

## **TUGAS AKHIR**

### **PEMODELAN 3D SISTEM POROS ROTOR ANISOTROPI DENGAN MENGUNAKAN *SOFTWARE AUTODESK INVENTOR***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Tahap Sarjana



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG, 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMODELAN 3D SISTEM POROS ROTOR ANISOTROPI DENGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE AUTODESK INVENTOR***



Pembimbing Utama,

**Dr.-Ing Jhon Malta**

NIP. 197601282000121001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN  
TINGGI, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS ANDALAS

## JURUSAN TEKNIK MESIN

Kampus Limau Manis, PADANG 25163

Telp. 0751-72497 Fax. 0751-72566

### PENETAPAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas diberikan kepada :

Nama : Rusdi Aziz

Nomor Induk Mahasiswa : 1410911029

Dosen Pembimbing : Dr. –Ing. Jhon Malta

Waktu Penyelesaian : ± 10 Bulan

Judul Tugas Akhir : *Pemodelan 3D Sistem Poros Rotor Anisotropi  
Dengan Menggunakan Software Autodesk Inventor*

Uraian Tugas Akhir :

1. Studi literatur
2. Pembuatan pemodelan 3D sistem rotor dinamik menggunakan *Software Autodesk Inventor*.
3. Pengambilan data secara analitik model 3D sistem rotor dinamik menggunakan *Software Autodesk Inventor*.
4. Perbandingan data hasil eksperimen terhadap data analitik model 3D sistem rotor dinamik menggunakan *Software Autodesk Inventor*.
5. Analisis dan Pembahasan.

Padang, Mei 2018

Pembimbing Utama

Dr.–Ing.JhonMalta  
NIP. 19760128200012 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal tugas akhir ini. Tidak lupa pula, penulis mengucapkan shalawat dan salam untuk Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi penulis karena telah membimbing umatnya kepada zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Laporan ini ditulis untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan tahap sarjana di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

Pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. -Ing Jhon Malta yang telah membimbing, memberi pengajaran, nasehat dan diskusi-diskusi dalam penulisan laporan ini. Disamping itu ucapan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. -Ing Mulyadi Bur sebagai kepala Laboratorium Dinamika Struktur, tempat dimana penulis melaksanakan tugas akhir.

Tidak lupa pula penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada orang tua, rekan, saudara dan semua keluarga penulis yang selalu memberi dukungan dan do'a selama penulis menempuh pendidikan. Kemudian terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh asisten Laboratorium Dinamika Struktur yang telah membantu dalam pengerjaan laporan proposal tugas akhir ini, dan kepada seluruh rekan-rekan Mahasiswa Mesin Universitas Andalas terutama angkatan 2014, serta seluruh teman-teman penulis yang telah memberikan dorongan dan motivasi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa ada kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini baik dari segi penyusunan bahasa, uraian materi, maupun segi lainnya. Penulis sangat mengharapkan adanya kritik, saran dan perbaikan sehingga dapat menyempurnakan laporan ini.

Padang, Juli 2019

Penulis

## ABSTRAK

*Sistem poros rotor merupakan suatu sistem penggerak yang sering ditemukan dalam dunia industri. Masalah yang sering ditemukan pada rotor adalah timbulnya getaran yang dapat berpotensi menyebabkan kerusakan atau kegagalan pada motor, Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dipelajari karakteristik dari frekuensi pribadi suatu komponen mesin tersebut.*

*Getaran yang timbul secara berlebihan salah satu penyebabnya adalah fenomena resonansi dimana frekuensi gangguan yang terjadi pada rotor berdekatan dengan frekuensi pribadi dari sistem rotor tersebut. Untuk mencegah terjadinya resonansi maka perlu diketahui frekuensi pribadi dari sistem poros rotor. Pada simulasi untuk mendapatkan frekuensi pribadi pada suatu rotor diperlukan biaya yang relatif tinggi karena penggunaan alat instrumen maupun sensor yang mahal. Di samping itu pengujian dengan membuat prototype rotor dinamik secara perhitungan numerik dengan menggunakan software komersial seperti Ansys, Nastran, Solid works dan Autodesk inventor akan lebih mudah dan efisien.*

*Dalam simulasi dengan menggunakan Autodesk Inventor dilakukan permodelan 3 dimensi rotor dinamik, Sistem rotor yang terdiri dari komponen-komponen dimodelkan menjadi model 3D dengan software Autodesk inventor. Selanjutnya model 3D perkomponen di rangkai menjadi salah satu sistem rotor. Untuk mendapatkan fungsi analisis frekuensi pribadi yang terdapat pada software Autodesk inventor yang diperoleh frekuensi pribadi sistem rotor yang selanjutnya hasil yang didapat dibandingkan dengan hasil eksperimen yang diperoleh dari referensi yang ada.*

**Kata kunci :** Rotor dinamik, Model 3D , Autodesk Inventor

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Manfaat .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Gambar Teknik.....	5
2.2 Sistem Poros dengan Massa Poros Diabaikan .....	10
2.3 Analisis Modal Eksperimental .....	12
2.4 Perangkat lunak yang digunakan .....	15
<b>III. METODOLOGI</b>	
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Studi Literatur .....	20
3.3 Prosedur Analisis .....	20
3.4 Prototype Referensi Pengujian.....	22
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pemodelan Sistem Poros Rotor menggunakan <i>Autodesk Inventor</i> .....	24
4.2 Frekuensi Pribadi dengan Variasi poros .....	27
4.2.1 Variasi Poros dengan sudut orientasi 0 – 30° – 60° .....	27
4.2.2 Analisis Hasil Simulasi .....	29
4.3 Perbandingan Frekuensi Pribadi yang didapat dengan Frekuensi Pribadi Referensi .....	33
<b>V. PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	35

5.2 Saran..... 35  
**DAFTAR PUSTAKA** ..... 36  
**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Garis Nyata.....	5
2.2	Garis Gores.....	5
2.3	Garis Bergores .....	5
2.4	Garis Bergores Ganda .....	5
2.5	Proyeksi Miring.....	7
2.6	Proyeksi Orthogonal Dari Sebuah Titik.....	7
2.7	Proyeksi Orthogonal Dari Sebuah Garis .....	7
2.8	Proyeksi Orthogonal Dari Sebuah Bidang.....	8
2.9	Proyeksi Orthogonal Dari Sebuah Benda .....	8
2.10	Lambang Proyeksi Eropa.....	8
2.11	Proyeksi Eropa 2D.....	9
2.12	Lambang Proyeksi Amerika.....	9
2.13	Proyeksi Amerika 2D.....	9
2.14	Toleransi Pada Poros dan Lubang.....	10
2.15	Perangkat lunak Autodesk Inventor 2018 .....	12
3.1	Diagram Alir .....	13
3.2	Bagian-bagian Gambar .....	16
3.3	Rancangan Pengujian Data Acuan.....	16
3.4	Rancangan Pengujian.....	17
4.1	Pemodelan 3D sistem poros rotor .....	18
4.2	Sudut orientasi poros [3].....	19
4.3	frekuensi pribadi $f_1$ 61,74 hz , modus bending 1 bidang x-z .....	21
4.4	frekuensi pribadi $f_2$ 63,6 hz , modus bending 1 bidang x-y.....	21
4.5	frekuensi pribadi $f_3$ 89,91 hz , modus bending 2 bidang y-x .....	22
4.6	frekuensi pribadi $f_4$ 100,95 hz , modus bending 2 bidang z-x.....	22
4.7	Grafik frekuensi pribadi $f_1$ terhadap berbagai sudut orientasi poros.....	23
4.8	Grafik frekuensi pribadi $f_2$ terhadap berbagai sudut orientasi poros.....	24





- 4.9 Grafik frekuensi pribadi  $f_3$  terhadap berbagai sudut orientasi poros..... 25
- 4.10 Grafik frekuensi pribadi  $f_4$  terhadap berbagai sudut orientasi poros... 26



## DAFTAR TABEL

4.1 Variasi sudut orientasi poros.....	19
4.2 Data Pemodelan sistem poros rotor .....	20
4.3 Data Hasil simulasi <i>modal analysis</i> variasi sudut orientasi poros .....	23
4.4 Hasil frekuensi pribadi eksperimen dan numerik sudut orientasi poros 0 30 60 .....	27
4.5 Perbedaan komponen Ekperimen dan Numerik.....	27



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Arti	Satuan
<b>Latin</b>		
$\delta$	: Defleksi	: M
$F$	: Gaya	: N
$n$	: Frekuensi pribadi	: rad/s
$g$	: Gravitasi	: m/s <sup>2</sup>
$k$	: Koefisien	: -
$m$	: Massa	: Kg
$x,y$	: Vektor respon perpindahan	: m
$d$	: Diameter	: m





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem poros rotor merupakan salah satu alat yang digunakan sebagai sistem transmisi daya dalam dunia industri. Penggunaan dari sistem rotor ini banyak ditemukan di lapangan, seperti pada turbin untuk mentransmisikan daya sehingga diperoleh energi. Pada poros rotor yang berputar sering ditemui masalah getaran yang melebihi batas yang diizinkan. Masalah yang sering ditemukan pada rotor adalah timbulnya getaran yang dapat berpotensi menyebabkan kerusakan atau kegagalan pada sistem rotor.

Getaran yang timbul secara berlebihan salah satu penyebabnya adalah fenomena resonansi di mana frekuensi gangguan yang terjadi pada rotor berdekatan dengan frekuensi pribadi dari sistem rotor tersebut. Untuk mencegah terjadinya resonansi maka perlu diketahui frekuensi pribadi dari sistem poros rotor. Dalam pengujian untuk mendapatkan frekuensi pribadi pada suatu rotor diperlukan biaya yang relatif tinggi karena penggunaan alat instrumen maupun sensor yang mahal. Di samping itu pengujian dengan membuat *prototype* rotor dinamik secara perhitungan numerik dengan menggunakan software komersial seperti *Ansys*, *Nastran*, *Solid works*, dan *Autodesk Inventor* akan lebih mudah dan efisien.

Beberapa penelitian mengenai getaran akibat pembebanan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya adalah Perera [1] yang telah melakukan penelitian mengenai fenomena *cross-coupling* antara getaran torsional dan getaran lateral pada rotor dinamik. Selain itu, Masayuki dan Takeshi [2] juga telah melakukan kajian pada mengenai fenomena *cross-coupling* antara getaran torsional pada suatu *gearbox*. Pada tugas akhir ini akan dilakukan permodelan rotor tiga dimensi dengan menggunakan *software Autodesk inventor*. Sistem rotor yang terdiri dari komponen-komponen dimodelkan menjadi model 3D dengan *software Autodesk inventor*, selanjutnya komponen di rangkai menjadi salah satu sistem rotor yang utuh dengan menerapkan kondisi batas yang mendekati kondisi yang sebenarnya dalam perancangan Rotor dinamik

Dengan memanfaatkan fungsi analisis frekuensi pribadi yang terdapat pada *software Autodesk inventor* diperoleh frekuensi pribadi sistem rotor dan selanjutnya hasil yang didapat dibandingkan dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [3] sebagai acuan data.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan pemodelan 3D sistem poros rotor menggunakan *software Autodesk Inventor*.
2. Memperoleh frekuensi pribadi sistem poros rotor menggunakan analisis *software Autodesk Inventor* dan dibandingkan dengan hasil eksperimen dari referensi yang ada.

## 1.3 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mampu menggunakan *software Autodesk Inventor* untuk perancangan komponen mesin.
2. Mengetahui nilai dari frekuensi pribadi yang berlebih sehingga dapat dihidari dalam pengaplikasiannya di lapangan.

## 1.4 Batasan Masalah

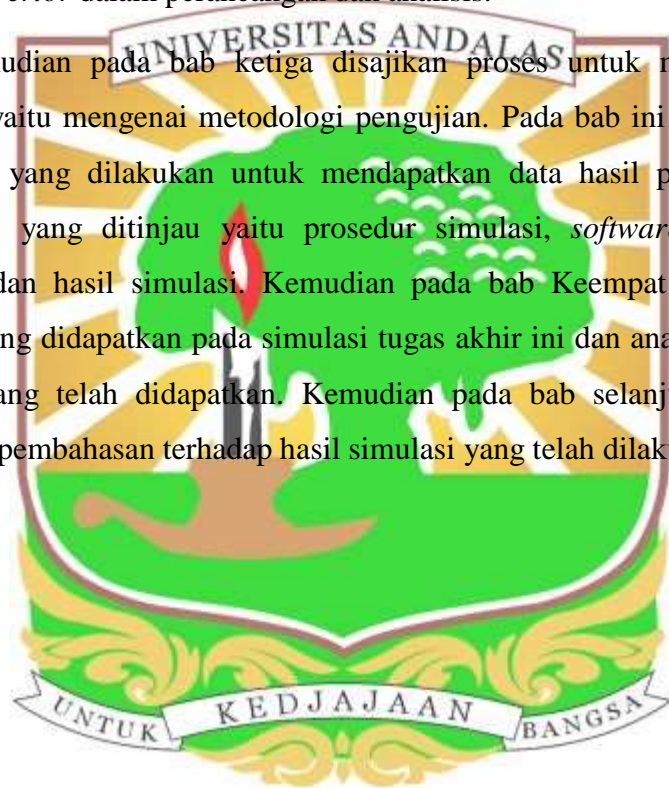
Penelitian ini dibatasi oleh :

1. Perancangan dan analisis penelitian hanya menggunakan *software Autodesk Inventor*.
2. Penelitian hanya berfokus pada frekuensi pribadi sistem poros rotor.
3. Penelitian melakukan perbandingan hasil simulasi dan hasil eksperimen dari data yang ada.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan ini disajikan dalam 5 bab. Pada bab pertama berisikan tentang pendahuluan. Adapun yang dibahas yaitu mengenai latar belakang dilakukannya pengujian ini, kemudian tentang tujuan pengujian, manfaat pengujian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Selanjutnya pada bab kedua yang dikemukakan yaitu mengenai landasan teori. Landasan teori adalah suatu konsep dasar yang mendukung tercapainya hasil penelitian. Pada landasan teori ini dibahas mengenai gambar, frekuensi pribadi dan teori tentang kemampuan *software Autodesk Inventor* dalam perancangan dan analisis.

Kemudian pada bab ketiga disajikan proses untuk mendapatkan hasil penelitian, yaitu mengenai metodologi pengujian. Pada bab ini dibahas mengenai tahap-tahap yang dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengujian. Adapun pembahasan yang ditinjau yaitu prosedur simulasi, *software* pengujian yang digunakan dan hasil simulasi. Kemudian pada bab Keempat disajikan tentang data-data yang didapatkan pada simulasi tugas akhir ini dan analisis data terhadap data-data yang telah didapatkan. Kemudian pada bab selanjutnya ditampilkan kesimpulan pembahasan terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan.







## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Gambar Teknik

Gambar teknik merupakan suatu wadah yang digunakan oleh para *engineer* untuk menuangkan ide-ide dengan ketentuan-ketentuan tertentu. Gambar teknik sering juga disebut bahasa teknik, karena pada gambar teknik terdapat informasi-informasi yang ingin disampaikan.

##### 2.1.1 Fungsi Gambar

Gambar teknik memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Media Penyampaian Informasi

Gambar sebagai media penyampai informasi dari *engineer* kepada pembuat produk untuk membuat, memeriksa, merakit produk yang sesuai dengan gambar.

b. Media Penyimpanan Keterangan atau Dokumentasi

Gambar merupakan media untuk menyimpan informasi untuk rancangan dikemudian hari. Selain itu gambar juga memiliki fungsi sebagai dokumentasi, yaitu gambar menjadi media pelindung hak cipta atau karya seseorang.

c. Media Perancangan atau Modifikasi

Dalam perencanaan, segala sesuatu yang terpikirkan seseorang tidak semuanya sesuai dengan keinginan, oleh karena itu dibutuhkan sebuah revisi atau modifikasi dari gambar sebelumnya supaya suatu produk bisa lebih baik dari produk yang sebelumnya.

