yang paralel dengan sumbu poros horizontal.

## 3. Bantalan luncur khusus

Bantalan luncur khusus merupakan bantalan luncur yang didesain untuk menahan beban kombinasi dari gaya radial dan gaya aksial. Seperti gambar 2.3, 2.4 dan 2.5

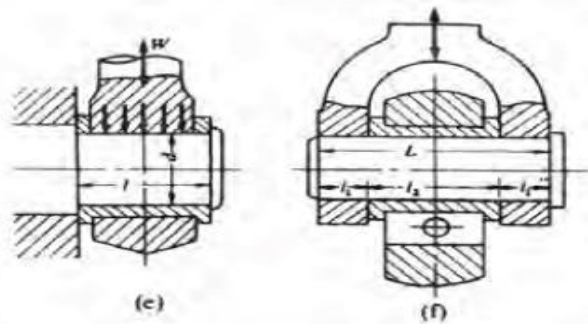


Gambar 2.3 Pembebanan Bantalan Luncur



Gambar 2.4 (a) Bantalan radial poros (b) bantalan radial berkerah

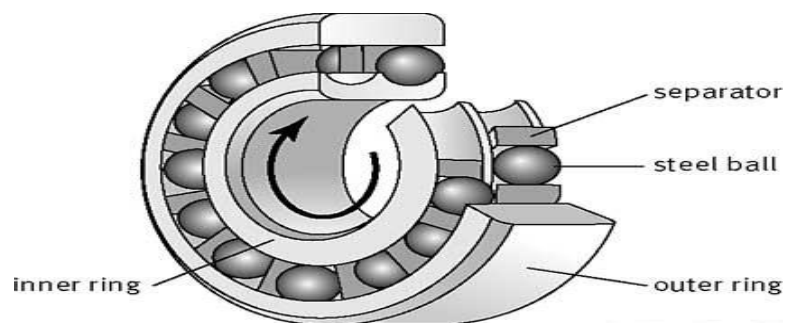
(c) bantalan aksial berkerah (d) bantalan aksial



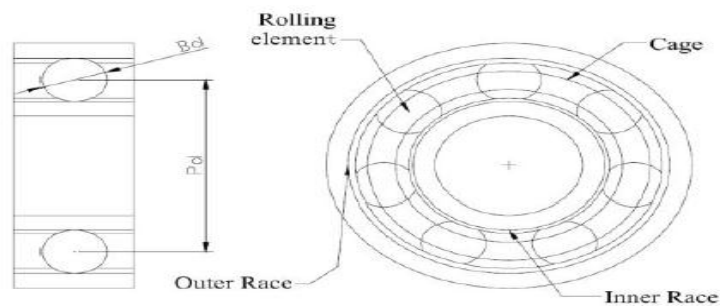
Gambar 2.5 (e) Bantalan radial ujung (f) bantalan radial tengah

### 2.3 Bantalan Gelinding

*Rolling bearing* atau bantalan gelinding adalah salah satu jenis bantalan yang memungkinkan gerakan relative secara radial pada sumbu gerakannya. Elemennya terdiri dari bola, pemisah/pemegang bola (cage) pada gambar 2.6, dan lintasan dalam (inner race), lintasan luar (outer race) pada gambar 2.7 (Aji, 2007).



Gambar 2.6 Elemen bantalan gelinding



Gambar 2.7 Komponen-komponen bantalan gelinding

Tabel 2.1. Bantalan Bola(sularso dan kiyokatsu suga, 1994)

Nomor Bantalan			Ukuran luar (mm)				Kapasitas nominal dinamis spesifik C (kg)	Kapasitas nominal statis spesifik C <sub>o</sub> (kg)
Jenis terbuka	Dua sekat	Dua sekat tanpa kontak	D	D	B	R		
6000			10	26	8	0,5	360	196
6001	6001ZZ	6001VV	12	28	8	0,5	400	229
6002	6002ZZ	6002VV	15	32	9	0,5	440	263
6003	6003ZZ	6003VV	17	35	10	0,5	470	296
6004	6004ZZ	6004VV	20	42	12	1	735	465
6005	6005ZZ	6005VV	25	47	12	1	790	530
6006	6006ZZ	6006VV	30	55	13	1,5	1030	740
6007	6007ZZ	6007VV	35	62	14	1,5	1250	915
6008	6008ZZ	6008VV	40	68	15	1,5	1310	1010
6009	6009ZZ	6009VV	45	75	16	1,5	1640	1320
6010	6010ZZ	6010VV	50	80	16	1,5	1710	1430

#### a. Jenis-Jenis Bantalan Gelinding

Menurut (Erinofiardi) Bantalan gelinding mempunyai banyak keuntungan yang ditimbulkan dari gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Elemen gelinding seperti bola dan rol, dipasang diantara cincin luar dan cincin dalam. Adapun jenis-jenis dari bantalan gelinding adalah sebagai berikut:

##### 1. Single Row Groove Ball Bearings

Bearing ini mempunyai alur dalam di kedua sisi cincinnya (gambar 2.8), sehingga bearing jenis ini mempunyai kapasitas yang dapat menahan secara ideal pada arah radial dan aksial.



Gambar 2.8 Single row groove ball bearings

## 2. Double Row Self Aligning Ball Bearings

Bearing jenis ini mempunyai dua jenis bola, masing-masing mempunyai alur sendiri-sendiri pada cincin bagian dalamnya. Pada umumnya bearing jenis ini terdapat bola pada cincin luarnya. Cincin pada bagian dalamnya bisa bergerak sendiri untuk menyesuaikan posisinya. Kelebihan dari bearing jenis ini yaitu dapat mengatasi masalah poros yang tidak segaris (*exentris*) seperti gambar 2.9.



Gambar 2.9 Double row self aligning ball bearing

## 3. Single Row Angular Contact Ball Bearings

Berdasarkan konstruksinya *bearing* jenis ini dapat menahan beban radial. Bearing jenis ini biasanya dipasangkan dengan bearing lain baik itu dipasangkan

secara paralel maupun bertolak belakang sehingga bearing ini juga mampu untuk menahan beban aksial seperti gambar 2.10.



Gambar 2.10 Single row angular contact ball bearing

#### 4. Double Row Angular Contact Ball Bearings

Bearing jenis ini disamping dapat menahan beban radial, juga dapat menahan beban aksial dalam dua arah. Berdasarkan konstruksinya *bearing* ini dapat menahan beban torsi. *Bearing* ini juga biasa digunakan untuk mengganti dua buah *bearing* jika ruangan tersedia tidak mencukupi. Perhatikan gambar 2.11.



Gambar 2.11 Double row angular contact ball bearing

#### 5. Double Row Barrel Roller Bearings

Bearing jenis ini mempunyai dua baris elemen roller yang pada umumnya mempunyai alur berbentuk bola pada cincin luarnya. *Bearing* jenis memiliki

kapasitas beban radial yang besar sehingga *bearing* ini sanga ideal untuk menahan beban kejut lihat gambar 2.12



Gambar 2.12 Double row barrel roller bearing

#### 6. Single Row Cylindrical Bearings

Bearing jenis ini mempunyai dua alur pada satu cincin yang biasanya terpisah. Efek dari pemisahan ini, cincin dapat bergerak secara aksial dengan mengikuti cincin yang lain. Hal ini merupakan suatu keuntungan karena apabila bearing ini harus mengalami perubahan bentuk karena temperature maka cincinnya akan mudah menyesuaikan posisinya. *Bearing* jenis ini mempunyai beban radial yang cukup besar dan cocok pada kecepatan tinggi perhatikan gambar 2.13.



Gambar 2.13 Single row cylindrical bearings

#### 7. Tapered Roller Bearings



*Bearing* jenis ini jika dilihat dari konstruksinya sangat ideal untuk beban aksial maupun radial. Jenis bearing ini dapat dipisah dimana cincin dalamnya dapat dipasang secara bersamaan dengan rollernya dan cincin luarnya terpisah. Lihat gambar 2.14.



Gambar 2.14 Tapered roller bearings

#### 8. Single Direction Thrust Ball Bearing

Bearing jenis ini hanya mampu menahan beban aksial satu arah saja. *Bearing* ini elemennya dapat dipisahkan sehingga mudah untuk melakukan pemasangan. Beban aksial yang mampu ditahan oleh bearing ini tergantung dari kecepatannya. *Bearing* jenis ini sangat sensitive terhadap ketidak tepatan poros terhadap rumahnya. Perhatikan gambar 2.15.

