

20.585/H/04

TUGAS AKHIR
(KS 1701)



PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

**KAJIAN PERANCANGAN PENYEIMBANG GAYA PADA
KOMPRESOR TORAK UNTUK MEMINIMALKAN
KEBUTUHAN DAYA PENGGERAK**



RSSP
621.51
Wai
E
2004

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	11-8-2004
Terima Dari	FI
No. Agenda Prp.	221084

Oleh :

I PUTU WIDHIANA WAISNAWA
4298 100 024

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PERANCANGAN PENYEIMBANG GAYA PADA KOMPRESOR TORAK UNTUK MEMINIMALKAN KEBUTUHAN DAYA PENGGERAK

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk
Meraih Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
NIP. 131 933 294



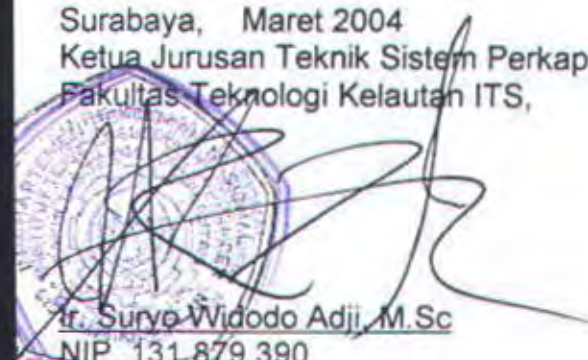
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111
TELP. 5994754, 5994251 – 55 ext 1102 FAX 5994754

SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir KS 1701

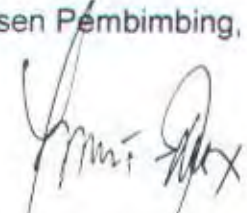
Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa : I Putu Widhiana Waisnawa
NRP : 4298 100 024
Dosen Pembimbing : Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Tanggal Diberikan Tugas :
Tanggal Diselesaikan Tugas :
Judul Tugas Akhir : Kajian Perancangan Penyeimbang Gaya
Pada Kompresor Torak Untuk
Meminimalkan Kebutuhan Daya Penggerak

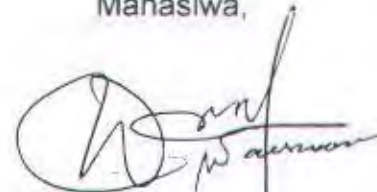
Surabaya, Maret 2004
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan ITS,


Ir. Suryo Widodo Adji, M.Sc
NIP. 131-879 390

Dosen Pembimbing,


Ir. Hari Prastowo, M.Sc
NIP. 131 933 294

Mahasiswa,


I Putu Widhiana Waisnawa
NRP. 4298 100 024

ABSTRACT

In designing process of reciprocating compressor, design of pressure represent a multiply factor at equation of power requirement. Higher value in pressure design represent higher value in power requirement of the compressor prime mover (engine)

In this Final Assignment, will be design a load or force balancer. In designing a system, writer assume the process identically with a balance. Total load of the system on one hand of balance and requirement of power on the other hand from the balance. Total load produce by a compressor represent a source of power (pressured air). A compressor transform an keep the energy given by prime mover as pressured air.

From the assumption, how if the energy form at left side of balance exploited to balance the balance itself by adding a load balancer. If we can divide load of the system become two equal part and put it on each sides of the balance, and the balance can be balanced by itself, load of the system can be told by zero or come near zero. Thereby, power requirement to make right side of the balance have bigger value will decrease from the beginning.

ABSTRAK

Dalam perancangan sebuah kompresor torak, desain tekanan yang diinginkan merupakan sebuah faktor kali pada persamaan kebutuhan daya, sehingga semakin besar desain tekanan yang diinginkan, maka semakin besar kebutuhan daya penggerak yang diperlukan.

Pada Tugas Akhir ini akan dirancang sebuah penyeimbang gaya. Dalam perancangan sebuah sistem, penulis mengasumsikan hal tersebut identik dengan sebuah neraca. Total beban yang dihasilkan oleh sistem tersebut di satu sisi neraca dan kebutuhan daya penggerak pada sisi lain dari neraca tersebut. Total beban yang dihasilkan oleh kompresor merupakan sebuah sumber tenaga (udara bertekanan). Kompresor menyimpan energi yang dihasilkan penggerak dalam bentuk udara bertekanan.