##### 2.1.2 Garis

Garis adalah kumpulan beberapa titik yang menyatu. Ada 4 jenis garis sebagai berikut:

a. Garis Nyata

Garis nyata adalah garis yang menyatakan bagian yang tampak.

---

**Gambar 2.1** Garis Nyata

b. Garis Gores

Garis gores adalah garis yang menyatakan bagian yang tidak tampak dimana garis tersebut harus sejajar dan sama.

.....

**Gambar 2.2** Garis Gores

c. Garis Bergores

Garis bergores adalah garis yang menyatakan benda silinder atau poros.



**Gambar 2.3** Garis Bergores

d. Garis Bergores Ganda

Garis bergores ganda adalah garis yang menyatakan bagian benda yang bergerak atau posisi berubah.

**Gambar 2.4** Garis Bergores Ganda

### 2.1.3 Proyeksi

Proyeksi adalah cara menyajikan objek 3D ke dalam bentuk 2D.

Berikut ini adalah beberapa proyeksi yang ada pada gambar, yaitu:

1. Proyeksi Piktorial/Pandangan tunggal

Untuk menampilkan gambar-gambar tiga dimensi pada sebuah bidang dua dimensi, dapat dilakukan dengan beberapa macam cara proyeksi sesuai dengan aturan menggambar. Beberapa macam cara proyeksi antara lain :

a. Proyeksi Aksonometri

Aksonometri adalah sebuah sebutan umum untuk pandangan yang dihasilkan oleh garis-garis proyeksi suatu benda. Dalam penggambaran ini garis-garis pemroyeksi ditarik tegak lurus terhadap bidang proyeksi. Aksonometri merupakan salah satu modifikasi penggambaran satu bentuk

yang berskala. Gambar aksonometri berguna untuk dapat lebih menjelaskan bentuk suatu bangunan, baik itu bentuk bangunan seutuhnya, potongan bangunan yang memperlihatkan struktur atau interiornya, detail bagian bangunan atau sampai menunjukkan skema utilitas suatu bangunan. Proyeksi aksonometri adalah proyeksi miring di mana tiga muka (dimensi) dari benda akan terlihat dengan bentuk dan ukuran yang sebanding benda asalnya. Proyeksi ini disebut juga proyeksi sejajar karena garis-garis objek yang sejajar tetap sejajar. atau sebagai proyeksi dengan titik hilang tak terhingga. Untuk menggambarkan proyeksi aksonometri dapat dilakukan dengan berbagai posisi. Ada beberapa jenis penggambaran Aksonometri yaitu: Isometri, Dimetri dan Trimetri

b. Proyeksi Miring

Pada proyeksi miring, sumbu x berhimpit dengan garis horisontal/mendatar dan sumbu y mempunyai sudut  $45^\circ$  dengan garis mendatar. Skala pada proyeksi miring sama dengan skala pada proyeksi dimetri, yaitu skala pada sumbu x = 1 : 1, dan pada sumbu y = 1 : 2, sedangkan pada sumbu z = 1 : 1.

Berikut adalah gambar dari proyeksi miring:



**Gambar 2.5** Proyeksi miring

c. Proyeksi Persepektif

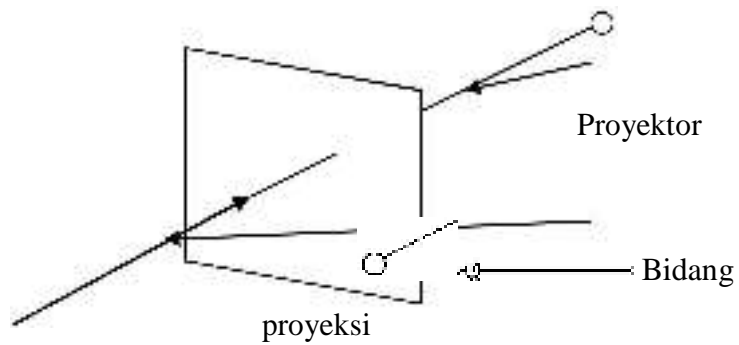
Proyeksi perspektif adalah cara menggambar dengan menggunakan garis-garis proyektor yang memusat ke titik-titik pandang tertentu. Terdapat 3 macam gambar perspektif, yaitu perspektif satu titik, perspektif dua titik dan perspektif tiga titik.

2. Proyeksi Ortogonal

Proyeksi ortogonal adalah gambar proyeksi yang bidang proyeksinya mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya. Garis-garis yang



memproyeksikan benda terhadap bidang proyeksi disebut proyektor.  
Proyeksi ortogonal dari sebuah titik



**Gambar 2.6** Proyeksi ortogonal dari sebuah titik

b. Proyeksi ortogonal dari sebuah garis



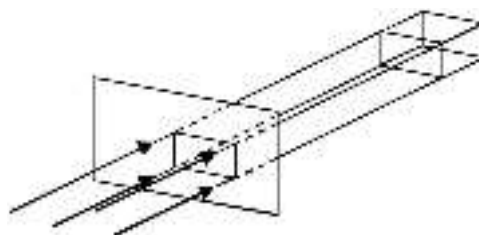
**Gambar 2.7** Proyeksi ortogonal dari sebuah garis

c. Proyeksi ortogonal dari sebuah bidang



**Gambar 2.8** Proyeksi ortogonal dari sebuah bidang

d. Proyeksi ortogonal dari sebuah benda



**Gambar 2.9** Proyeksi ortogonal dari sebuah benda

Selain yang diatas, terdapat dua macam jenis proyeksi berdasarkan penggunaannya antara lain, yaitu:

1. Proyeksi Eropa

Proyeksi Eropa disebut juga proyeksi sudut pertama, juga ada yang menyebutkan proyeksi kuadran I, perbedaan sebutan ini tergantung dari masing pengarang buku yang menjadi referensi. Dapat dikatakan bahwa Proyeksi Eropa ini merupakan proyeksi yang letak bidangnya terbalik dengan arah pandangnya.

Berikut lambang dari proyeksi Eropa :



**Gambar 2.10** Lambang Proyeksi Eropa

Berikut adalah gambar proyeksi Eropa 3D :

**Gambar 2.11** Proyeksi Eropa 2D

2. Proyeksi Amerika

Proyeksi Amerika dikatakan juga proyeksi sudut ketiga dan juga ada yang menyebutkan proyeksi kuadran III. Proyeksi Amerika merupakan proyeksi yang letak bidangnya sama dengan arah pandangnya.

Berikut lambang dari proyeksi Amerika :



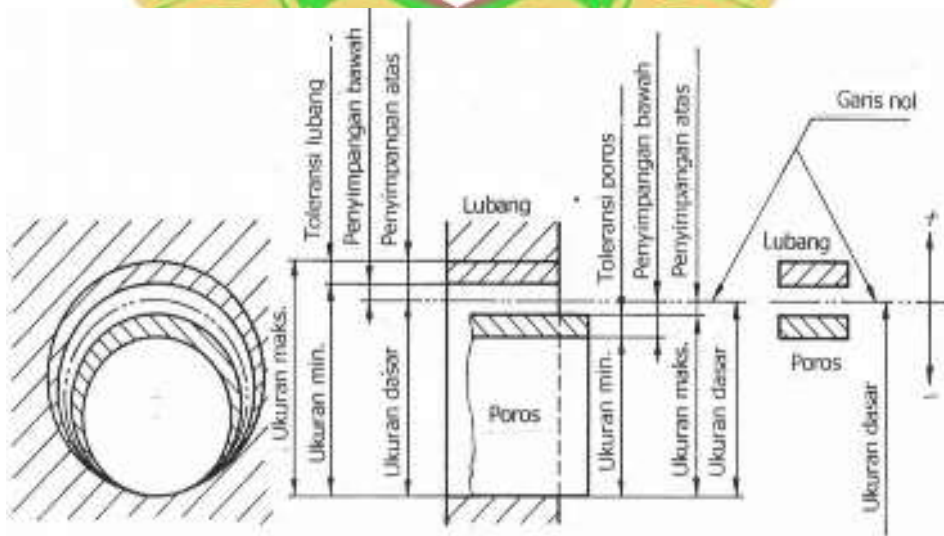
Gambar 2.12 Lambang Proyeksi Amerika



Gambar 2.13 Proyeksi Amerika 2D

#### 2.1.4 Toleransi

Dalam menggambar teknik terdapat sebuah aturan yang dapat membantu dalam proses pengukuran.



Gambar 2.14 Toleransi pada poros dan lubang

Toleransi terbagi 2, yaitu :

1. Toleransi Geometri

Toleransi geometri adalah toleransi yang berdasarkan bentuk dari benda tersebut atau ukuran dasar dari benda tersebut.

2. Toleransi Linear dan Sudut

Toleransi linear dan sudut adalah nilai dari dimensi dari produk itu sendiri atau ukuran produk.

### 2.2 Sistem Poros dengan Massa Poros Diabaikan

Dalam analisis ini digunakan sistem poros di mana salah satu ujung poros dijepit sementara pada ujung yang lainnya bebas dan diberi rotor (disk) sebagai massa ( $m$ ), seperti dijelaskan pada **Gambar 2.15** untuk mendapatkan besar kekakuan ( $k$ ) dapat digunakan persamaan kesetimbangan statik.



**Gambar 2.15** Sistem poros homogen (massa poros diabaikan)



**Gambar 2.16** Defleksi yang terjadi pada ujung poros



$$\frac{mg^3}{3EI}$$

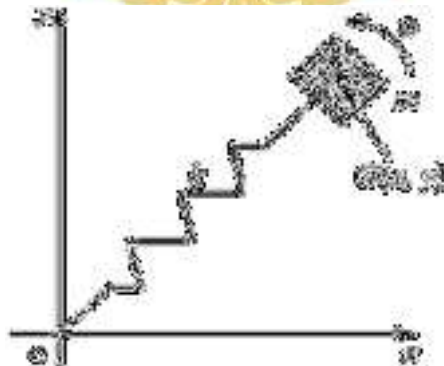
$$mg k ; k \frac{3EI}{3} \quad (2.1)$$

Besarnya frekuensi pribadi sistem poros pada **Gambar 2.16** adalah

$$n \sqrt{\frac{k}{m}} \sqrt{\frac{3EI}{m^3}} \quad (2.2)$$

### 2.2.1 Rotor Dinamik

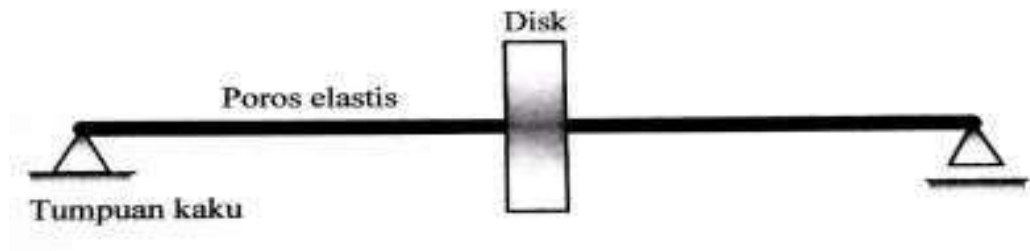
Rotor adalah benda yang ditumpu dengan bantalan dan dapat berputar bebas terhadap sumbu tetap pada ruang gerakanya. Komponen sebuah rotor terdiri dari disk (sebagai rotor), poros dan bantalan sebagai tumpuan. Dengan berputarnya rotor dan adanya massa tak seimbang pada rotor tersebut, maka terjadi getaran pada rotor. Jika getaran yang timbul masih di bawah batas yang diizinkan maka sistem poros rotor masih bekerja dalam kondisi baik. Namun, jika getaran yang melebihi nilai batas yang diizinkan maka sistem bekerja dalam kondisi yang tidak baik dan dapat merusak sistem dengan adanya gagal lelah pada poros. Pada tahun 1869, Rankine meneliti mengenai fenomena putaran kritis pada rotor [5]. Riset ini merupakan publikasi pertama penelitian tentang rotor dinamik mengenai hubungan antara gaya sentrifugal dan gaya pemulih (*restoring force*). Model yang digunakan oleh Rankine pada penelitiannya tentang rotor dinamik yaitu berbentuk massa yang dihubungkan dengan pegas ke sumbu pusat putarnya. Model Rankine seperti pada **Gambar 2.17**



**Gambar 2.17** Model Rankine [5]

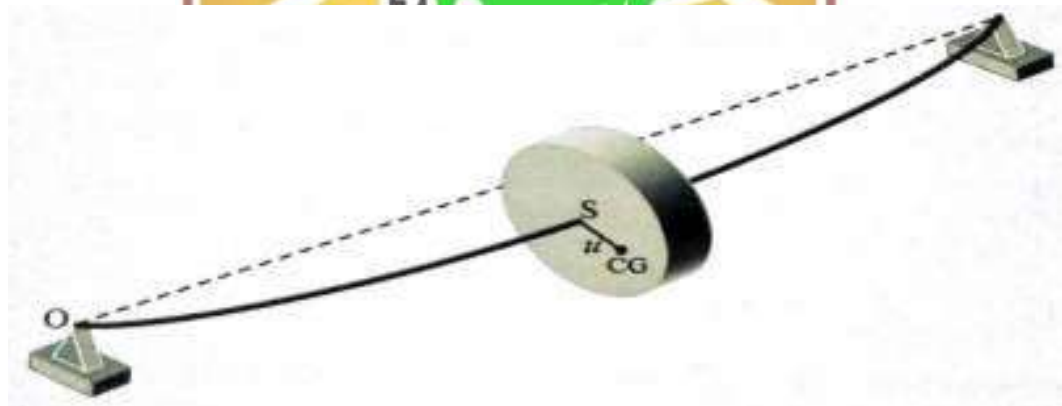
### 2.2.2 Poros Rotor menurut Jeffcott Rotor

Jeffcott rotor merupakan suatu model sederhana dari sistem rotor. Komponen dari model Jeffcott rotor ini yaitu disk tipis dengan massa tak seimbang (*unbalance*), poros dan bantalan sederhana di ujung poros. Model dari sistem rotor ini dapat dilihat pada **Gambar 2.18**



**Gambar 2.18** Model *Jeffcott rotor* [6]

Pada poros sering ditemukan massa tak seimbang (*unbalance*), sehingga muncul gaya sentrifugal maka titik S tidak sesumbu lagi dengan sumbu putar O. Fenomena ini dijelaskan pada **Gambar 2.19**



**Gambar 2.19** Pemodelan Jeffcott rotor yang berputar pada kondisi tak seimbang dengan eksentrisitas  $u$  [6]

### 2.3 Analisis Modal Eksperimental

Analisis *Modal* Ekperimental adalah suatu metode untuk penentuan frekuensi pribadi, modus getar dan rasio redaman pada pengukuran getaran secara eksperimen. Teori dasarnya yaitu membuat hubungan antara respon getaran sistem pada suatu lokasi dengan eksitasi pada suatu lokasi sebagai fungsi dari frekuensi

eksitasinya. Hubungan ini disebut sebagai *Frequency Response Function* (FRF). Pengukuran getaran untuk *experimental modal analysis* (EMA) dikenal sebagai *modal testing*. Analisis modal merupakan hal yang penting dalam menganalisis, mendiagnosa, mendesain dan mengontrol getaran.