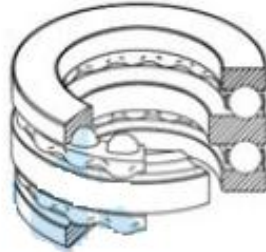


Gambar 2.15 Single direction thrust ball bearings

#### 9. Double Direction Thrust Ball Bearings

Bearing jenis ini hampir sama dengan *single direction thrust ball bearings* karena hanya mampu menahan beban aksial satu arah saja. Elemen *bearing* ini mudah dilepaskan sehingga mudah dalam melakukan pemasangan. beban aksial

minimum mampu ditahan oleh bearing ini tergantung dari kecepatannya. Jenis *bearing* ini juga sensitive terhadap ketidak tepatan poros terhadap rumahnya seperti gambar 2.16



Gambar 2.16 Double direction thrust ball bearing

#### 10. Ball and Socket Bearings

Bearing jenis ini mempunyai alur dalam yang berbentuk bola. Alur ini dapat membuat elemennya berdiri sendiri. Kapasitas dari *bearing* ini sangat besar terhadap beban aksial selain itu *bearing* ini juga mampu menahan beban radial secara simultan dan cocok untuk kecepatan tinggi seperti diperlihatkan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Ball and socket bearings

## 2.4 Perhitungan Beban dan Umur Bantalan Gelinding

### 1. Perhitungan Beban Ekuivalen

Suatu Beban yang besarnya sedemikian rupa hingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran yang sebenarnya disebut beban ekivalen dinamis.

Jika suatu deformasi permanen, ekivalen dengan deformasi 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 ekivalen statis. Harga-harga  $x$  dan  $y$  terdapat dalam table 2.2.

Tabel 2.2. Faktor - faktor  $V$ ,  $X$ ,  $Y$  dan  $X_0$ ,  $Y_0$ (sularso dan kiyokatsu suga, 1994)

Jenis bantalan		Beban putar pd cincin dalam	Beban putar pd cincin luar	Baris tunggal		Baris ganda				$e$	Baris tunggal		Baris ganda	
				$F_a/VF_r > e$	$F_a/VF_r \leq e$	$F_a/VF_r > e$		$X_0$	$Y_0$		$X_0$	$Y_0$		
		$V$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X_0$	$Y_0$	$X_0$	$Y_0$		
Bantalan bola alur dalam	$F_a/C_0 = 0,014$	1	1,2	0,56	2,30	1	0	0,5	2,30	0,19	0,6	0,5	0,6	0,5
	$= 0,028$				1,99				1,99	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	0,4	1,0	1	1,0	0,7	1,6	0,57	0,5	0,42	1	0,84
	$= 25^\circ$			3	0	9	0	3	0,68	0,38		0,76		
	$= 30^\circ$			0,4	0,8	0,9	0,6	1,4	0,80	0,33		0,66		

	= 35°			0,3	0,7		0,7	0,6	1,2	0,95		0,29		0,58
	= 40°			9	6		8	3	4					
				0,3	0,6		0,6	0,6	1,0	1,14		0,26		0,52
				7	6		6	0	7					
				0,3	0,5		0,5	0,5	0,9					
				5	7		5	7	3					

## (2) Kelakuan Bantalan Gelinding

### a. Kemampuan membawa beban aksial

Bantalan radial yang mempunyai sudut kontak yang besar antara elemen gelinding dan cincinnya, dapat menerima sedikit beban aksial. Bantalan bola kontak sudut, dan bantalan rol kerucut merupakan macam bantalan yang akan dibebani gaya aksial kecil. Bantalan mapan sendiri dapat menyesuaikan diri dengan defleksi poros. Namun demikian kemampuan menahan beban aksial adalah kecil. Bantalan rol silinder pada umumnya hanya dapat menerima beban radial. Meskipun demikian diantaranya terdapat pula yang mempunyai konstruksi khusus untuk dapat menerima gaya aksial.

### b. Perhitungan Umur Nominal

Umur nominal  $L$  (90%) dari jumlah sampel, setelah berputar 1 juta putaran, tidak memperlihatkan kerusakan karena kelelahan gelinding. Jika  $C$  (kg) menyatakan beban nominal dinamis spesifik dan  $P$  (kg) beban ekuivalen dinamis. Dengan bertambah panjangnya umur karena adanya perbaikan besar dalam mutu bahan dan karena tuntutan andalan yang lebih tinggi, maka bantalan modern direncanakan dengan  $L_h$  yang dikalikan dengan faktor koreksi. Jika  $L_h$  menyatakan keandalan umur  $(100-n)(\%)$ .

### (3) Kelakuan terhadap Putaran

Dimeter poros  $d$  (mm) dikalikan dengan putaran per menit  $n$  (rpm) disebut harga  $d.n$ . Harga ini untuk suatu bantalan mempunyai batas empiris yang besarnya tergantung pada macamnya dan cara pelumasannya.

Untuk menghitung daya menggunakan rumus sebagai berikut

$$P_d = f_c \times P \text{ (Kw)} \quad (2.1)$$

Dan menghitung momen puntir ialah :

$$p_d = \frac{(T/100)(2\pi n \frac{1}{60})}{102} \quad (2.2)$$

sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{(P_d)}{(n)} \quad (2.3)$$

Tegangan geser yang diizinkan  $\sigma_a$  (kg/mm<sup>2</sup>) untuk pemakaian umum pada poros dapat di peroleh dengan berbagai cara.  $\sigma_a$  di hitung atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik  $\sigma_B$  (Kg/mm<sup>2</sup>). Jadi batas kelelahan puntir adalah 18% dari kelelah tarik  $\sigma_B$ , sesuai standar ASME. Untuk harga 18% ini factor keamanan diambil sebesar  $1/0,18 = 5,6$ . Harga 5,6 ini untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Factor ini dinyatakan dengan  $Sf_1$ .

Selanjutnya perlu ditinjau apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan. Untuk memasukan pengaruh-pengaruh ini dalam perhitungan perlu diambil factor yang dinyatakan sebagai  $Sf_2$  dengan harga sebesar 1,3 sampai 3,0.

Dari hal-hal di atas maka besar  $\sigma_a$  dapat dihitung dengan :

$$\sigma_a = \sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2) \quad (2.4)$$

Tabel 2.3 Harga batas  $d.n$  (sularso dan kiyokatsu suga, 1994)

Macam Bantalan	Pelumasan Gemuk	Pelumasan Minyak
Bantalan bola alur dalam	200.000	350.000
Bantalan bola sudut: $\alpha \leq 22$	200.000	350.000
$\alpha \geq 22$	150.000	300.000
Bantalan rol Silinder	200.000	350.000
bantalan rol kerucut	120.000	200.000
Bantalan rol mapan sendiri	100.000	150.000
Bantalan bola aksial	60.000	90.000

Bantalan bola alur dalam dan bantalan bola sudut serta bantalan rol silinder pada umumnya dipakai untuk putaran tinggi, bantalan rol kerucut dan bantala mapan sendiri untuk putaran sedang, bantalan aksial putaran rendah. Harga-harga yang diberikan dalam tabel diatas merupakan batas untuk kondisi kerja terus menerus dalam keadaan biasa. Untuk bantalan yang diameter dalamnya di bawah 10 (mm), atau lebih dari 200 (mm), terdapat harga-harga ysnng lebih rendah. Dalam hal pelumasan dengan gemuk, harga batas tersebut umur gemuk 1000 jam. Untuk pelumasan celup, 2-2,5 kali harga didalam table dapat diterima, untuk pelumasan dengan pompa 3-5 kali harga dalam tabel dapat diterima.

#### (4). Tekanan bantalan

Bantalan dapat berbentuk silinder, bola, atau kerucut. Yang paling banyak adalah yang berbentuk silinder. Yang dimaksud dengan tekanan adalah beban radial dibagi luas proyeksi bantalan, yang besarnya sama dengan beban rata-rata yang diterima oleh permukaan bantalan, yang besarnya sama dengan beban rata-rata yang diterima oleh permukaan bantalan.

## 2.5 Bahan Bantalan Gelinding

Cincin dan elemen bantalan gelinding pada bantalan umumnya dibuat dari baja bantalan khrom karbon tinggi. Baja bantalan dapat memberikan efek stabil pada perlakuan panas. Baja ini dapat memberikan umur panjang dengan keausan sangat kecil. Dengan kemajuan dalam teknik hampa pada akhir-akhir ini, telah dikembangkan baja bantalan cair hampa. Baja macam ini tidak sesuai untuk produksi massal dan sangat mahal sehingga hanya dipakai di mana diperlukan baja murni.

Produksi massal dari baja bantalan de-gas hampa telah menghasilkan umur bantalan yang lebih panjang. Untuk bantalan yang memerlukan ketahanan khusus terhadap kejutan, dipakai baja paduan karbon rendah yang kemudian diberi perlakuan panas dengan sementasi. Baja semen yang kedalaman sementasinya dan kekerasan dari inti dan permukaannya adalah sedang, dapat menahan tumbukan yang besarnya beberapa kali kemampuan baja bantalan.