Pengukuran getaran secara eksperimen umumnya memerlukan beberapa perangkat. Perangkat tersebut terdiri dari sumber eksitasi yang disebut *exciter*, yang berfungsi untuk menghasilkan input gaya pada struktur, *transducer accelerometer* untuk mengkonversi gerakan mekanik pada struktur ke dalam sinyal elektrik, *signal conditioning amplifier* untuk mencocokkan karakteristik *transducer* dengan input elektronik data digital dan *analyzer* dimana terdapat program komputer pemrosesan sinyal dan analisis *modal*. Untuk mengukur getaran terdapat beberapa mekanisme, antara lain mekanisme eksitasi, mekanisme pembacaan, mekanisme akuisisi data dan pengolahan.

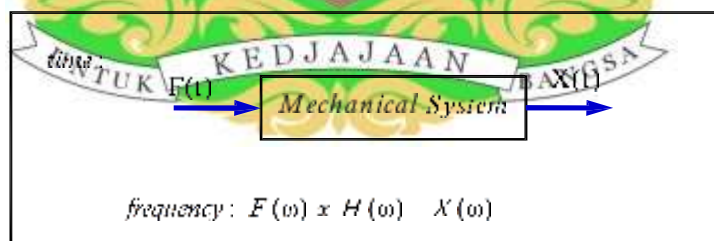
Mekanisme eksitasi ditentukan dari sistem yang menyediakan input gerakan terhadap struktur dalam analisis, umumnya berupa gaya yang diberikan pada koordinat tertentu. Alat eksitasi yang populer, yaitu *impuls* atau *impact hammer*, yang terdiri dari *hammer* dengan *transducer* gaya yang terpasang pada kepalanya. *Hammer* merupakan mekanisme eksitasi yang digunakan untuk memberikan pengaruh pada struktur sehingga bereksitasi dengan range frekuensi yang besar.

Mekanisme pembacaan pada dasarnya digunakan *sensing device* yang dikenal sebagai *force transducers*. Banyak variasi dari alat tersebut dan biasanya yang digunakan pada *experimental modal analysis* adalah *piezoelectric transducer* baik untuk mengukur gaya eksitasi (*force transducers*) atau untuk mengukur respon getaran (*accelerometers*). *Transducer* menghasilkan sinyal elektrik yang sesuai dengan parameter fisik target pengukuran. Pada kebanyakan kasus, sinyal elektrik yang dihasilkan *transducer* tidak dapat digunakan untuk pengukuran langsung dan pengolahan. Masalah ini biasanya berhubungan dengan sinyal yang menjadi lemah sehingga biasanya diselesaikan dengan menggunakan *amplifier*. *Amplifier* berfungsi untuk mencocokkan dan memperbesar sinyal dalam hal besaran dan fase diatas *range* frekuensi yang dibutuhkan.

Mekanisme akuisisi data dan pengolahan mengukur sinyal yang terbaca dari transducer dan memastikan besaran dan fase dari eksitasi dan respon. Analisis digunakan untuk menggali dan memperoleh parameter modal (frekuensi alami, rasio redaman, dan modus getar) dari struktur. Analisis yang paling umum dilakukan adalah berdasarkan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) dan menghasilkan pengukuran langsung dari FRF. Keduanya disebut sebagai spektrum voltasi analog yang mempresentasikan percepatan (gaya, kecepatan, *displacement*, atau regangan) dari *signal conditioning amplifier*. Sinyal ini disaring dan digitalisasi untuk perhitungan. Analisis sinyal kemudian dapat dimanipulasi dengan berbagai macam cara untuk menghasilkan frekuensi pribadi, rasio redaman dan modus getar dalam hasil numerik atau dalam bentuk grafis. Metode *time domain* menghasilkan parameter modal langsung dari rekaman respon dalam domain waktu. Metode *frequency domain* menyelesaikan hal yang sama dengan mengkonversi sinyal respon ke dalam domain frekuensi.

### 2.3.1 *Frequency Respon Function*

*Frequency Respon Function* (FRF) adalah suatu kurva hasil pengukuran yang memisahkan parameter dinamik dari suatu struktur. Parameter dinamik sebuah system terdiri dari frekuensi pribadi, rasio redaman, modus getar. FRF mendeskripsikan hubungan input-output antara dua titik pada struktur sebagai fungsi frekuensi. Ilustrasi blok diagram dari FRF dapat dilihat pada **Gambar 2.20**



**Gambar 2.20** Blok diagram dari FRF

FRF dari sistem SDOF (getaran bebas satu derajat kebebasan) linier dibuat dari hubungan antara transformasi fourier dari sinyal input  $F(\omega)$  dan sinyal output  $X(\omega)$ . Sebagai contoh, saat gaya impuls dan respon displacement akibat gaya tersebut dari suatu sistem diukur, hasil data tersebut digunakan untuk menghasilkan FRF dari sistem. Hubungan umumnya diberikan seperti persamaan 2.3.

$$X(\omega) = H(\omega) F(\omega) \text{ atau } H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \quad (2.3)$$

Dimana  $H(\omega)$  adalah matriks FRF,  $X(\omega)$  adalah *vector discrete fourier transform respon displacement*,  $F(\omega)$  *vector discrete transform* gaya luar. FRF dari suatu sistem adalah fungsi yang bernilai kompleks dari variable independen  $\omega$  yang bernilai real sehingga memiliki komponen yang real dan imajiner.

Dari FRF Imajiner dapat digunakan untuk membentuk modus getar. Sedangkan FRF hanya mendapatkan frekuensi pribadi. Caranya adalah dengan menghubungkan nilai puncak FRF imajiner setiap elemen dengan titik yang sama, sehingga titik pertama hingga titik terakhir adalah urutan modus getar terkecil hingga terbesar.

#### 2.4 Perangkat Lunak yang digunakan

Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak untuk membantu dalam membandingkan hasil simulasi dan eksperimen. Analisis numerik digunakan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2018*. Perangkat lunak ini digunakan dalam proses simulasi untuk mendapatkan *modal analysis* untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi struktur tersebut.



**Gambar 2.15** Tampilan awal *Autodesk Inventor*

##### 2.4.1 Alur Kerja *Autodesk Inventor*

*Autodesk Inventor* adalah *parametric modeller*. Ini berarti bahwa geometri dari modelnya di kontrol oleh *parameter-parameter* dan *constrain* yang diterapkan, berkebalikan dari sistem *non-parametric* dimana dimensinya hanya merupakan representasi dari ukuran geometris dari model namun tidak bisa mengontrol bentuk

dan ukuran model tersebut. Aspek penting lain dari AIV adalah kemampuannya untuk membuat elemen yang adaptif. Adaptifitas memungkinkan anda untuk membuat hubungan antar elemen yang dinamis dalam suatu *assembly*. Ketika satu elemen berubah, kemampuan adaptif tersebut membuat elemen-elemen lain yang berhubungan untuk menyesuaikan ukuran-ukuran yang diperlukan akibat perubahan tersebut, tanpa perlu kita membuat persamaan parametris saling silang antar elemen yang rumit. Suatu contoh, jika anda membuat sketsa 2D pada sebuah *parametric modeler*, jadi harus fokuskan pada bentuk dari sketsa tersebut dan tidak perlu menggambar garis atau lingkaran dengan ukuran yang tepat. Setelah membuat sketsa sesuai dengan geometri model yang dibuat, kemudian diberikan dimensi yang diperlukan. Setelah diberikan dimensi pada sketsa tersebut, ukuran geometri dari sketsa akan diperbaharui sesuai cerminan dari dimensi yang dimasukkan. Alur kerja perancangannya pada inventor meliputi tahap-tahap sebagai berikut:

1. *Part Centric Design Concept*

Part-part dibuat pada lingkungan *part modelling*, part-part digabungkan pada *assembly file*, file presentasi dari *assembly explosion* dan dibuat *2D drawing file* dibuat.

2. *Assembly Centric Design Concept*

*File Assembly* baru dibuat, part-part dibuat pada lingkungan *assembly file*, *assembly constrains* diberikan pada part-part file tersebut, file presentasi dari *assembly explosion* dan dibuat *2D drawing file* dibuat.

#### 2.4.2 Tipe File Pada Autodesk Inventor

Adapun tipe-tipe file yang bisa dihasilkan pada *Autodesk Inventor* :

1. *File Part*

*File Part* (\*.ipt) merupakan dasar dari seluruh desain pada inventor. digunakan file part untuk mendesain part/element-elemen penyusun *assembly*. Dalam Inventor, ada beberapa tools yang dapat digunakan untuk membuat sketsa menjadi sebuah benda 3D, yakni *Extrude*, *Revolve*, *Sweep*, *Loft*, *Coil*. Sementara untuk memodifikasi objek 3D, ada beberapa tools seperti *Hole*, *Fillet*, *Chamfer*, *Shell* dan *Thread*. Dalam langkah ini, model 3D yang kita buat dapat juga langsung

kita beri *materials* agar produk kita tampak warna dan corak bahan yang digunakan.



**Gambar 2.16** File *Part* pada Autodesk Inventor

## 2. File *Assembly*

*Assembly* adalah proses perakitan dari suatu produk yang terdiri dari part kecil-kecil yang berbeda satu sama lainnya. Dalam *assembly* ini, simulasi gerak (*Motion Simulation*) dan *Stress Analysis* dapat sekaligus diaplikasikan pada produk yang kita rancang. Di tahap ini terdapat beberapa tools constrain untuk melekatkan beberapa part menjadi suatu produk rakitan. Tahap *assembly* ini juga dapat digunakan untuk membuat suatu prototipe visual dengan cara merender menjadi foto dan juga video untuk keperluan promosi produk (padahal produknya belum diproduksi)



**Gambar 2.17** File *Assembly* pada Autodesk Inventor

### 3. File Presentation

Presentation yang dimaksud disini bukan mengenai presentasi di *microsoft power point*, sebenarnya hal ini bisa juga untuk dilakukan namun tidak akan dibahas disini. Fitur Presentasi di *Inventor* digunakan untuk mempresentasikan cara perakitan, part-part serta cara kerja suatu produk. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan tentang suatu produk, dari cara kerja hingga *part* serta material produknya.



**Gambar 2.18** File Presentation pada Autodesk Inventor

### 4. File Drafting/Drawing

Inilah tahap terpenting dari segala tahap dalam Gambar Teknik. Dalam tahap ini, segala sesuatu dari produk digambarkan dalam bidang 2D dan diberi penjelasan tentang detail produk, dari mana yang lubang, sejauh apa kedalaman lubang itu, toleransi kesalahan berapa micro, serta banyak lagi. Tahap inilah yang menentukan produk kita nantinya akan diproduksi dengan benar atau tidak.

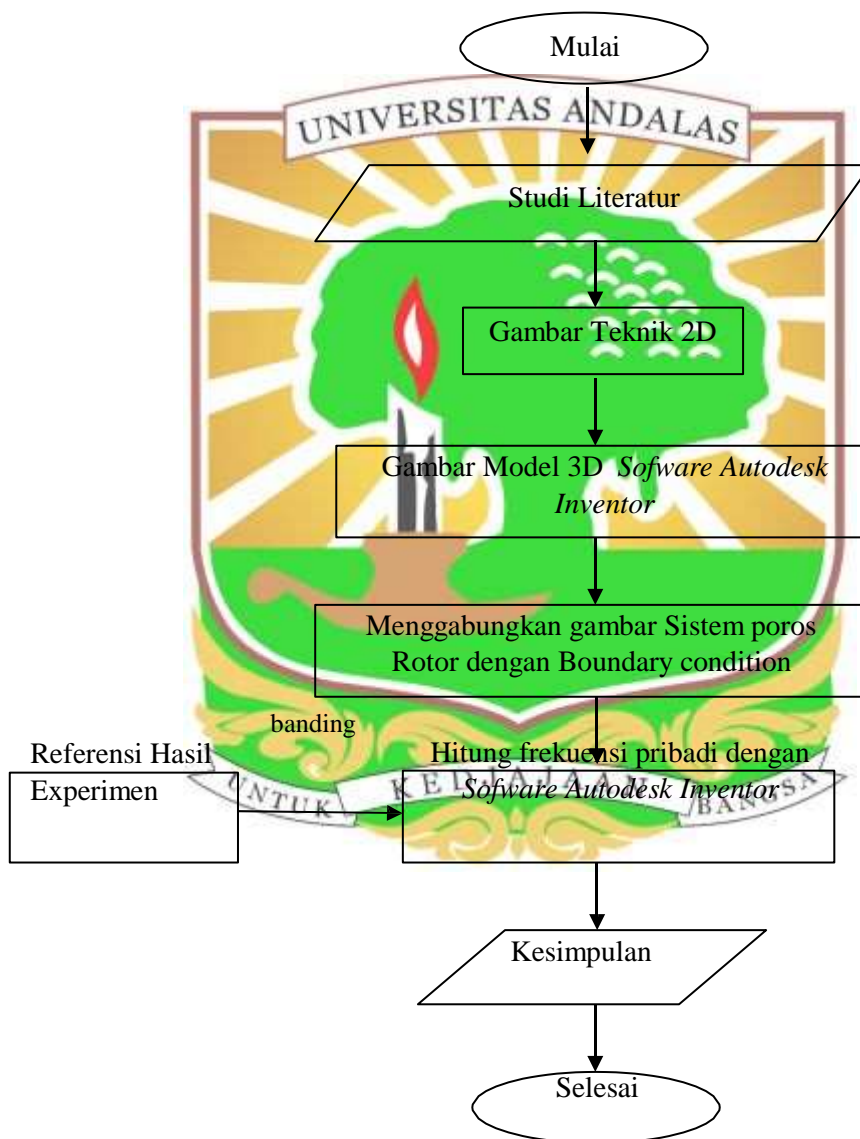




### BAB III METODOLOGI

Metodologi penulisan pada tugas akhir ini mencakup kegiatan yang dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan. Di sini dibahas mengenai pemodelan sistem poros rotor Menggunakan *Auto Desk Inventor*

#### 3.1 Metode Penelitian



**Gambar 3.1** Diaram Alir

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur berisikan teori-teori yang mendukung dalam pengujian ini, sehingga tujuan dari pengujian ini bisa tercapai. Teori yang dibahas pada literatur ini yaitu mengenai kemampuan *Autodesk Inventor* dalam hal perancangan dan analisis.

### 3.3 Prosedur Analisis

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan frekuensi pribadi sistem poros rotor pengujian aktual dan analisis pada *Software Autodesk Inventor*. Untuk mendapatkan data pengujian yang akurat, maka perlu dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut

1. Tahapan perancangan poros rotor.

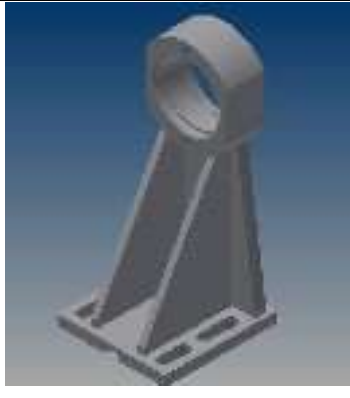


Pada tahapan ini, dilakukan perancangan poros rotor menggunakan *software Autodesk Inventor*. Perancangan dimulai dari pembuatan komponen-komponen penyusun rotor dinamik. Selanjutnya komponen-komponen tersebut di *assembly* sehingga membentuk pemodelan sistem poros rotor.

2. Tahapan pengambilan data pengujian pada *Autodesk Inventor*

Pada tahapan ini diperoleh data hasil pengujian sistem Poros Rotor menggunakan *Autodesk Inventor* Adapun proses yang dilakukan untuk mendapatkan data pengujian adalah sebagai berikut.