Untuk bantalan yang tahan panas dan tahan karat terdapat baja kecepatan tinggi atau deretan martensit dari baja tahan karat. Bahan untuk sangkar, yang mengalami kontak gesekan dengan elemen gelinding, harus tahan aus dan tidak mudah patah. Sangkar untuk bantalan kecil dibuat dengan mengepres pita baja yang di finis dari baja karbon rendah atau plat baja yang difinis. Untuk pemakaian khusus, plat kuningan atau plat baja tahan karat juga sering dipakai.

Tabel 2.4 Klasifikasi bantalan gelinding serta karakteristiknya (sularso dan kiyokatsu suga, 1994).

Klasifikasi				Karakteristik					Ketelitian	
B e b a n	Elemen gelinding	Baris	Tipe	Beban radial	Beban aksial	Putaran	Ketahanan terhadap tumbukan	Gesekan		
R a d I a l	Bola	Baris tunggal	Alur dalam	Sedang	sedang	Sangat Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	
			Mapan sendiri	Sangat Ringan	sangat ringan	Tinggi	Sangat rendah	Sangat rendah		
		Baris ganda	Mapan sendiri	Ringan	sangat ringan	Tinggi	Sangat rendah	Rendah	Sedang	
			Alur dalam	Sedang	ringan	Sedang	Rendah			
	Rol	Silinder	Baris tunggal	Tipe N,NU	Berat	Tidak dapat	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
			Baris ganda	Tipe NN		Tidak dapat	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi
	Bulat	Baris ganda	Mapan sendiri	Sangat berat	sedang	sedang	Tinggi	Tinggi	Sedang	
G a b u n g a n	Bola	Baris tunggal	Kontak sudut	Sedang	Agak berat	Sangat Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	
			Magneto	Ringan	ringan	Tinggi			Sedang	
		Baris ganda	Kontak sudut	Sedang	sedang	Sedang			Sedang	
	Rol kerucut	Baris tunggal	Berat	Sangat berat	Berat	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi	
		Baris ganda	Sedang						Sedang	
A k s i a l	Bola	Baris tunggal dan ganda		Tidak dapat	Agak berat	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi	
	Silinder	Baris tunggal, ganda, tiga			Sangat berat	Sangat Rendah	Tinggi	Tinggi	Sedang	
		Kerucut	Baris tunggal							

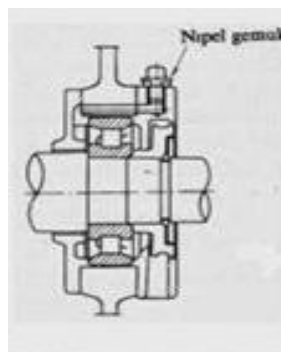
### 1. Pelumasan Bantalan Gelinding

Pelumasan bantalan gelinding terutama dimaksud untuk mengurangi gesekan dan keausan antara elemen gelinding dang sangkar, membawa keluar panas yang terjadi,yaitu pelumasan gemuk dan pelumasan minyak



Pelumasan gemuk lebih disukai karena penyekatnya lebih sederhana, dan semua gemuk yang bermutu baik dapat memberikan umur panjang. Cara yang umum untuk penggemukan adalah mengisi bagian dalam bantalan dengan gemuk sebanyak mungkin, untuk ruang yang cukup besar, jika harga  $d.n$  mendekati batas, 40(%) dari seluruh ruangan yang ada dapat diisi untuk harga  $d.n$  yang lebih kecil, sebanyak 60(%); untuk harga  $d.n$  kurang dari 5000, pengisian gemuk yang agak berlebihan tidak menjadi keberatan.

Bila bantalan cukup rapat terhadap kemungkinan masuknya benda asing, umurnya dapat di harapkan sampai 3 harga di atas. Perhatikan gambar 2.18

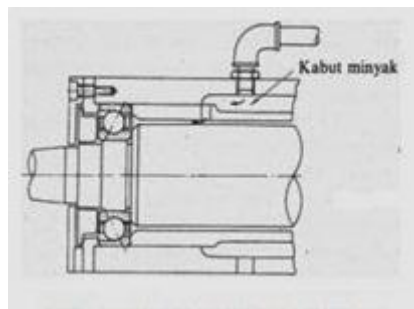


Gambar 2.18 Nipel Gemuk

Pelumasan minyak merupakan cara yang berguna untuk kecepatan tinggi atau temperatur tinggi. Yang paling sering digunakan diantaranya adalah pelumasan celup. Pada cara ini, dengan poros mendatar, minyak harus diisikan sampai tengah-tengah elemen gelinding yang terendah. Adalah suatu keharusan bahwa temperatur minyak dijaga tetap. Untuk maksud ini, dapat dipakai pipa pendingin, atau sirkulasi air. Untuk poros tegak bila berputar di bawah batas kecepatan,

tinggi permukaan minyak harus sedemikian rupa hingga 30-50(%) dari elemen gelinding yang tercelup minyak.

Untuk kecepatan dan beban ringan, seperti spindel mesin gerinda, pelumasan tetes atau lembab sangat efektif. Pada acara ini, minyak diteteskan pada elemen gelinding untuk membentuk kelembaban didalam rumah bantalan. Pada harga  $d.n$  sangat tinggi dan berat, seperti turbin gas, dipakai pelumasan pompa. Ukuran nozel, tekanan minyak, dan jumlah aliran minyak tergantung pada jenis bantalan, harga  $d.n$ , dan, kondisi kerja. Untuk aliran minyak yang besar, system pelumasan harus dibuat sedemikian rupa hingga kelebihan minyak akan di kembalikan ke resevoir minyak. Seperti gambar 2.19.



Gambar 2.19 Pelumasan kabut minyak

### 2.5.1 Sekat Pelumasan

Untuk mencegah kebocoran pelumas serta masuknya benda asing, terdapat bermacam-macam alat penyekat. Alat-alat tersebut dapat dipakai sendiri-sendiri atau dalam gabungan.

1. Sekat dengan gesekan

(a) Cincin O merupakan cincin dengan penampang lingkaran. Cincin dipasang pada alur yang dibuat pada bidang atau batas yang akan dirapatkan sedemikian rupa hingga jika dikenai tekanan dari sebelah dalam, cincin akan mengalami deformasi yang akan mencegah kebocoran. Bahan yang sering dipakai adalah karet sintetis, karet alam, dan plastik. Cincin O untuk pemakaian umum mencakup kelas 1 (tahan pelumas minyak bumi), kelas 2 (tahan bensin), kelas 3 (tahan minyak hewan dan tumbuhan), dan kelas 4 (tahan panas). Sebagai tanda, sebagian dari permukaan luarnya diberi warna biru, merah, kuning atau hijau.

(b) Sil minyak merupakan suatu kesatuan yang terdiri atas karet sintetis dengan penampang tertentu, cincin logam, dan cincin pegas. Sil minyak dapat menyekat lebih rapat dari cincin O, serta dapat dipergunakan pada poros yang berputar maupun bergerak bolak balik. Cincin ini sebelah dalam lebih besar, dan lingkungan yang banyak berdebu. Hal ini perlu dapat perhatian khusus adalah tahanan gesek dan keausan pada bibir karet yang menekan rapat pada permukaan poros yang berputar.

(c) Paking bibir adalah untuk alat hidrolis atau numatik bertekanan tinggi. Paking berbentuk V dipakai secara berlapis-lapis, tergantung pada besarnya tekanan. Paking U dapat menahan tekanan yang lebih tinggi tiap lapisannya, meskipun hanya dapat dipakai untuk gerakan bolak-balik.

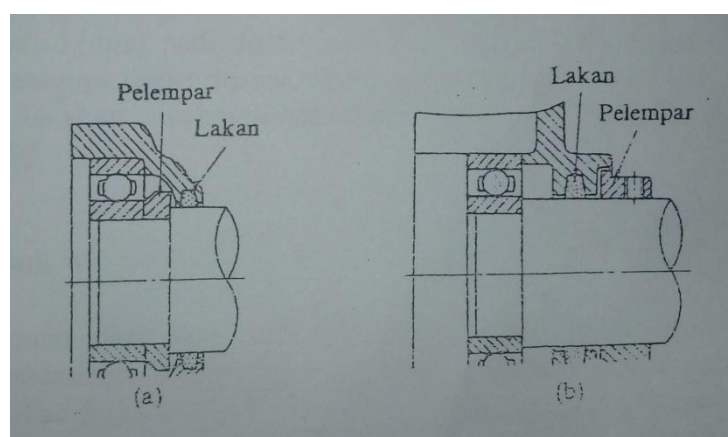
## 2. Sekat Tanpa Gesekan

(a) Alur minyak. Beberapa jajar alur, 3-5 (mm) lebar, 4-5 (mm) dalam, dimuat pada poros atau pada rumah bantalan atau pada keduanya. Cara ini dipakai untuk kecepatan rendah. Pelumas yang dipakai dapat berupa minyak dan gemuk.