- a. Siap bagian bagian gambar dari gambar sistem poros rotor

NO	Gambar	nama	Fungsi
1		Piringan disk	Sebagai fokus dalam pengujian frekuensi pribadi
2		Ring dalam	Sebagai pengunci <i>bearing</i> dibagian dalam ring

3		Penyangga sumbu	Sebagai tumpuan poros
4		Poros	Sebagai kedudukan dan sumbu piringan disk
5		<i>Bearing</i>	Sebagai pemutar dan penyangga beban pada poros

**Gambar 3.2** bagian bagian gambar

- b. Permodelan 3D semua bagian komponen
  - c. Rangakai semua bagian komponen gambar 3D
  - d. Posisikan kedua disk dengang jarak yang ditentukan
  - e. Hitung frekuensi Pribadi rotor dinamik dengan *Autodesk Inventor*
  - f. Simpan data acuan keluaran *Autodesk Inventor* yang dilihat pada layar laptop.
3. Tahap membandingkan data hasil pengujian terhadap data acuan.

4. Tahap analisis data
5. Tahap penarikan kesimpulan

### 3.4 Prototype Referensi Pengujian

#### 1. Data Eksperimen

Adapun data eksperimen sebagai acuan dalam pengujian yaitu seperti terlihat pada **Gambar 3.3**



**Gambar 3.3** Rancangan Pengujian Data Acuan

#### 2. Rancangan Pengujian dengan *Autodesk Inventor*



**Gambar 3.4** Rancangan Pengujian

Rotor dinamik memiliki komponen seperti *disk*, poros, *bearing*, tumpuan yang memiliki nilai / karakteristik yang berbeda , pada sistem poros rotor didapatkan nilai yang disebut frekuensi pribadi yang mempengaruhi pergerakan masing masing benda , sehingga dapat mengetahui batas benda tersebut dapat

bergerak normal. Dalam menggabungkan part yang telah dibuat, dengan cara alur kerja *Assembly Design*

1. Membuat *file assembly* baru dengan menggunakan template *file assembly* yang disediakan.
2. Meletakkan file part yang telah dibuat pada lingkungan *assembly* baru tersebut, atau membuat part baru dalam konteks *assembly*.
3. Gunakanlah *assembly constraints* standar seperti : *Mate*, *Angle*, *Tangent*, dan *Insert* untuk memosisikan dan mengconstrain satu part ke part yang lain pada *assembly* tersebut.
4. Ulangi langkah-langkah diatas sampai seluruh komponen digabung pada *assembly*.





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tugas akhir ini dilakukan atas dua tahap utama yaitu pemodelan sistem poros rotor dan analisis perbandingan pengujian. Tahap pemodelan poros rotor dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor*. Kemudian tahap selanjutnya yaitu perbandingan pengujian dilakukan secara numerik dengan cara memvariasikan sudut orientasi poros pada sistem rotor.

#### 4.1 Pemodelan sistem Poros Rotor Menggunakan *software Autodesk Inventor*

Simulasi dilakukan untuk menganalisis pemodelan 3D poros rotor menggunakan *Software Autodesk Inventor*. Sistem rotor dinamik terdiri atas poros yang diberikan beban berupa piringan (*disk*), dimana poros tersebut diberikan tumpuan sebanyak empat buah. Pemodelan sistem poros rotor, dapat dilihat seperti pada **Gambar 4.1**.

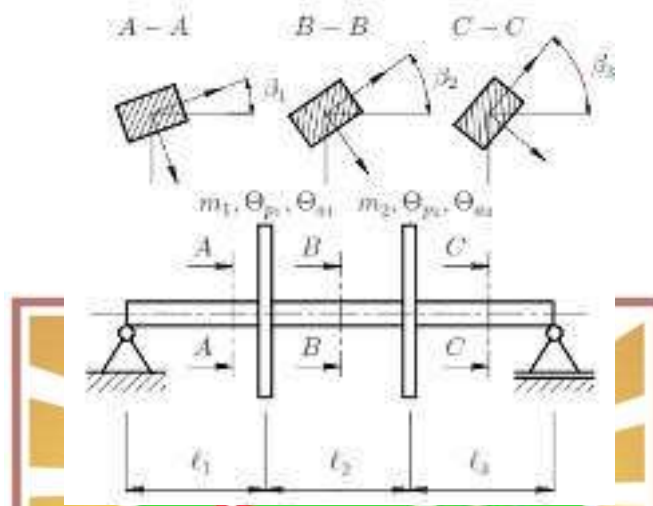


**Gambar 4.1** Pemodelan 3D sistem poros rotor

Pemodelan sistem poros rotor ditunjukkan seperti pada **Gambar 4.1** terdiri atas poros, *disk*, tumpuan, dan *bearing*. Fokus utama dalam pemodelan ini adalah melihat variasi orientasi sumbu utama yang diberikan pada penampang poros di dalam sistem rotor dinamik. Poros pada pemodelan ini memiliki diameter yaitu 8 mm dengan panjang poros yaitu 626 mm. Dalam hal ini simulasi digunakan poros yang diberikan sudut orientasi yang berbeda-beda. Sudut orientasi pada poros



adalah suatu perlakuan yang diberikan kepada poros sehingga memiliki sudut- sudut tertentu di sepanjang poros tersebut. Dalam setiap poros memiliki sudut orientasi yang berbeda-beda sebanyak tiga buah. Ilustrasi sudut orientasi poros dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2** Sudut orientasi poros [3]

Berikut ini merupakan data variasi sudut orientasi pada poros yang dilakukan pada pengujian ini.





**Tabel 4.1** Variasi sudut orientasi poros

No	Nama Poros	Sudut orientasi $1_1$	Sudut orientasi $2_2$	Sudut orientasi $2_3$
1	Poros 1	0	0	0
2	Poros 2	0	5	10
3	Poros 3	0	10	20
4	Poros 4	0	15	30
5	Poros 5	0	20	40
6	Poros 6	0	25	50
7	Poros 7	0	30	60
8	Poros 8	0	35	70
9	Poros 9	0	40	80
10	Poros 10	0	45	90

Komponen selanjutnya yang ada di dalam sistem rotor ini adalah beban berupa piringan (*disk*). Ukuran *disk* pada pemodelan sistem poros rotor ini memiliki diameter 140 mm dan tebal yaitu 26 mm. Ada dua buah *disk* yang diberikan pada sistem ini. Masing-masing ditempatkan secara presisi di dalam sistem. Komponen selanjutnya adalah tumpuan yang berjumlah sebanyak empat buah. Tumpuan pada sistem ini memiliki tinggi 175 mm dengan ukuran alas tumpuan yaitu 84 x 80 mm. Kemudian komponen selanjutnya adalah *bearing* yang terletak pada tumpuan. Dalam hal ini *bearing* berfungsi sebagai pembatas gerak relatif putaran poros terhadap tumpuan.

Informasi mengenai pemodelan sistem poros rotor pada pengujian ini dapat dilihat seperti pada **Tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Data Pemodelan sistem poros rotor

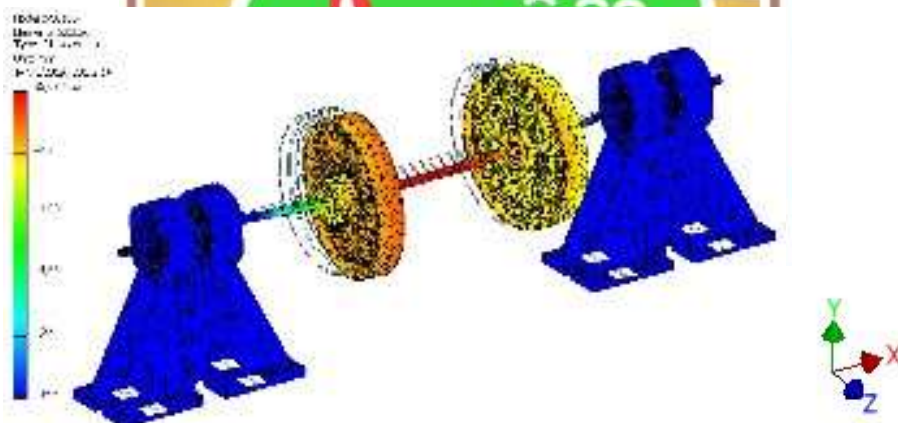
No	Komponen	Gambar	Dimensi
1	Poros		Panjang : 626 mm Diameter : 8 mm
2	Piringan ( <i>disk</i> )		Diameter : 140 mm Tebal : 26 mm
3	Tumpuan		Tinggi : 175 mm Panjang alas : 86 mm Lebar alas : 80 mm
4	<i>Bearing</i>		Diameter luar : 49 mm Diameter dalam : 8 mm

## 4.2 Frekuensi Pribadi dengan Variasi poros

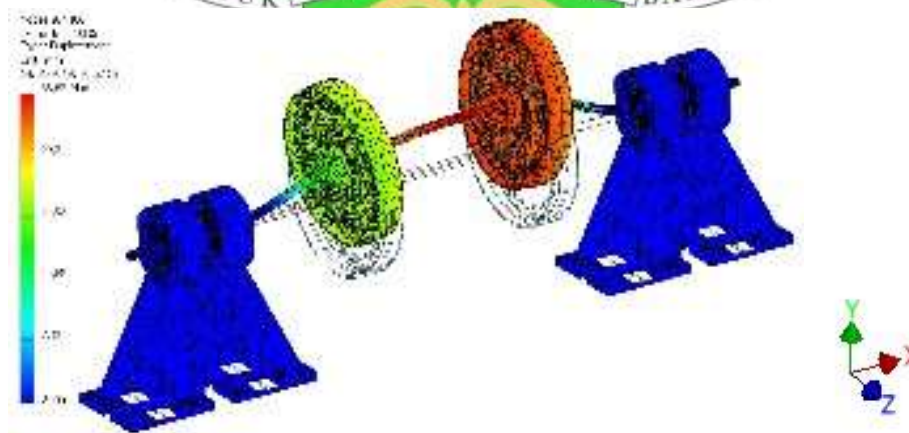
Pemodelan 3D poros rotor menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan memasukan material *steel St-37* pada semua material yang di gunakan dalam sistem poros rotor tersebut. Sepuluh buah jenis poros dibuat berdasarkan variasi sudut orientasi poros pada sistem poros rotor. Selanjutnya dilakukan modal analysis untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi pada sistem poros tersebut.

### 4.2.1 Variasi Poros dengan sudut orientasi 0 – 30° – 60°

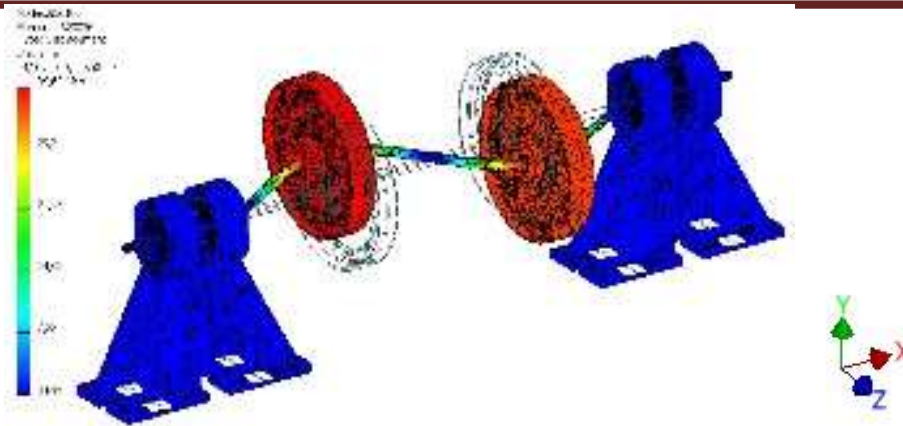
Salah satu variasi sudut orientasi dalam simulasi sistem poros rotor ini yang dirancang adalah poros dengan sudut orientasi 0 – 30° – 60°. dan dilakukan proses meshing pada sistem poros rotor. Kemudian dilakukan *modal analysis* frekuensi untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadinya. Hasil simulasi *modal analysis* berupa bentuk modus getar sistem poros rotor beserta nilai frekuensi pribadinya dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



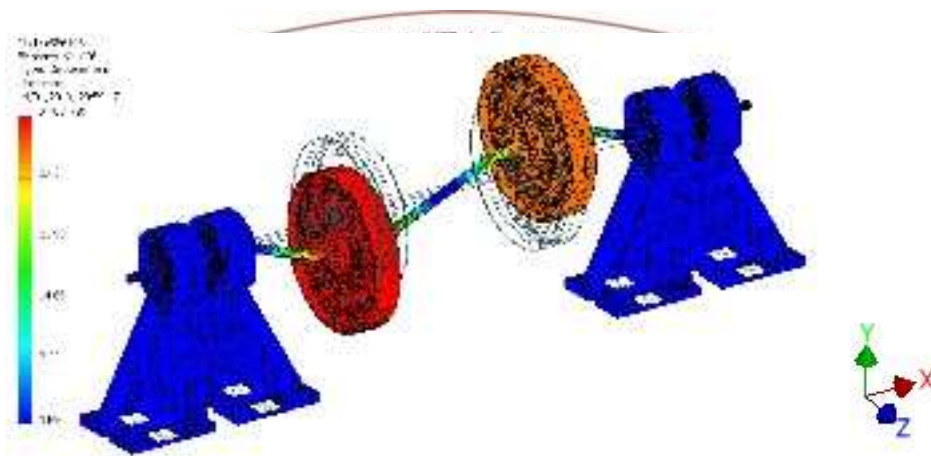
**Gambar 4.3** frekuensi pribadi  $f_1$  61,74 hz, modus bending 1 bidang x-z



**Gambar 4.4** frekuensi pribadi  $f_2$  63,6 hz, modus bending 1 bidang x-y



Gambar 4.5 frekuensi pribadi  $f_3$  89,91hz , modus bending 2 bidang y-x



Gambar 4.6 frekuensi pribadi  $f_4$  100,95 hz , modus bending 2 bidang z-x

Pada Gambar 4.3 – 4.6 didapatkan frekuensi pribadi dari  $f$  sampai  $f$  pada sistem poros rotor berdasarkan hasil simulasi *modal analysis* menggunakan software *Autodesk Inventor*. Kemudian dilakukan simulasi *modal analysis* untuk setiap poros dengan variasi sudut orientasi yang berbeda-beda. Berikut ini merupakan data frekuensi pribadi hasil simulasi *modal analysis* untuk setiap poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda.