Untuk diameter poros tidak lebih dari 50 (mm), besarnya kelonggaran harus 0,25-0,4 (mm), dan untuk diameter lebih dari 50 (mm), 0.5-1,0 (mm).

(b) Paking labirin dapat berfungsi sebagai penyekat yang baik dan cocok untuk mencegah kebocoran minyak atau gemuk dari poros berkecepatan yang tinggi. Banyaknya liku-liku pada labirin harus dibuat cukup agar minyak atau gemuk tidak bocor dan debu tidak masuk. Karena tidak bergesek, maka paking labirin tidak mengalami bahaya keausan dan kenaikan temperatur. Namun demikian paking ini relative sulit membuatnya. Untuk poros dengan diameter sampai 50 (mm), kelonggaran radial adalah 0,25-0,4 (mm), dan kelonggaran aksial adalah 1-2 (mm) dan untuk diameter lebih dari 50 (mm), kelonggaran radial sebesar 0,5-1,0 (mm) dan aksial 3-5 (mm).

(c) Pelempar yang berputar bersama poros di pergunakan untuk mengibaskan minyak dan debu dengan efek sentrifugal , sehingga hilangnya minyak dari bantalan dan masuknya debu dapat dicegah. Pelempar yang digabungkan dengan cincin akan memberikan penyekatan yang lebih baik seperti gambar 2.20.



Gambar 2.20 Pelempar

## 2.6 Notasi Matrix

Metode Matrix adalah yang digunakan dalam metode elemen hingga untuk keperluan menyederhanakan rumus persamaan kekakuan elemen, untuk tujuan perhitungan manual, solusi dari berbagai masalah dan yang paling penting untuk digunakan di dalam pemrograman. Oleh karena itu notasi matriks mewakili notasi yang sederhana dan mudah digunakan untuk memecahkan masalah melalui persamaan aljabar.

## **2.7 Ansys**

Ansys adalah suatu perangkat lunak komputer umum yang mampu menyelesaikan persoalan-persoalan elemen hingga dari pemodelan hingga analisis. Ansys ini digunakan untuk mensimulasikan semua disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis structural (kedua-duanya linier dan non linier), perpindahan panas, dinamika fluida, dan elektro magnetic untuk para engineer.

Ansys dapat mengimport data *Solidworks* dan juga memungkinkan untuk membangun geometri dengan kemampuan yang "*preprocessing*". Demikian pula dalam preprocessor yang sama, elemen hingga model (jarring alias) yang diperlukan untuk perhitungan hasil. Setelah mendefinisikan beban dan melakukan analisis, hasil dapat dilihat sebagai numeric dan grafis.

Ansys bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan pendeskritisasiannya dimana membagi atau memecah objek analisis satu rangkain kesatuan kedalam jumlah terbatas elemen hingga yaitu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node.

Hasil yang diperoleh dari ansys ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara kita memecah model tersebut dan menggabungkannya.

Secara umum, suatu solusi elemen hingga dapat dipecahkan dengan mengikuti 3 tahapan. Tahapan ini merupakan panduan umum yang dapat digunakan untuk menghitung analisis elemen hingga.

1. Model generation:

- Penyederhanaan, idealisasi.
- Menentukan bahan/sifat material.
- Menghasilkan model elemen hingga.

2. Solusi

- Tentukan kondisi batas.
- Menjalankan analisisnya untuk mendapatkan solusi.

3. Hasil ulasan:

- Plot/daftar hasil
- Peiksa validitas

## 2.8 Pemodelan Kekauan Bantalan

Memodelkan kekauan bantalan sebagai fungsi defleksi linear dan defleksi angular sehingga dapat dinyatakan dalam bentuk matrik sebagai berikut:

$$[K]_{ij} = \begin{bmatrix} \partial F_{bi}/\partial \delta_j & \partial F_{bi}/\partial \beta_j \\ \partial M_{bi}/\partial \delta_j & \partial M_{bi}/\partial \beta_j \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Dimana I, j menyatakan arah x, y, z. Gaya (F) dan momen (M) yang bekerja pada bantalan, diformalisasikan dalam pers. (2.6) dan (2.7) berikut:

$$\begin{cases} F_{bxm} \\ F_{bym} \\ F_{bzm} \end{cases} = \sum_{k=1}^Z Q_J \begin{cases} \cos\alpha_k - \cos\psi_k \\ \cos\alpha_k - \sin\psi_k \\ \sin\alpha_k \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\begin{cases} F_{bxm} \\ F_{bym} \\ F_{bzm} \end{cases} = \sum_{k=1}^Z r_k Q_J \sin\alpha_k \begin{cases} \sin\psi_k \\ -\cos\psi_k \\ 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

Pada penelitian ini kekakuan bantalan ditentukan menggunakan kaidah kontak hertzian dengan perubahan Cd sebagai parameter utama. Penurunannya adalah sebagai berikut

$$Q = K_n \cdot \delta^n \quad (2.8)$$

$K_n$  tergantung pada geometrid an material elemen bantalan yang bersentuhan, serta dinyatakan dalam pers. (2.9) berikut :

$$K_n = \frac{4}{3, \pi(h_1 + h_2)} \bar{R} \quad (2.9)$$

dimana :

$$\bar{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; h_s = \frac{1 - V_s^2}{\pi E_s}; s = 1, 2$$

Menyederhanakan pers. (2.9) tersebut menjadi persamaan berikut :

$$K_n = \left[ 1 / \left( \frac{1}{K_i} \right)^{\frac{1}{n}} + (1/K_0)^{1/n} \right]^n \quad (2.10)$$

Besar nilai n untuk kontak garis (bantalan rol), adalah 1,11 sedangkan  $K_i$  dan  $K_0$  adalah  $K_1$  berikut:

$$K_1 = 7,89 \cdot 10^4 \ell^{8/9} \quad (2.11)$$

Defleksi radial pada setiap posisi elemen gelinding dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\delta_{\psi} = \delta_r \cos\psi - \frac{1}{2} CD \quad (2.12)$$

Persamaan 2.12 diatas dapat dituliskan dalam fungsi defleksi radial maksimum sebagai berikut :

$$\delta_{\psi} = \delta \max \left[ 1 - \frac{1}{2.\varepsilon} (1 - \cos\psi) \right] \quad (2.13)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2.\varepsilon} \left( 1 - \frac{CD}{2.\delta_r} \right) \quad (2.14)$$

Bantalan yang aus, memiliki nilai *load distribution factor* antara nilai 0 hingga 0,5. Besar  $\varepsilon$  yang dihitung dengan persamaan (2.14), akan digunakan untuk menentukan  $Jr(\varepsilon)$  menghasilkan persamaan berikut :