**Tabel 4.3** Data hasil simulasi *modal analysis* variasi sudut orientasi poros

No	Nama poros	Variasi Poros	$f_1$ Hz	$f_2$ Hz	$f_3$ Hz	$f_4$ Hz
1	Poros 1	0 0 0	66.62	67.83	103.11	103.15
2	Poros 2	0 5 10	59.02	66.36	87.32	102.03
3	Poros 3	0 10 15	58.90	66.8	88.52	101.80
4	Poros 4	0 15 30	59.10	66.32	87.29	101.97
5	Poros 5	0 20 40	61.15	65.28	88.35	101.27
6	Poros 6	0 25 50	62.42	64.31	88.96	102.38
7	Poros 7	0 30 60	61.74	63.60	89.91	100.95
8	Poros 8	0 35 70	62.96	64.68	92.57	100.42
9	Poros 9	0 40 80	62.06	65.22	96.56	97.96
10	Poros 10	0 45 90	68.59	78.20	112.42	112.67

#### 4.2.2 Analisis Hasil Simulasi

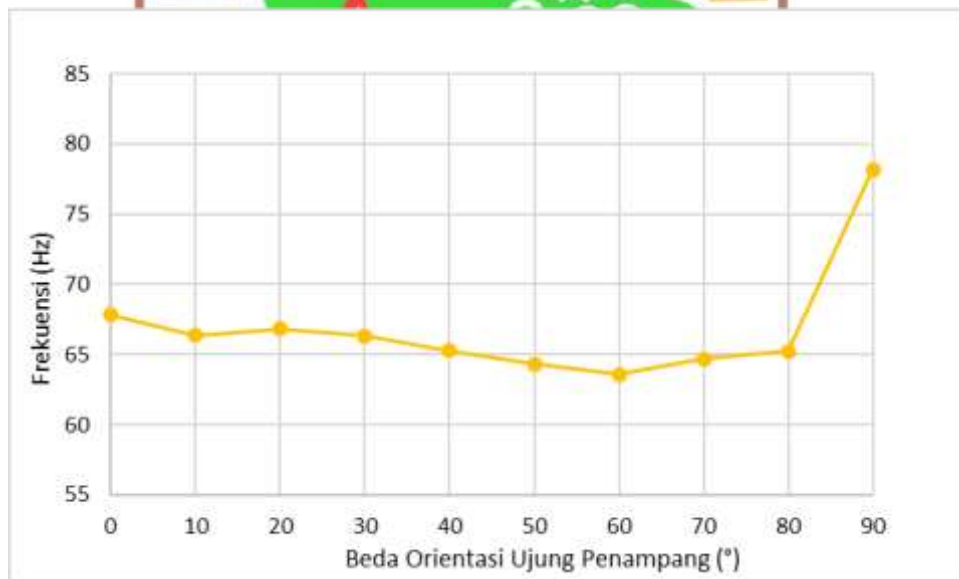
Hasil simulasi *modal analysis* untuk semua sudut orientasi poros menggunakan *software Autodesk Inventor* ditunjukkan pada **Tabel 4.3**. Kemudian dilakukan analisis berdasarkan arah modulus getar untuk mempermudah memahami analisis. Berikut merupakan hasil grafik dari sepuluh variasi poros dari  $f$ .



**Gambar 4.7** Grafik frekuensi pribadi  $f_1$  terhadap berbagai sudut orientasi poros.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7** menjelaskan nilai frekuensi pribadi pada berbagai sudut orientasi poros. Frekuensi pribadi terbesar dialami oleh poros 10 dengan nilai 66,62 Hz. Selanjutnya frekuensi terkecil dialami oleh poros 2, 3, dan 4 dengan nilai masing-masing 59,02 Hz, 58,9 Hz, dan 59,1 Hz. Modus bending frekuensi pribadi ini terletak pada bidang x-y. Dari data ini dapat dikatakan bahwa poros 1 dan 10 terhadap bidang x-y memiliki modus bending yang lebih kecil, karena memiliki kekakuan yang tinggi. Sebaliknya untuk poros 2, 3, dan 4 yang memiliki frekuensi pribadi terkecil, modus bending yang terjadi terhadap bidang x-y akan besar. Hal ini karena poros tersebut memiliki nilai kekakuan yang rendah.

Selanjutnya untuk hasil simulasi frekuensi pribadi  $f_2$  terhadap berbagai poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda ditunjukkan pada **Gambar 4.8**.



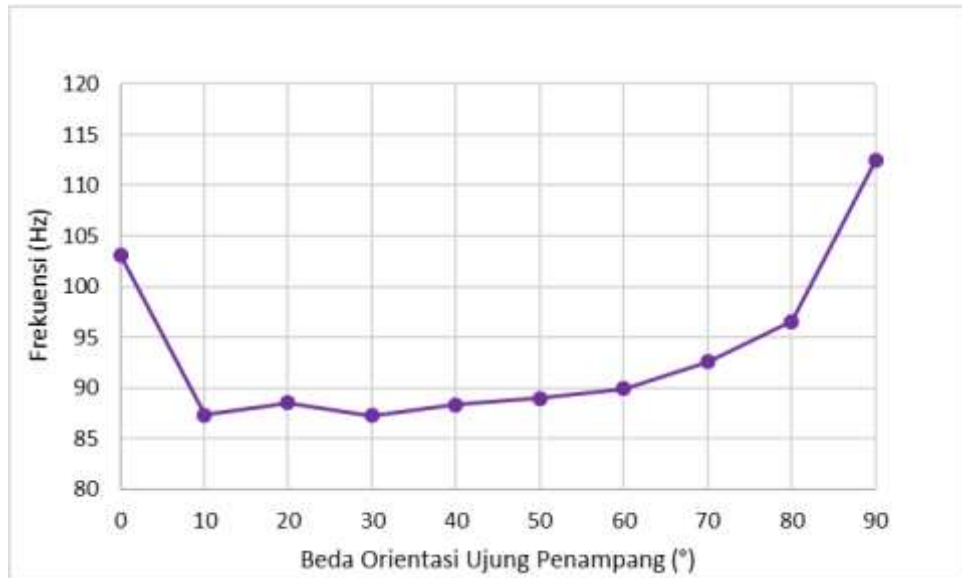
**Gambar 4.8** Grafik frekuensi pribadi  $f_2$  terhadap berbagai sudut orientasi poros.

Pada **Gambar 4.8** menjelaskan nilai frekuensi pribadi terhadap modus bending pada bidang z-y di berbagai sudut orientasi poros. Frekuensi pribadi terbesar dialami oleh poros 10 dengan nilai 78,2 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa poros 10 dengan sudut orientasi 0 45 90 memiliki modus bending yang lebih

kecil pada bidang z-y dibandingkan poros dengan sudut orientasi yang lain.

Dengan kata lain, poros 10 memiliki nilai kekakuan yang tinggi.

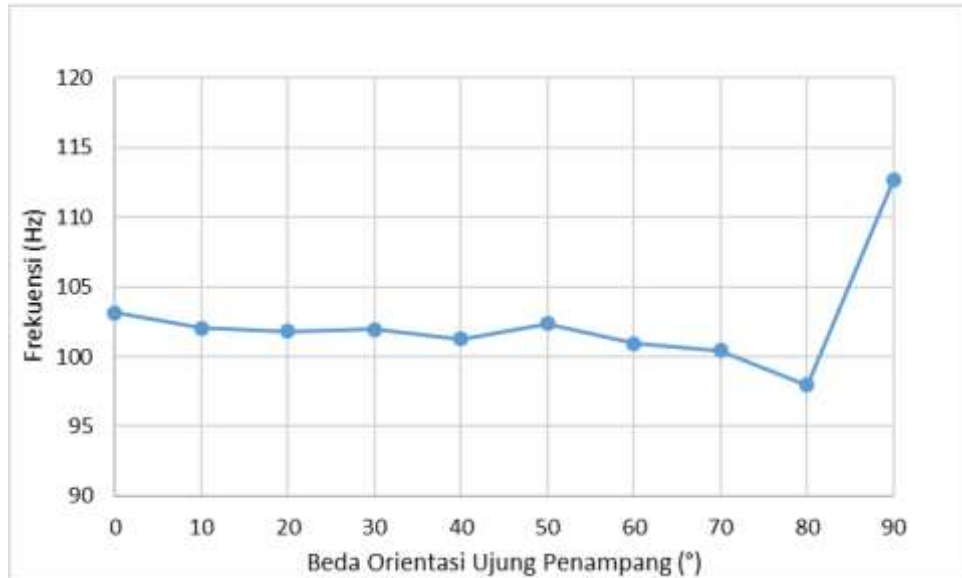
Selanjutnya untuk hasil simulasi frekuensi pribadi  $f_3$  terhadap berbagai poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda ditunjukkan pada **Gambar 4.9**. Simulasi.



**Gambar 4.9** Grafik frekuensi pribadi  $f_3$  terhadap berbagai sudut orientasi poros.

Hasil simulasi semua jenis poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda menghasilkan modus bending sebanyak 2 kali terhadap bidang y-x. Frekuensi pribadi terbesar dialami oleh poros 10 dengan nilai 112,42 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa poros 10 dengan sudut orientasi 0 45 90 memiliki modus bending yang lebih kecil pada bidang y-x dibandingkan poros dengan sudut orientasi yang lain. Dengan kata lain, poros 10 memiliki nilai kekakuan yang tinggi sehingga memiliki nilai frekuensi pribadi yang lebih tinggi dibandingkan poros yang lain.

Selanjutnya untuk hasil simulasi frekuensi pribadi  $f_4$  terhadap berbagai poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.



**Gambar 4.10** Grafik frekuensi pribadi  $f_4$  terhadap berbagai sudut orientasi poros.

Hasil simulasi semua jenis poros dengan sudut orientasi yang berbeda-beda menghasilkan modulus bending sebanyak 2 kali terhadap bidang y-z. Frekuensi pribadi terbesar dialami oleh poros 10 dengan nilai 112,67 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa poros 10 dengan sudut orientasi 0 45 90 memiliki modulus bending yang lebih kecil pada bidang y-z dibandingkan poros dengan sudut orientasi yang lain. Dengan kata lain, poros 10 memiliki nilai kekakuan yang tinggi.


Berdasarkan hasil simulasi frekuensi pribadi dengan modulus getar yang berbeda-beda, didapatkan nilai frekuensi pribadi terbesar pada poros 10. Poros ini memiliki sudut orientasi yaitu 0 45 90. Dari segi sudut orientasi poros, poros 10 lebih stabil dibandingkan poros dengan sudut orientasi yang lain. Dari segi kekakuan, poros 10 mempunyai nilai kekakuan yang lebih dibandingkan dengan poros lain. Hal ini dibuktikan dengan nilai frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan poros lain pada empat kali simulasi frekuensi pribadi.



### 4.3 Perbandingan Frekuensi Pribadi yang didapat dengan Frekuensi Pribadi Referensi

Struktur yang dirancang menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor* dengan memasukan material *stainless steel* St-37 sebagai material dari stuktur tersebut. Empat buah model frekuensi pribadi menjadi perbandingan dengan referensi yang ada. Selanjutnya dilakukan *modal analysis* untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi pada struktur tersebut. Bentuk dari nilai frekuensi pribadinya dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut.

**Tabel 4.4** Hasil Frekuensi Pribadi Eksperimen dan Numerik sudut orientasi poros



Frekuensi pribadi	Eksperimen (Hz) [3]	Numerik (Hz)	Frekuensi pribadi
1	21	n.a.	
2	26	n.a.	
3	55	61.74	1
4	68	63.6	2
5	n.a.	89.91	3
6	n.a.	100.95	4

Berdasarkan hasil pada **Tabel 4.4** terlihat perbandingan nilai frekuensi pribadi dari sudut orientasi poros 0 30 60 . Perbandingan tersebut memperlihatkan

bahwa ada beberapa hasil simulasi mendekati hasil eksperimen yaitu pada  $f_3$  dan

$f_4$  dikarenakan ada beberapa perbedaan dari komponen pada sistem poros rotor pada eksperimen dan simulasi. Untuk melihat perbedaan dilakukan asumsi pemodelan.

**Tabel 4.5** Perbedaan komponen Ekperimen dan Numerik

Komponen	Numerik	Eksperimen [3]
Piringan	Piringan dan bantalan ke poros	Memiliki bantalan untuk peredam
Poros	Memilik 10 variasi	Hanya satu variasi
Bearing	Tanpa ring pengunci	Memiliki ring pengunci dan baut
Peredam	Tanpa peredam	Memiliki peredam

Pada **Tabel 4.5** menjelaskan bahwa perbedaan komponen yang terdapat pada simulasi numerik dengan secara eksperimen mendapatkan hasil yang tidak jauh berbeda, apabila pengujian dilakukan dengan dimensi yang sama. Penggunaan komponen yang berbeda pada piringan , poros, bearing dan peredam akan mendapat hasil yang berbeda pada struktur.





## BAB V

### PENUTUP

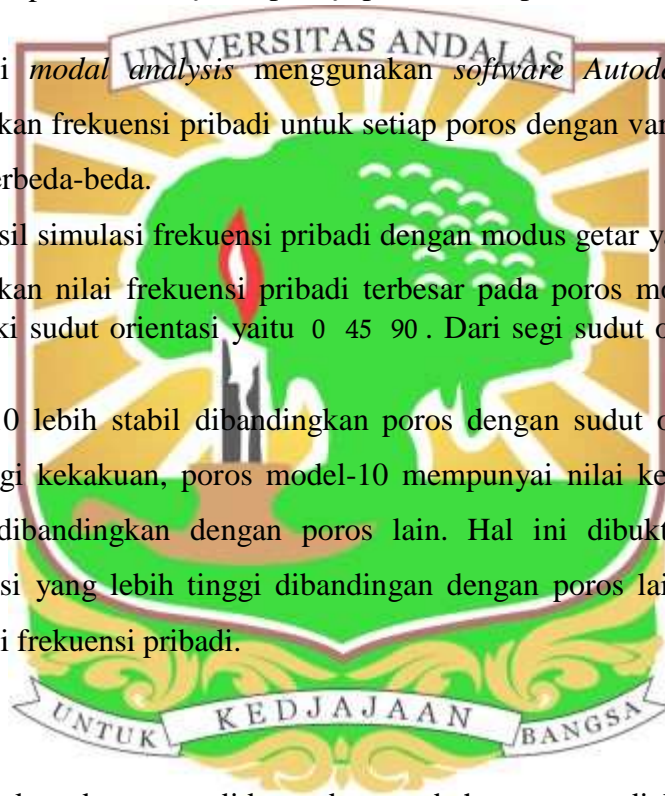
#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapat dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan

1. Pemodelan dibuat dari gambar 2D dan dirancang menjadi pemodelan 3D poros rotor menggunakan *Software Autodesk Inventor*. Sistem poros rotor terdiri atas poros yang diberikan beban berupa piringan untuk mendapatkan frekuensi pribadi dari pemodelan tersebut

2. frekuensi pribadi dari  $f$  sampai  $f$  pada sistem poros rotor berdasarkan hasil simulasi *modal analysis* menggunakan *software Autodesk Inventor*. Dan didapatkan frekuensi pribadi untuk setiap poros dengan variasi sudut orientasi yang berbeda-beda.

3. Dari hasil simulasi frekuensi pribadi dengan modus getar yang berbeda-beda, didapatkan nilai frekuensi pribadi terbesar pada poros model-10. Poros ini memiliki sudut orientasi yaitu  $0\ 45\ 90$ . Dari segi sudut orientasi poros, poros 10 lebih stabil dibandingkan poros dengan sudut orientasi yang lain. Dari segi kekakuan, poros model-10 mempunyai nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan poros lain. Hal ini dibuktikan dengan nilai frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan poros lain pada empat kali simulasi frekuensi pribadi.



#### 5.2 Saran

Berdasarkan data yang didapat dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya:

Pada simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor* berpengaruh pada pemodelan pada bearing sama dengan komponen penggerak yang memberikan hasil berbeda Karena ukuran *bearing* tersebut. Sehingga eksperimen yang dilakukan supaya mendapat hasil yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perera, *Theoretical and Experimental Study of Coupled Torsional-Lateral Vibrations in Rotor Dynamics*, Mechanical Engineering Department University of Calgary, 1998.
- [2] Kita M., Hataya T. dan Tokimasa Y., *Study of a Rotordynamic Analysis Method that Consider Torsional and Lateral Coupled Vibrations in Compressor Trains with a Gearbox*, Proceedings of the Thirty-Sixth Turbomachinery Symposium, 2007.
- [3] Malta J., *Investigation Of Anisotropic Rotor With Different Shaft Orientateon*, Dissertation , TU Darmstadt, 2009.
- [4] Sato, G. Takeshi dan Hartanto, N.Sugiarto. 1992. *MenggambarMesinMenurutStadarISO*. PT PradayaParamita: Jakarta
- [5] Olsson, F. 2006. *Rotordynamic Model if a fbre refine in BEAST*. LULEA University of technology, Swedia
- [6] Gasch, R 2006. *Rotordynamic*. Spinger-Verlag. Berlin





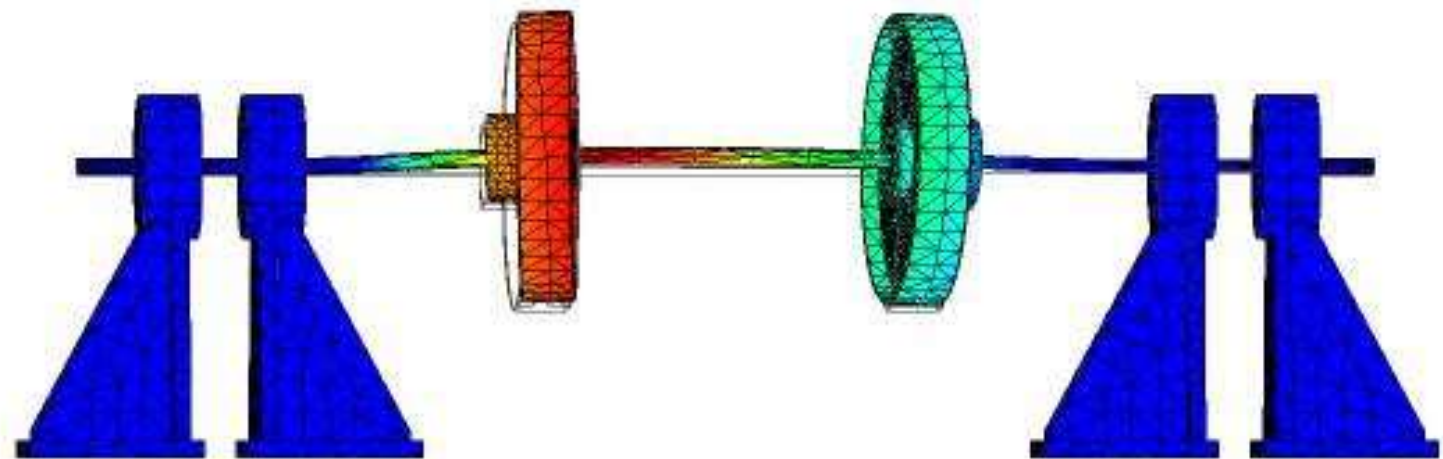
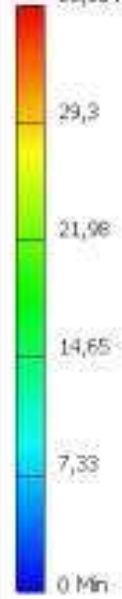
LAMPIRAN A  
(HASIL SIMULASI)

Logic Model x Favorites +

Assembly | Modeling | Study

- Baru 0,45,50
  - Static Analysis:1
  - Modal Analysis:1
  - Modal Analysis:2
  - Modal Analysis:3
  - Modal Analysis:4
  - Modal Analysis:5
  - Modal Analysis:6
  - Modal Analysis:7
  - Baru 0,45,50
  - Material
  - Constraints
  - Loads
  - Contacts
  - Mesh
  - Results
    - Model Frequency
      - P1 65,59 Hz
      - P2 79,20 Hz
      - P3 112,42 Hz
      - P4 112,67 Hz
    - Displacement
      - Displacement
      - X Displacement
      - Y Displacement
      - Z Displacement

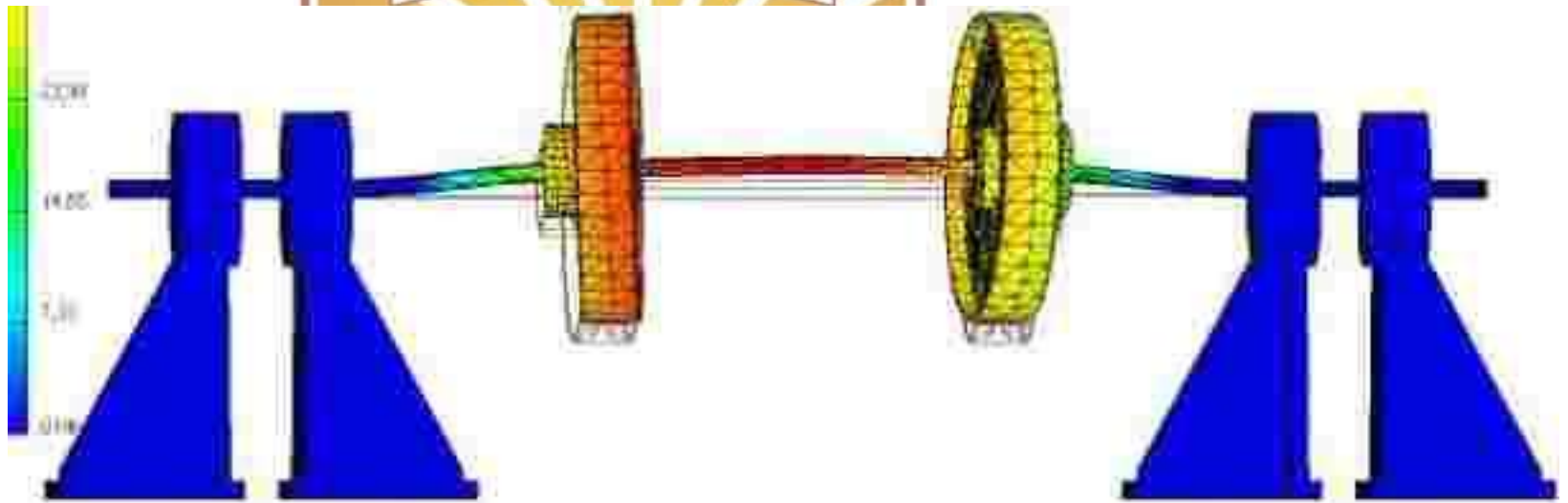
Nodes:954360  
 Elements:619079  
 Type: Displacement  
 Unit: mm  
 27/12/2018, 11:50:42  
 36,63 Max





- 1. Material
- 2. Mesh
- 3. Support
- 4. Load
- 5. Result
- 6. Mesh
- 7. Support
- 8. Load
- 9. Result
- 10. Mesh
- 11. Support
- 12. Load
- 13. Result

UNIVERSITAS ANDALAS



UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

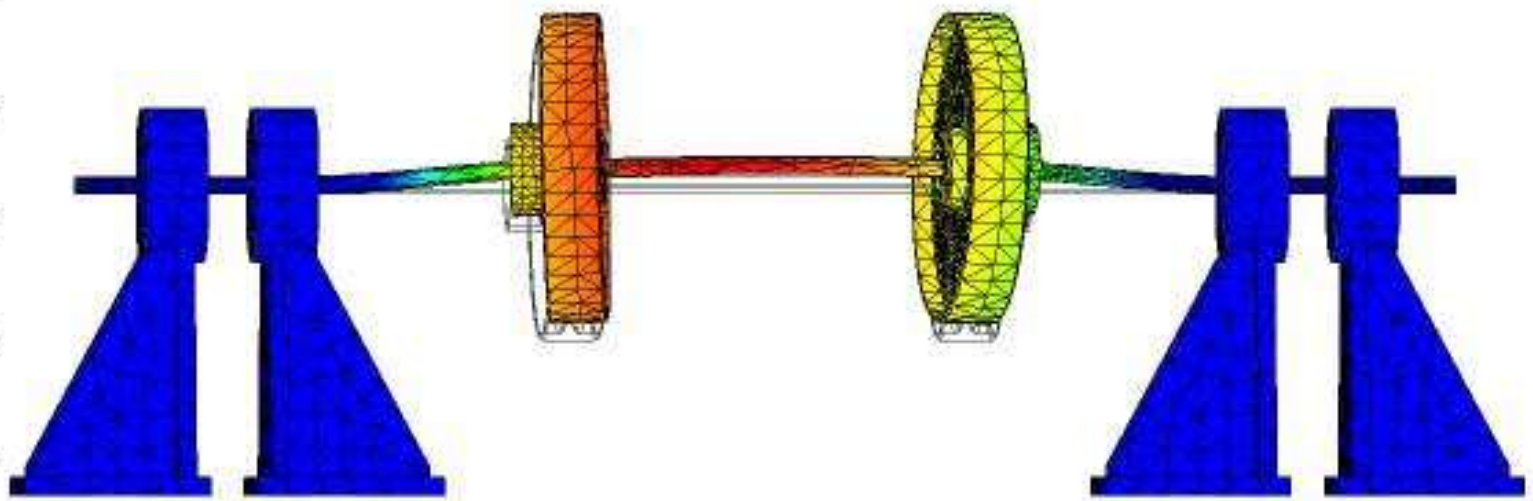
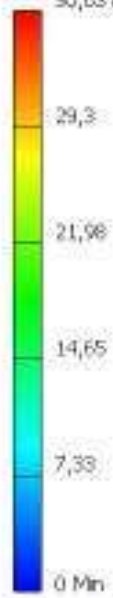


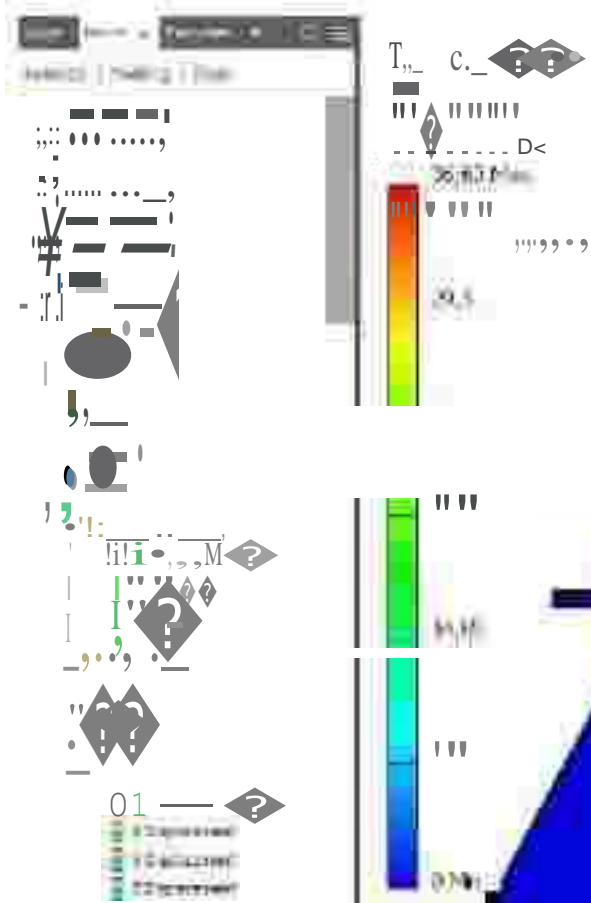
Logic Model x Favorites +

Assembly | Modeling | Study

- Isaru 0,35,70
  - Global Analysis:1
  - Modal Analysis:1
  - Modal Analysis:2
  - Modal Analysis:3
  - Modal Analysis:4
  - Modal Analysis:5
  - Modal Analysis:6
  - Modal Analysis:7
    - Isaru 0,35,70
    - Material
    - Constraints
    - Loads
    - Contacts
    - Mesh
    - Results
      - Modal Frequency
        - P1 62,96 Hz
        - P2 64,68 Hz
        - P3 92,57 Hz
        - P4 300,42 Hz
      - Displacement
        - Displacement
        - X Displacement
        - Y Displacement
        - Z Displacement

Nodes:956118  
 Elements:620070  
 Type: Displacement  
 Unit: mm  
 27/12/2018, 10:59:31  
 36,63 Max



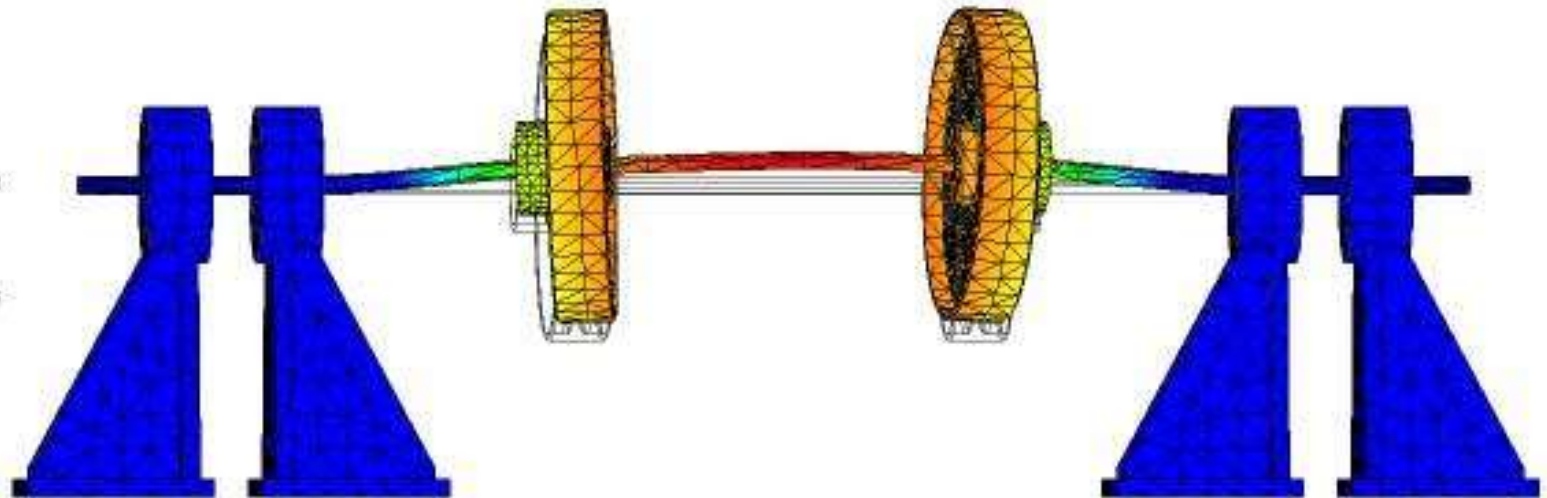


Logic Model x Favorites +

Assembly | Modeling | Study

- baru 0,25,50
  - Static Analysis:1
  - Model Analysis:1
  - Model Analysis:2
  - Model Analysis:3
  - Model Analysis:4
  - Model Analysis:5
  - Model Analysis:6
  - Model Analysis:7
- baru 0,25,50
  - Material
  - Constraints
  - Loads
  - Contacts
  - Mesh
- Results
  - Model Frequency
    - F1 62,42 Hz
    - F2 64,31 Hz
    - F3 88,58 Hz
    - F4 102,38 Hz
  - Displacement
    - Displacement
    - X Displacement
    - Y Displacement
    - Z Displacement

Nodes:954651  
Elements:619342  
Type: Displacement  
Unit: mm  
21/12/2018, 11:02:00  
36,63 Max