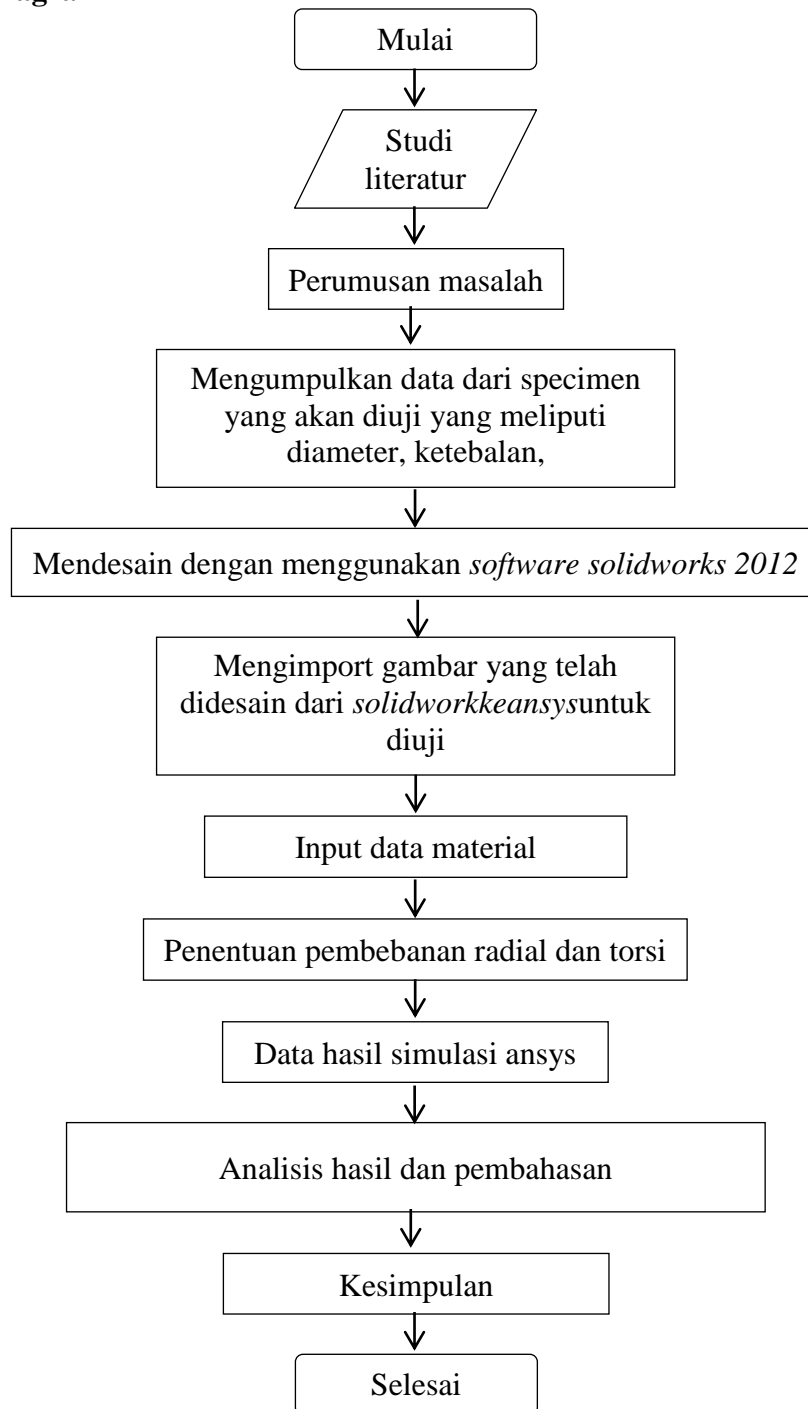
$$Jr(\varepsilon) = \frac{p_1.\varepsilon^5 + p_2.\varepsilon^4 + p_3.\varepsilon^3 + p_4.\varepsilon^2 + p_5.\varepsilon + p_6}{\varepsilon^5 + q_1.\varepsilon^4 + q_2.\varepsilon^3 + q_3.\varepsilon^2 + q_4 + q_5} \quad (2.15)$$

(Sumber: Departemen Teknik Mesin Institut Teknik Bandung)



**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1. Diagram Alir**



Gambar 3.1. Diagram Alir

### 3.2. Tempat Dan Waktu

#### 3.2.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi numerik unjuk kerja penggunaan *bearing* dengan menggunakan *software Ansys Workbench 14.0*, dan mendesain *bearing* menggunakan *solidwork 2012* dilakukan di Laboratorium Komputer Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

#### 3.2.2 Waktu

Waktu pelaksanaan studi numerik dilakukan selama 8 bulan setelah proposal tugas sarjana disetujui.

Tabel 3.1. Waktu penelitian

No	KEGIATAN	BULAN (2017-2018)							
		7	8	9	10	11	12	1	2
1	Referensi Judul	■							
2	ACC Judul	■							
3	Pembuatan Proposal		■	■					
4	Pembuatan Prototype <i>Belt Conveyor</i>				■	■	■		
5	Pengujian Bearing				■	■			
6	Pembuatan Laporan					■	■	■	
7	Seminar					■	■	■	
8	Sidang								

### 3.3. Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam studi numerik ini adalah :

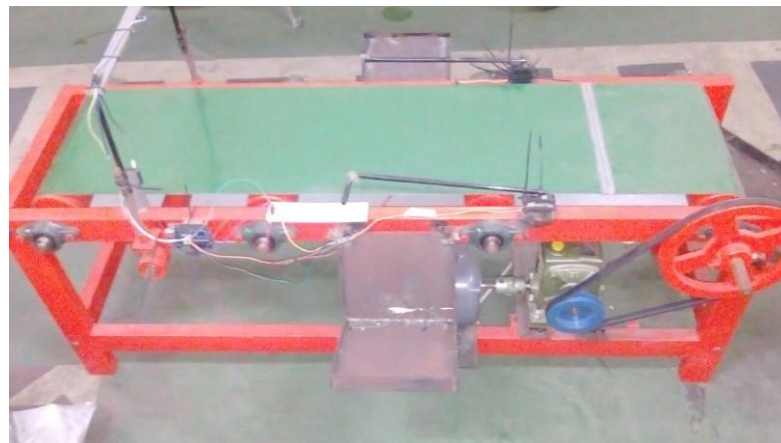
#### 3.3.1 Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut :

1. *Processor* : *Intel (R) core (TM) i3 CPU M 370 @ 2.40 GHz*
2. *RAM* : *2.00 GB (1,74 GB Usable)*
3. *Operating system* : *windows 7 pro 64 bit operating system*

### **3.3.2. Prototype Belt Conveyor**

*Belt conveyor* yang digunakan dalam perancangan ini terletak dilaboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. *Belt conveyor* ini merupakan mesin uji yang digunakan untuk mendapatkan unjuk kerja pada bearing seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Belt conveyor

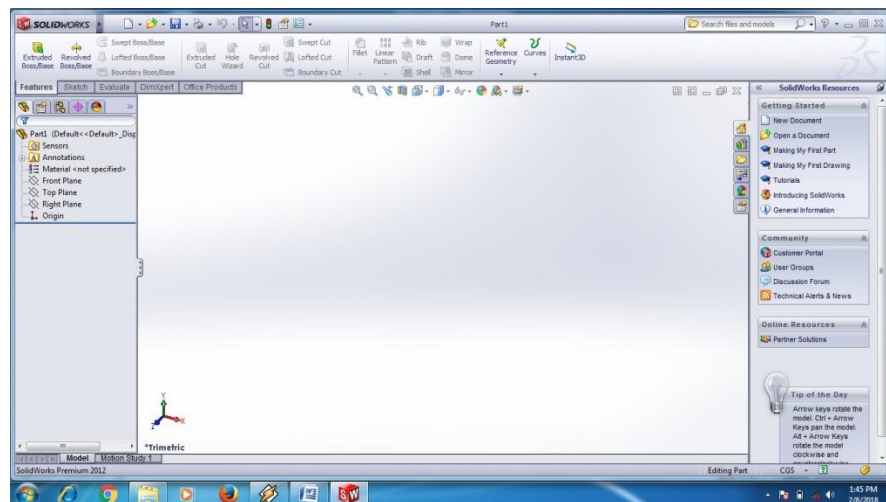
## **3.4. Tahap Awal**

### **3.4.1 Membuka Solidwork 2012**

Untuk membuka solidwork 2012 dimulai dengan mengklik start menu solidwork. Tampilan layar pembuka solidwork 2012 dan tampilan jendela kerja solidwork secara berurutan diberikan pada gambar 3.3 dan 3.4



Gambar 3.3 Tampilan awal solidwork

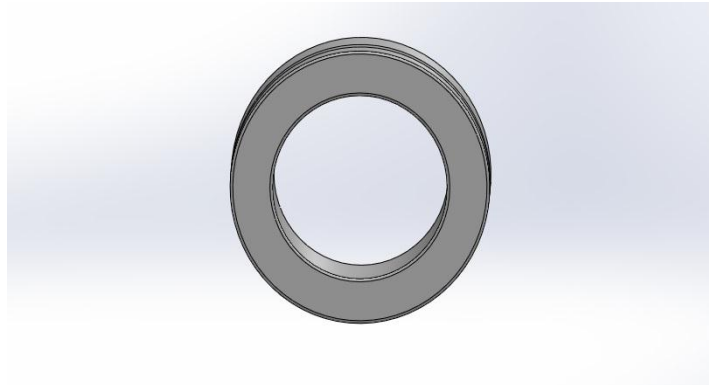


Gambar 3.4 Tampilan jendela kerja solidwork

### 3.4.2 Desain *Ball Bearing Prototype Belt Conveyor*

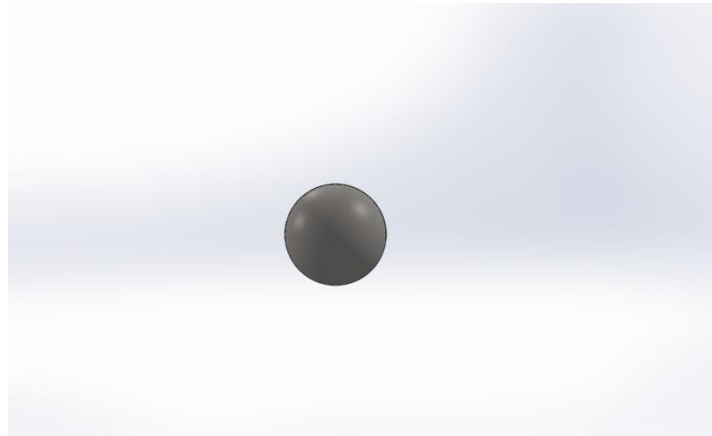
Desain *inner ring* dengan diameter 19.50 mm yang akan disimulasikan adalah sebagai berikut:

- a. Desain *inner ring*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



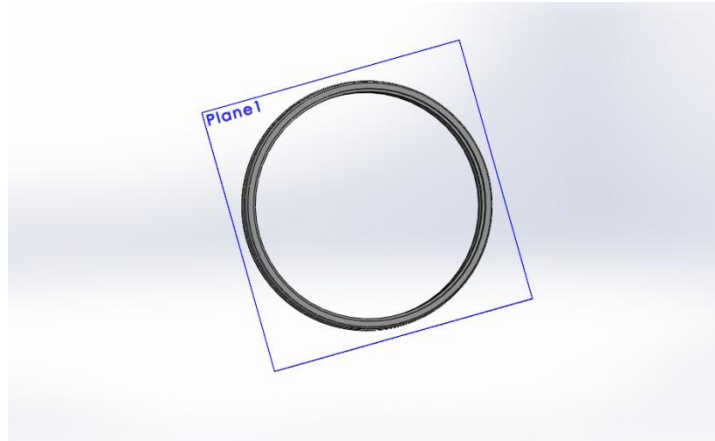
Gambar 3.5. Desain inner ring

- b. Desain *ball bearing* dengan diameter 8 mm dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Ball bearing

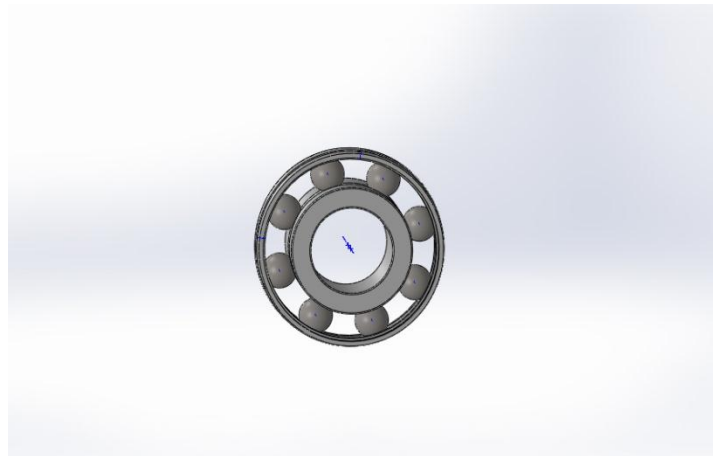
C. Desain outer ring yang akan disimulasikan dengan diameter 41 mm adalah sebagai berikut gambar 3.7.



Gambar 3.7. Desain outer ring

### 3.5. Desain Component Bearing

Desain Component ball bearing telah dibuat dengan menggunakan *software solidworks 2012*, dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Desain Component yang telah dibuat dengan *software solidworks 2012*

### 3.6. Material Bearing

Material bearing yang direncanakan adalah baja struktural dan Aluminium alloy . Sifat mekanik dari baja struktural diambil dari data yang ada pada perangkat lunak *Ansys Workbench 14.0*, yaitu :

$$\text{Modulus Young} = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Density} = 7850 \text{ kg/m}^3 = 7.85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$$

$$\text{Poisson's ratio} = 0.3$$

$$\text{Ultimate strength} = 460 \times 10^8 \text{ Pa} = 460 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus Shear} = 76923 \times 10^8 \text{ Pa} = 76923 \text{ Mpa}$$

Sifat mekanik dari Aluminium alloy diambil dari data yang ada pada perangkat lunak *Ansys Workbench 14.0*, yaitu :

$$\text{Modulus Young} = 71000 \text{ MPa} = 71 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Density} = 2770 \text{ kg/m}^3 = 2.77 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$$

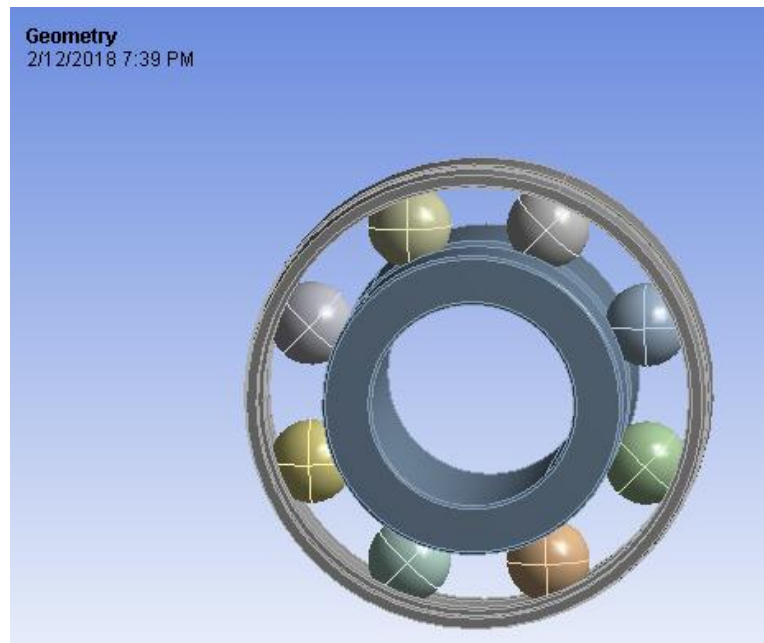
$$\text{Poisson's ratio} = 0.33$$

$$\text{Ultimate strength} = 310 \times 10^8 \text{ Pa} = 310 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus Shear} = 26692 \times 10^8 \text{ Pa} = 26692 \text{ Mpa}$$

### 3.7. Import data gambar

Import data gambar adalah gambar yang telah jadi di solidwork selanjutnya dipindah untuk diuji pada sofwer ansys seperti terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Import data gambar dari solidwork ke ansys

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Numerik Pada Bearing

Untuk Menganalisa perlu diketahui spesifikasi dari penggerak mula yang digunakan pada saat penelitian.

Diketahui = Daya motor	: 1/2 Hp = 0,3675 Kw
Putaran Motor	: 1450 Rpm
$\sigma_B$ (Kekuatan tarik bahan poros)	: 460 MPa (Baja Struktural )
$\sigma_B$ (Kekuatan tarik bahan poros)	: 310 MPa (Aluminium alloy )
$sf_1$ (factor keamanan bahan)	: 6.0
$sf_2$ ( Faktor keamanan bentuk)	: 1.6
Beban yang diberikan	: 200 kg = 200 N

$$\begin{aligned}P_d &= f_c \times P \text{ (Kw)} \\ &= 1,1 \times 0,3675 \\ &= 0,40425 \text{ Kw}\end{aligned}$$

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{(Pd)}{(n)}$$

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{0,40425 \times 9,74 \times 10^5}{1450} \\ &= 271,5445 \text{ Kg/mm} = 271.5445 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{sf_1 \times sf_2}$$



$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{460}{6.0 \times 1.6} \\ &= 47.9166 \text{ Mpa/mm}^2 \\ &= 47.9166 \times 10^6 \text{ Pa (Tegangan izin pada bahan Baja structural)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{\sigma_B}{sf_1 \times sf_2} \\ \tau_a &= \frac{310 \text{ MPa}}{6.0 \times 1.6} \\ &= 32.29166 \text{ Mpa/mm}^2 \\ &= 32.29166 \times 10^6 \text{ Pa (Tegangan izin pada bahan Aluminum alloy)}\end{aligned}$$

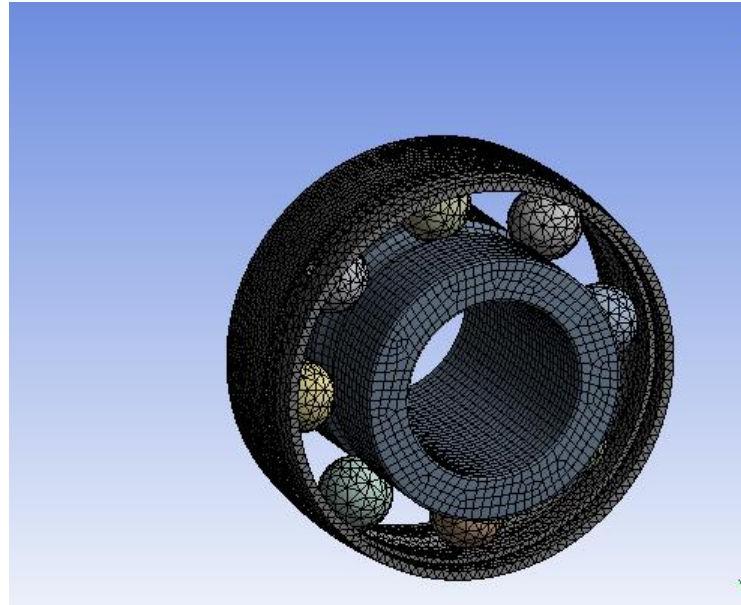
## 4.2. Simulasi Menggunakan Ansys Workbench 14.0