• • • • •  
• • • • •

// — — — — ,

; — — — — ◊

| — — — —

// — — — — ◊

• • • • •

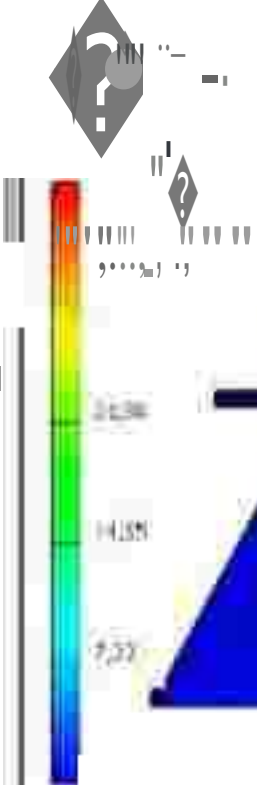
// — — — —

| — — — — ◊

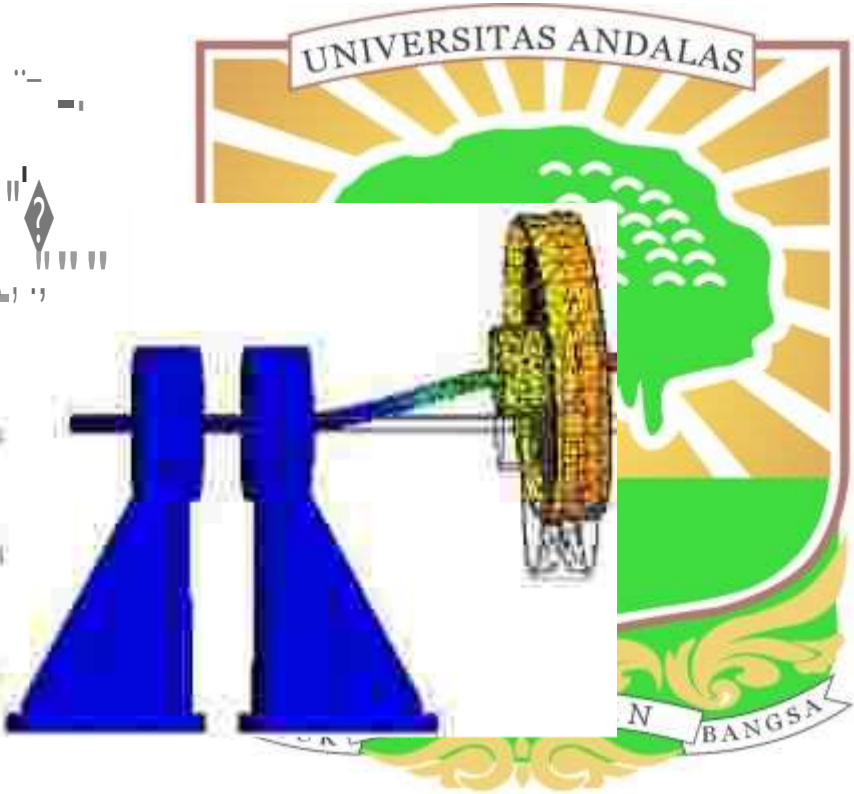
| — — — — ◊

| — — — — ;

LI, — — — — ◊



: u

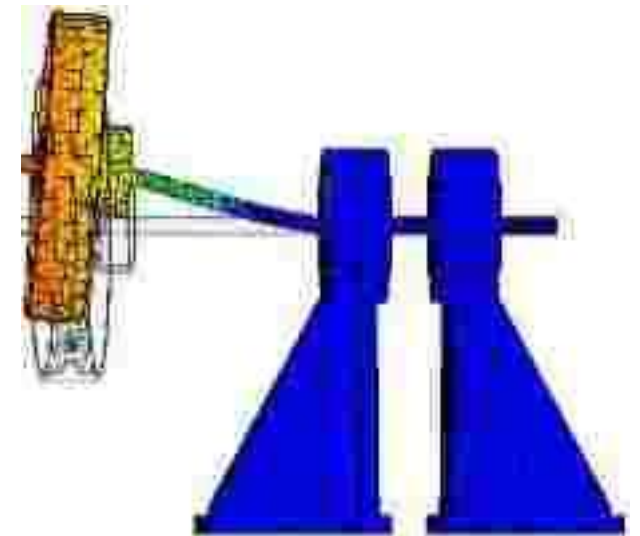




'



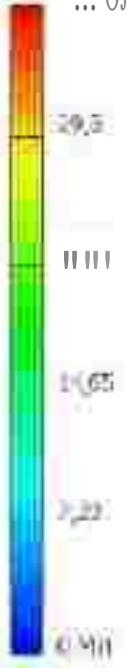
, "



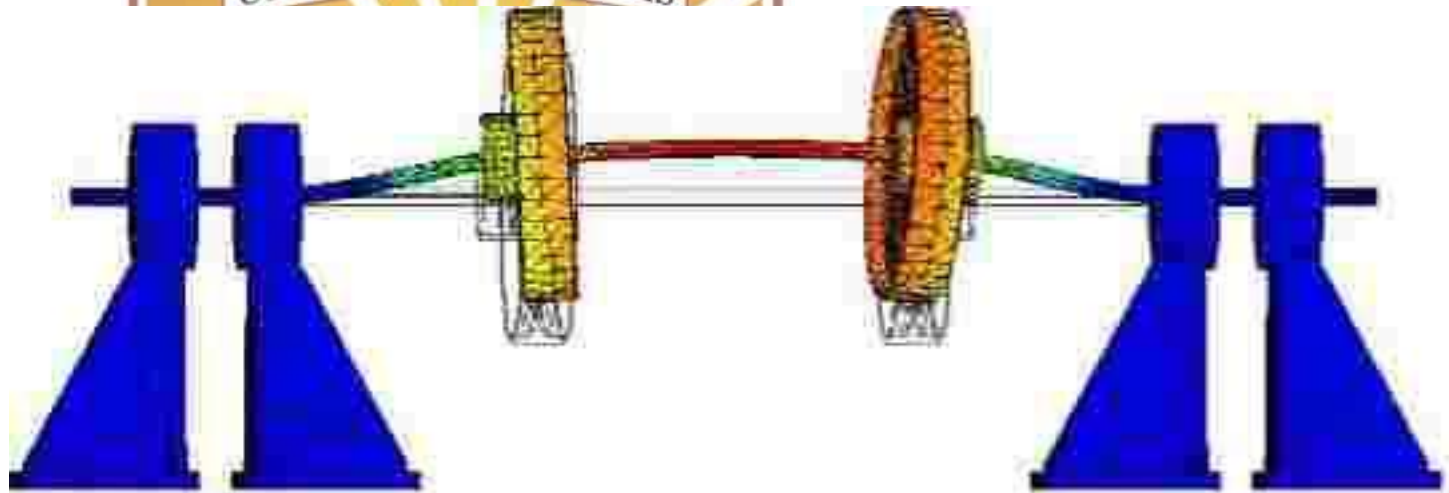


t , 2 2 - - ,  
[OFou \*23'S9  
T < C., < corrt

, u, " i q s " " " ?



UNIVERSITAS ANDALAS



. a - - , - - ,

" " "

- ! t ! i i " ... "

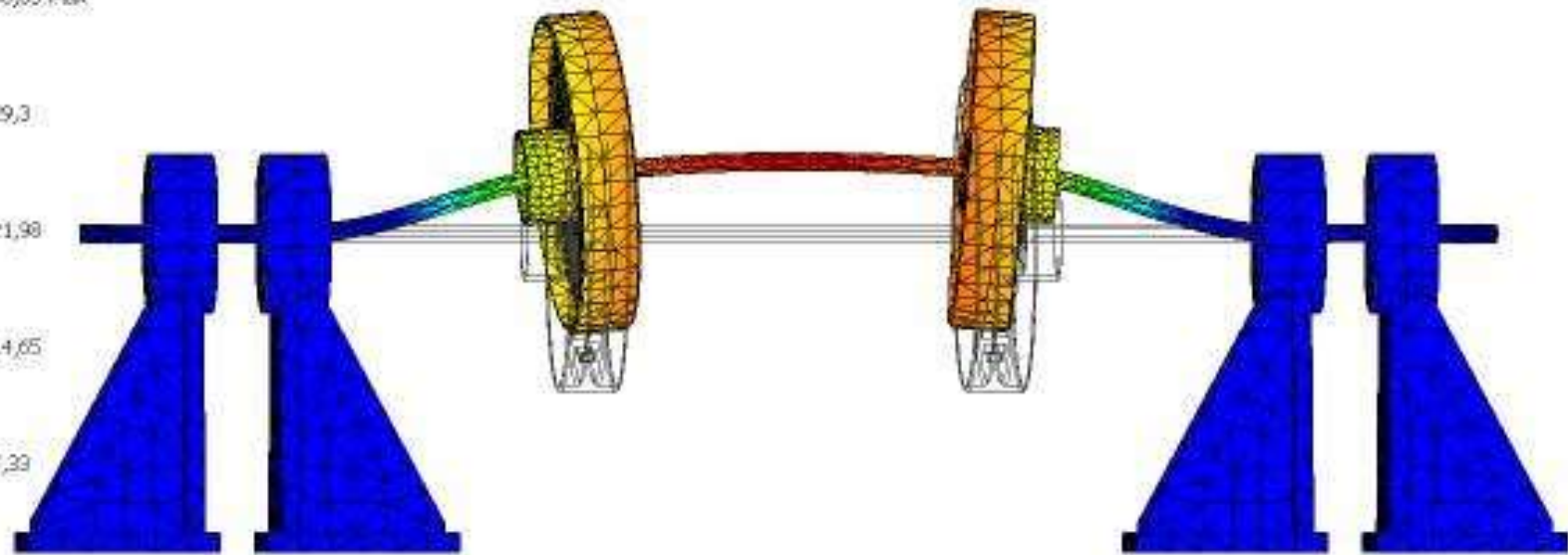
a : i o . . - -

Log: Model > Favorites

Assembly | Modeling | Study

- beru 0,5,30
- Static Analysis 1
- Model Analysis 1
- Model Analysis 2
- Model Analysis 3
- Model Analysis 4
- Model Analysis 5
- Model Analysis 6
- Model Analysis 7
  - beru 0,5,30
  - Material
  - Constraints
  - Loads
  - Contacts
  - Mesh
  - Results
    - Model Frequency
      - F1 59,02 Hz
      - F2 66,36 Hz
      - F3 87,32 Hz
      - F4 102,03 Hz
    - Displacement
      - Displacement
      - X Displacement
      - Y Displacement
      - Z Displacement

Nodes: 954875  
 Elements: 619927  
 Type: Displacement  
 Unit: mm  
 21/12/2018, 10:24:49  
 36,63 Max



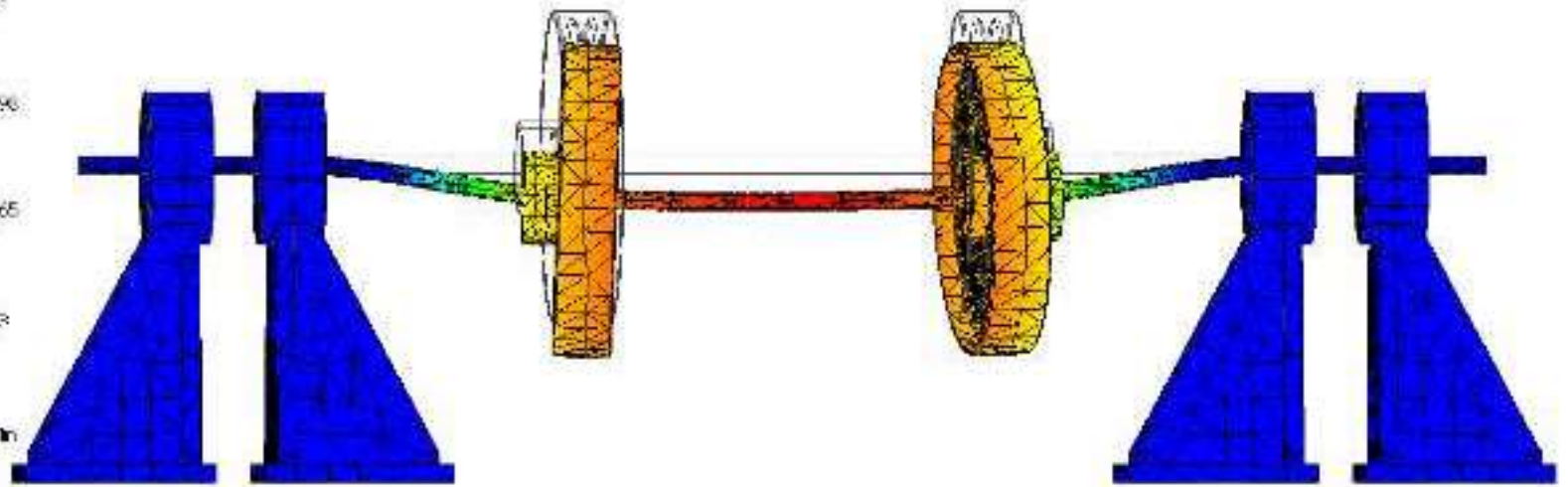


Logos Model > Partitura

Source | Model | Study

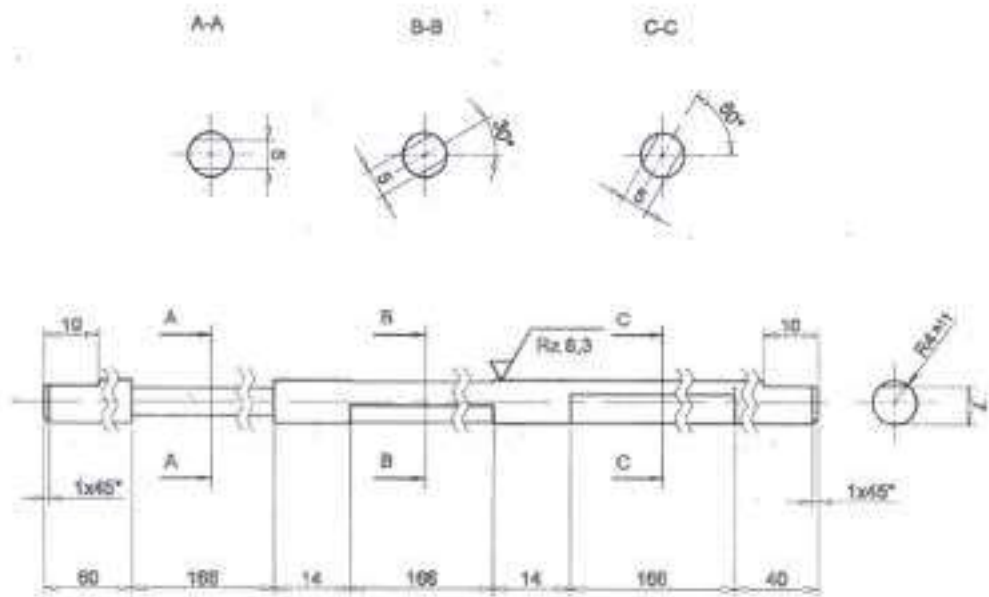
- 0.5.30
  - Static Analysis 1
  - Modal Analysis 1
  - Modal Analysis 2
  - Modal Analysis 3
  - Modal Analysis 4
  - Modal Analysis 5
  - Modal Analysis 6
  - Modal Analysis 7
  - Modal Analysis 8
  - Modal Analysis 9
  - Modal Analysis 10
  - Modal Analysis 11
  - Mesh
  - Constraint
  - Interf.
  - Contact
  - Mem.
  - Fluents
  - Modal Frequency
    - F1: 55.62 Hz
    - F2: 67.07 Hz
    - F3: 100.33 Hz
    - F4: 107.15 Hz
  - Displacement
    - 1 Displacement
    - 2 Displacement
    - 3 Displacement
    - 4 Displacement