### 4.2.1 Memulai Simulasi

Didapat beberapa hasil analisa dari simulasi yang telah dijalankan, yaitu : *total deformation, equivalent stress, dan equivalent elastic strain.*

### 4.2.2. Meshing

*Meshing* merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, dan kecepatan konvergensi dari solusi. Pemberian *meshing* pada benda kerja diperlihatkan pada gambar 4.1 dilakukan dengan cara :Klik *Mesh* → *Generate Meshing*



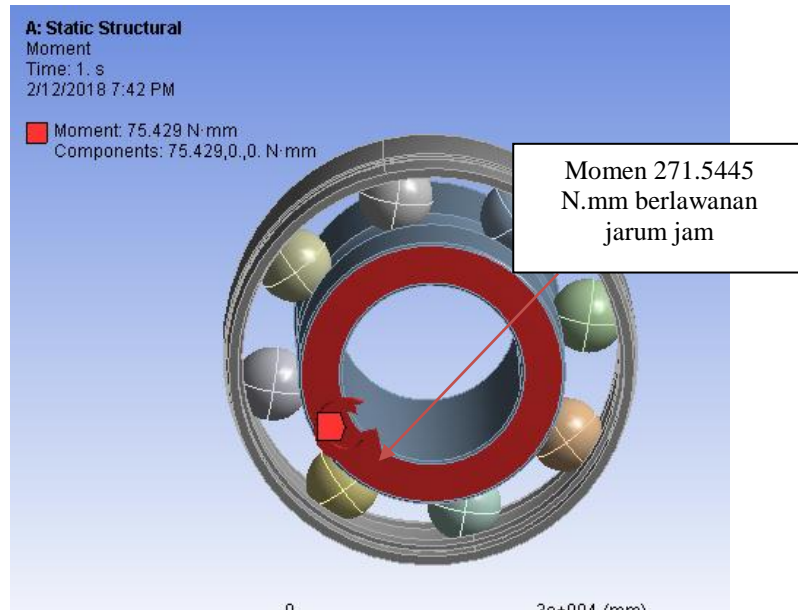
Gambar 4.1 Hasil meshing

Untuk melihat hasil simulasi klik solve

Pada saat memulai simulasi diberi pembebanan radial sebesar 200 N dan momen puntir sebesar 271.5445 N/mm diperlihatkan dari gambar 4.2 dan 4.3 dibawah ini



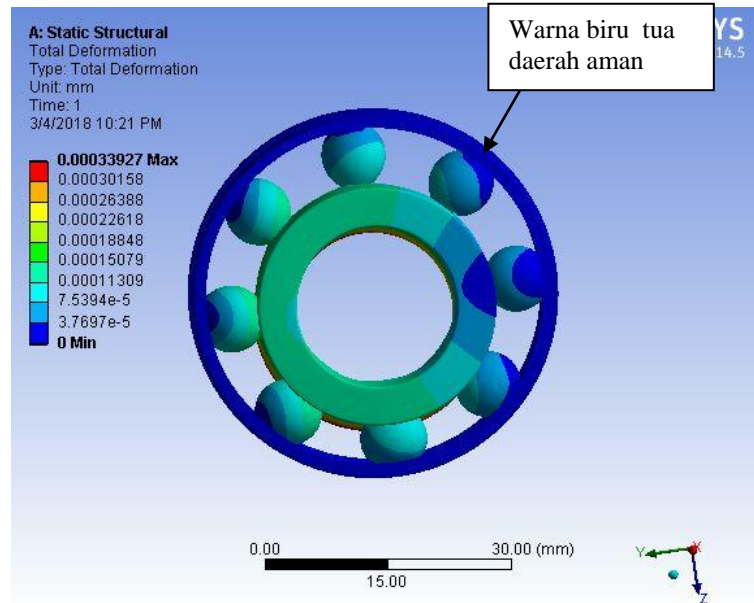
Gambar 4.2 Diberi pembebanan (force)



Gambar 4.3 Puntir (momen)

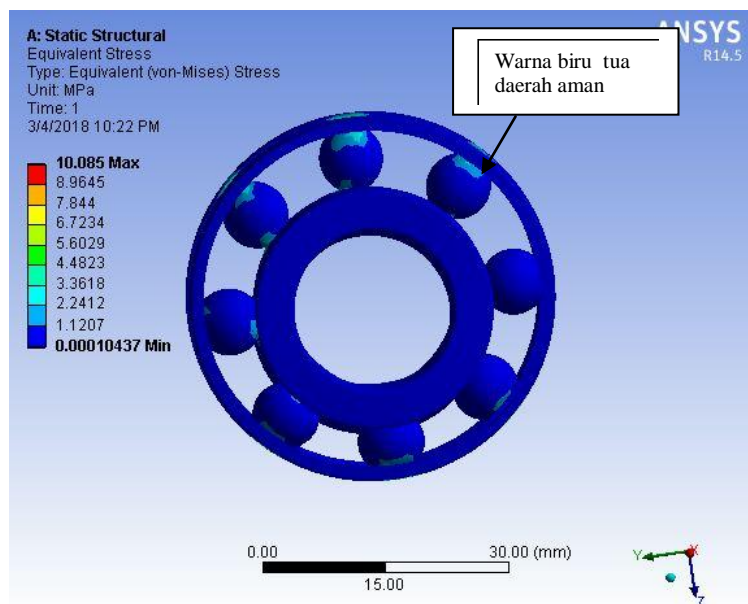
#### 4.2.3 Hasil Simulasi Baja Struktural Steel

1. Hasil simulasi total deformasi memperlihatkan simulasi pembebanan diberi warna merah karna paling terbebani. Yang aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi wana biru muda, total deformation dari bearing, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material atau benda. Jika dilihat dari nilai maksimumnya maka bearing tidak mengalami sedikit perubahan dari segi bentuk, dimensi dan posisinya. Nilai *Max* 0.00033927mmdan nilai *Min* sebesar 0 mm seperti diperlihatkan pada gambar 4.4 dibawah ini.



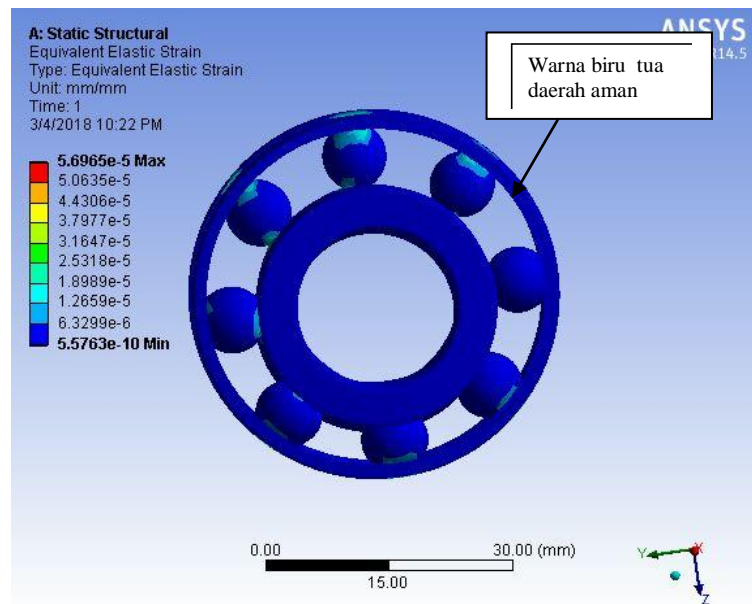
Gambar 4.4 Total deformasi akibat pembebanan

2. Hasil simulasi equivalent stress penggabungan antara beban elastis ditambah dengan beban. memperlihatkan simulasi pembebanan  $Max\ 10.085\ MPa$  ditandai dengan warna merah karena daerah tersebut paling terbebani/kritis dan  $Min\ 0.00010437\ MPa$  sedangkan bagian yang berwarna biru tua daerah yang aman, diperlihatkan pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Equivalent stress akibat pembebanan

3. Hasil simulasi equivalent strain memperlihatkan simulasi pembebanan  $Max 5.695 \times 10^{-5} \text{ mm/mm}$  dan  $Min 5.5763 \times 10^{-10} \text{ mm/mm}$ . Susunan warna, warna yang paling merah warnanya adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini didominasi warna biru tua yang artinya daerah aman seperti diperlihatkan pada gambar 4.6 dibawah ini.