Model: S24990  
 Elements: 10537  
 Type: Displacement  
 Units: mm  
 05/01/2019, 08:03:29

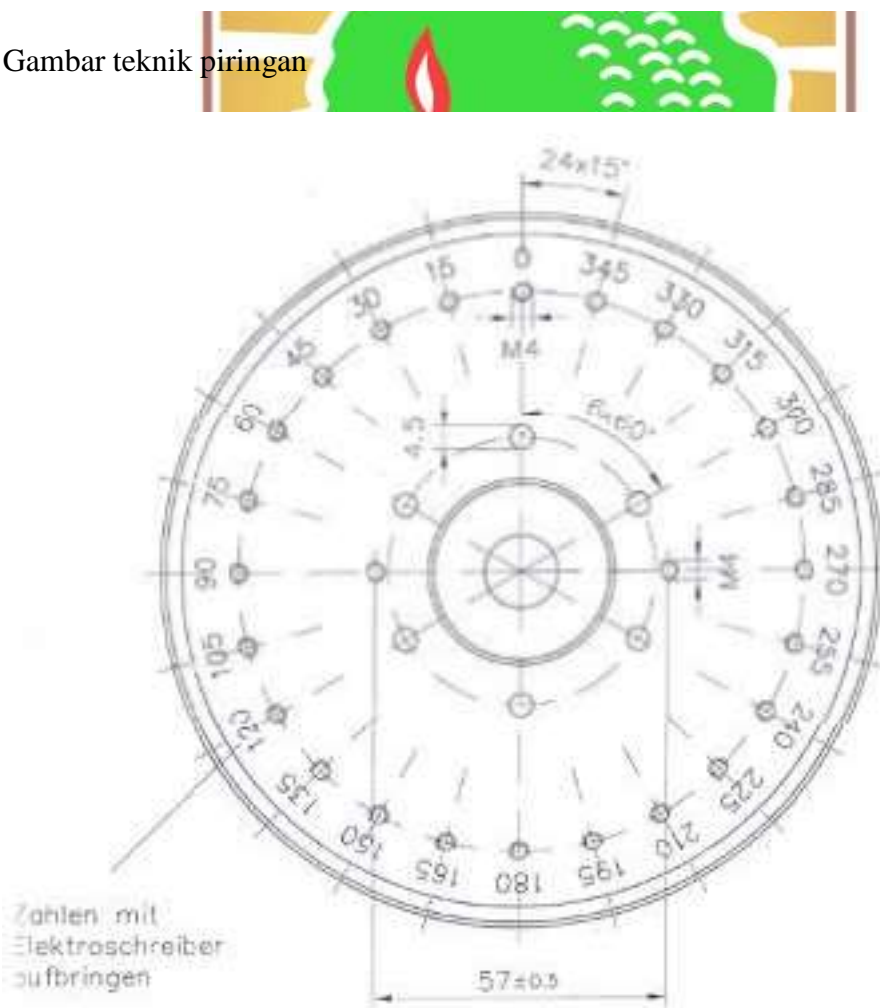




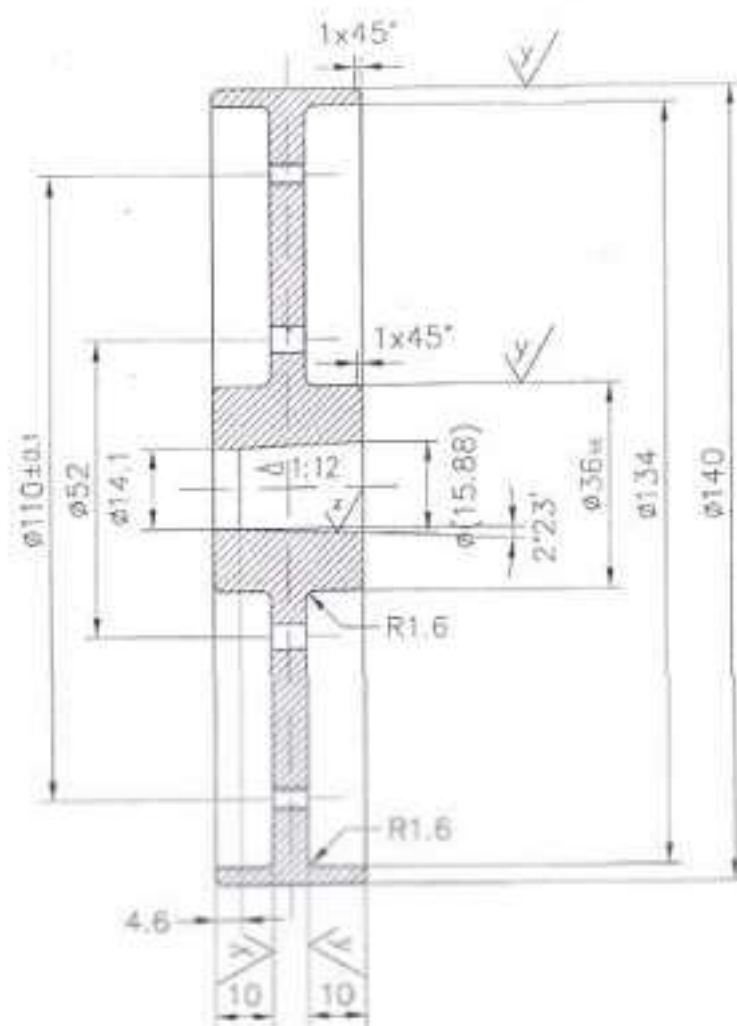
Gambar teknik poros rotor



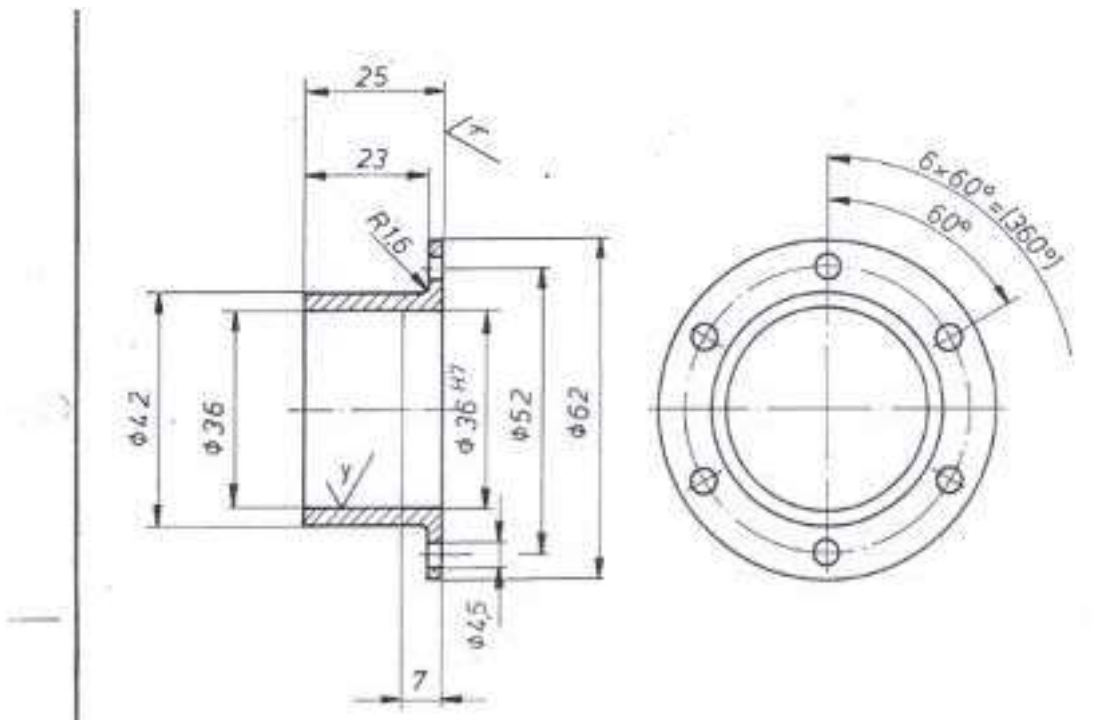
Gambar teknik piringan



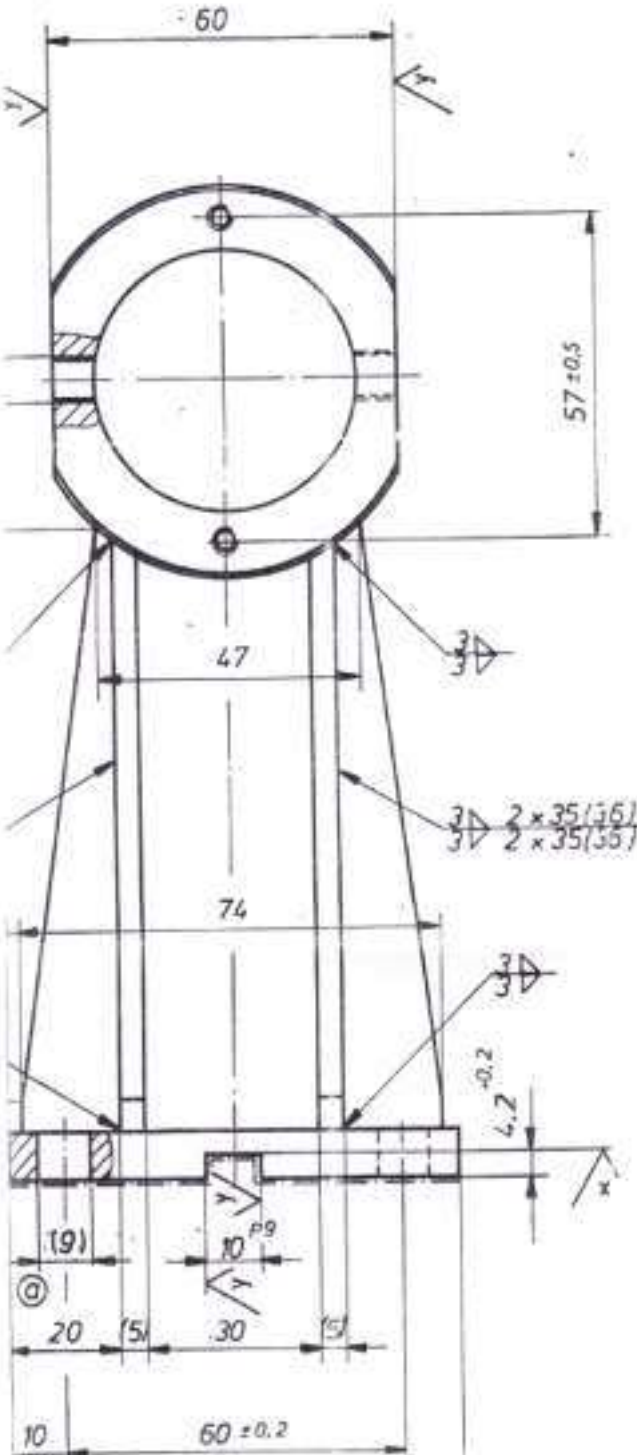
Gambar teknik piringan samping



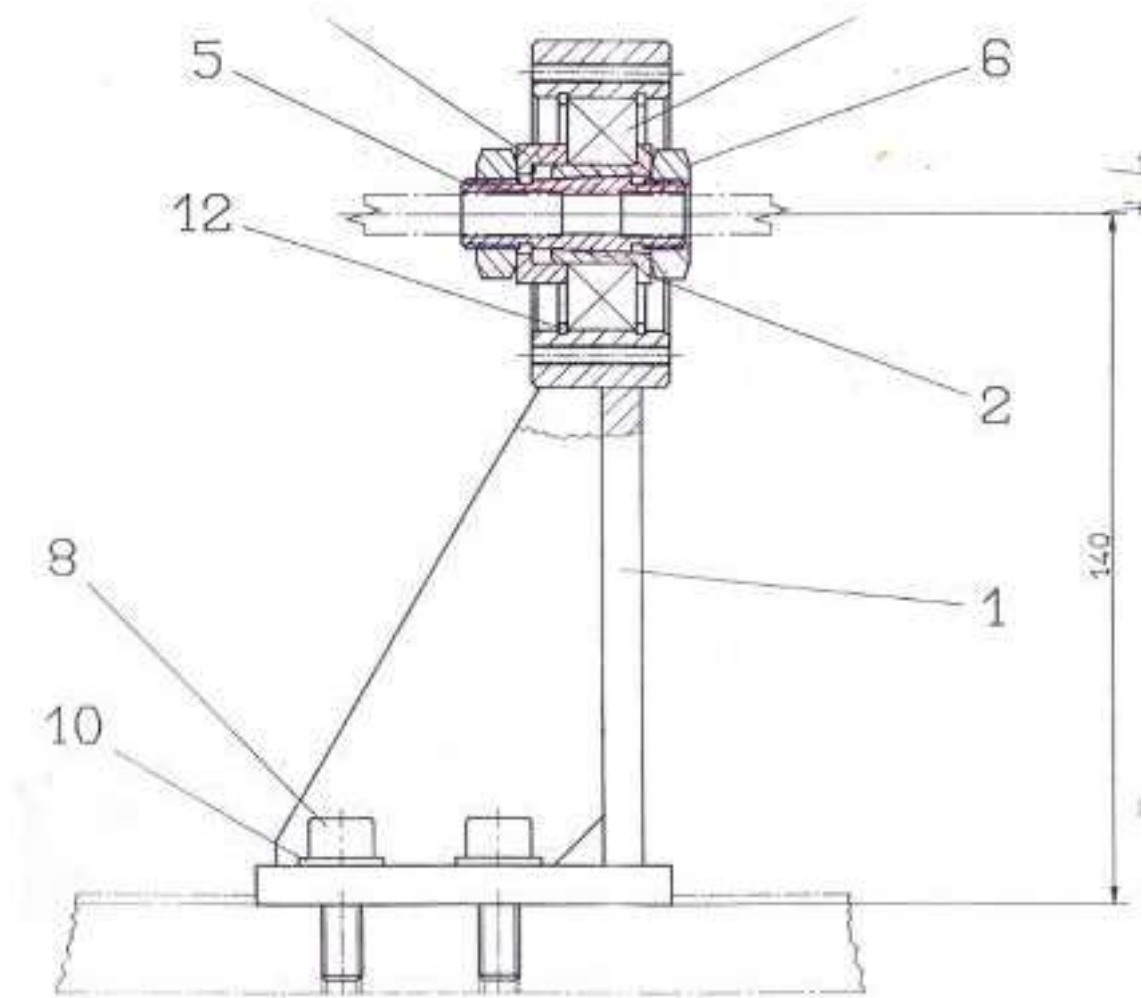
Gambar teknik ring pengunci



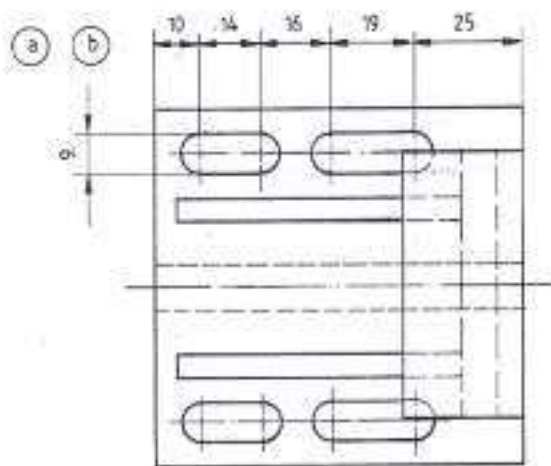
Gambar teknik tampak depan dudukan poros



Gambar teknik tampak samping dudukan



Gambar teknik tapak dudukan



Gambar teknik samping dudukan