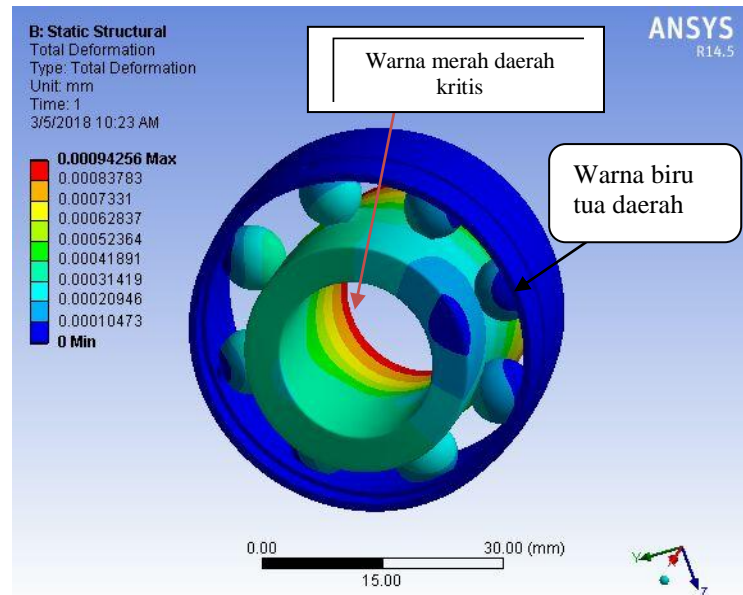


Gambar 4.6 equivalent strain akibat pembebanan

#### 4.2.4 Hasil Simulasi Aluminium Alloy

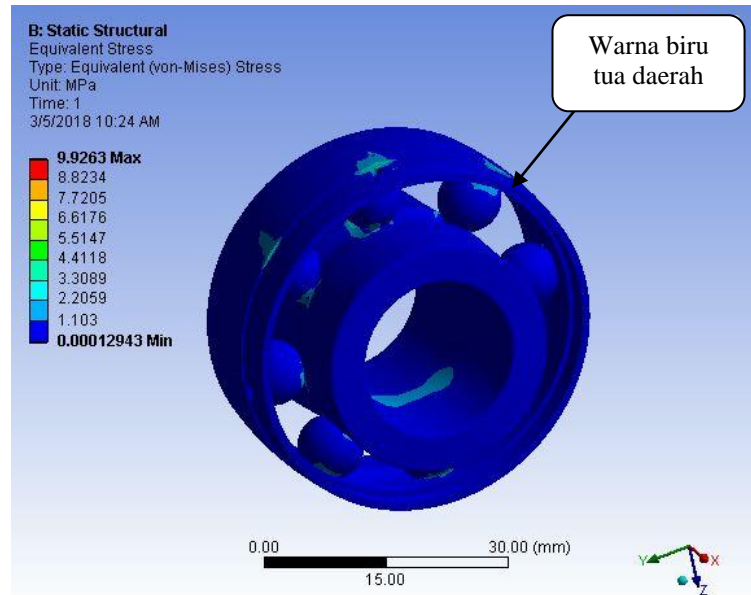
1. Hasil simulasi total deformasi memperlihatkan simulasi pembebanan diberi warna merah karena paling terbebani. Yang aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi warna biru muda, total deformation dari bearing, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material atau benda. Jika dilihat dari nilai maksimumnya maka bearing tidak mengalami sedikit perubahan dari segi bentuk, dimensi dan posisinya, inner ring yang akan mengalami perubahan karena Total deformation maksimum yang diterima oleh inner ring bagian belakang di beri warna merah, daerah kritis ini

adalah sebesar *Max* 0.00094256mm dan nilai *Min* sebesar 0 mm seperti diperlihatkan pada gambar 4.7 dibawah ini.



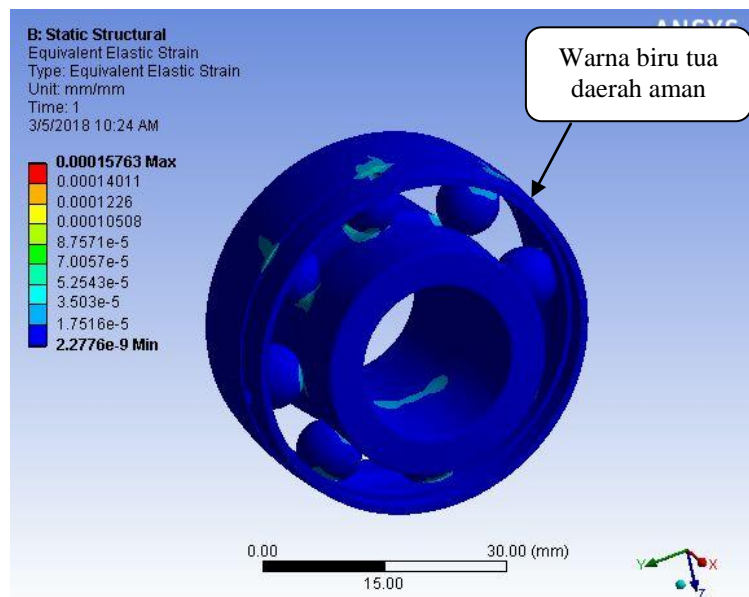
Gambar 4.7 Total deformasi

2. Hasil simulasi equivalent stress penggabungan antara beban elastis ditambah dengan beban, memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* 9.9263 MPa ditandai dengan warna merah karena daerah tersebut paling terbebani/kritis dan *Min* 0.00012943MPa sedangkan bagian yang berwarna biru tua daerah yang aman, diperlihatkan pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Equivalent stress

3. Hasil simulasi equivalent strain memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 0.00015763 mm/mm* dan *Min 2.2776x 10<sup>-9</sup> mm/mm*. Susunan warna, warna yang paling merah warnanya adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini didominasi warna biru tua yang artinya daerah aman seperti diperlihatkan pada gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.9 equivalent strain

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa numerik dan simulasi menggunakan perangkat lunak *Ansysworkbench 14.0*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan hasil simulasi bahan baja structural dan aluminium alloy, sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan simulasi bahan baja struktural pembebanan didapatkan nilai hasil :

Total deformasi maksimal  $= 0.00030158mm$

Equivalent stress maksimal  $= 10.085MPa$

Equivalent strain maksiamal  $= 5.695 \times 10^{-5} mm/mm$

2. Hasil perhitungan simulasi aluminium alloy pembebanan didapatkan nilai hasil :

Total deformasi maksimal  $= 0.00094256mm$

Equivalent stress maksimal  $= 9.9263MPa$

Equivalent strain maksiamal  $= 0.00015763mm/mm$

Hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa perbandingan bahan bearing baja structural lebih bagus dan kuat dibandingkan dengan bahan aluminium alloy.

#### 5.2. Saran

1. Untuk penelitian analisa numerik selanjutnya diharapkan lebih mengembangkan jenis bearing.



- 
2. Pada pengujian bearing berikutnya diharapkan menggunakan 2 software untuk melihat hasil perbandingan simulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Indra Kurniawan, (2012). “*Pemeliharaan dan Perawatan Bantalan Pada Mesin Uji Tarik*”, Universitas Indonesia, Depok.
- Parno Raharjo, (2015). “*Karakteristik Getaran Pada Bantalan Bola Menyelaras Sendiri Karena Kerusakan Sangkar*” Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
- Komarudin Dan Razul Harfi(2012). “*Analisis Pengaruh Variasi Viskositas Pelumas Terhadap Perubahan temperatur Pada Simulator Alat Uji Pelumas Bantalan*.”
- Erinofriadi, (2011), “*Desain Umur Bantalan Carrier Idler Belt Conveyor PT. Pelindo II Bengkulu*”, Universitas Bengkulu.
- Kunto Aji,, (2007).”*Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding Pada Pompa Setrifugal Dengan Analisa Sinyal Getaran*”.Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sularso MSME, Kiyokatsu Suga (1994). “*Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*”, Jakarta, PT.Pradyana Paramita.
- Waltham, MA 025451 (2017). “*Solidwork Essentials, Solidwork Training*”, Jakarta, PT.Prosinergi Multitama.
- Richard G,Budynas And J. Keith Nisbel(2011). “*Shigley’s Mechanical Engineering Design*”.
- Departemen Teknik Mesin (2004) “*Kaji eksperimental dan Numerik Minerja Cyclo Dust Filter*”. Institut Teknik Bandung
- .
- .