Dari asumsi tersebut, bagaimana jika energi yang tersimpan pada sisi kiri neraca di atas kita manfaatkan untuk menyeimbangkan neraca itu sendiri dengan menambahkan sebuah rangkaian penyeimbang. Bila kita dapat membagi beban pada dua sisi neraca, dan neraca dapat diseimbangkan, maka beban pada sistem dapat dikatakan nol atau mendekati nol. Dengan demikian, kebutuhan daya penggerak untuk membuat sisi kanan neraca lebih besar akan berkurang dari semula.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta bimbingan - Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

KAJIAN PERANCANGAN PENYEIMBANG GAYA PADA KOMPRESOR TORAK UNTUK MEMINIMALKAN KEBUTUHAN DAYA PENGGERAK

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan akademis untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik** pada **Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya**.

Semoga segala yang telah dihasilkan dalam Tugas Akhir ini bisa bermanfaat dalam bidang maritim khususnya dan bidang lain pada umumnya. Rancangan dasar penyeimbang gaya ini dalam pengembangannya diharapkan dapat membantu penghematan pemakaian energi secara umum.

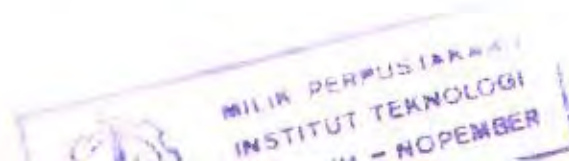
Surabaya, Juli 2004

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya Tugas Akhir ini dan tersusunnya Buku Tugas Akhir ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan petunjuknya.
2. I Nyoman Sulastia, BA, Alm Ayahanda yang tercinta yang sangat saya kagumi atas segala kasih sayang dan bimbingan beliau selama hidupnya.
3. Ni Luh Widasih, BA, Ibunda tersayang, dan adikku Rai dan Koming atas segala dukungannya.
4. Bapak Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember atas segala bimbingannya.
5. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini atas segala bimbingan dan bantuannya. Mohon maaf atas segala kebandelan saya.
6. Bapak Ir. M. Orianto BSE, M.Sc, selaku dosen wali saya atas segala nasihat dan bimbingannya.
7. Bapak-bapak dosen penguji yang telah memberikan masukan demi kebaikan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan atas semua dukungannya.
9. Semua keluarga di Kapal, Gatot Subroto, Padang Sambian, Bali atas dukungannya.
10. Keluarga Kak Bin, Sidoarjo, Om Yo Wisma Permai, Surabaya Atas semua dukungannya.



11. Mila tersayang beserta keluarga yang membuat saya tetap merasa di rumah,
12. Gepenx, Iwan "Fariz R.M", Adit "Fat Burner", Ari "Goreng", Agung "POP", Agus "Model", Yota "Kumis Kucing", Candra "Ableh", jaga pos kamlingnya!!!!, Mbing Ajus, Cimot, Alep, Bayu, Karyo, Kecenx, Ucup, MArdon, Papi Awor, Komeng, Guntur, Ardhie, dan semua teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu, sukses selalu !

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua budi baik yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2004

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Judul	
Lembar Pengesahan	i
Lembar Pengesahan	ii
Surat Keputusan Tugas Akhir	iii
Abstract	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Ucapan Terima Kasih	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Grafik	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penulisan	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
 BAB II DASAR TEORI	 8

2.1. Kompresi Gas.....	8
2.2. Macam –Macam Kompresor.....	11
2.3. Tekanan Dalam Fluida.....	12
2.4. Asas Archimedes.....	14
2.5. Kinematika dan Dinamika Mesin.....	17
2.6. Vektor Gaya.....	19
2.7. Momen Gaya.....	20
 BAB III PERENCANAAN PENYEIMBANG GAYA	22
3.1 Penyeimbang Gaya Pada Kompresor Torak.....	23
3.2 Dasar Perencanaan Penyeimbang Gaya	25
3.2.1 Titik Perlawanan yang Diambil.....	25
3.2.2 Prinsip Perencanaan.....	26
3.3 Desain Penyeimbang Gaya.....	28
3.3.1 Bagian-Bagian dari Penyeimbang Gaya.....	28
3.3.2 Skema Gaya pada Rangkaian Penyeimbang.....	33
3.3.3 Perhitungan Gaya pada Rangkaian Penyeimbang.....	35
3.3.3.1 Langkah-Langkah Perhitungan.....	36
3.3.3.2 Perhitungan Awal.....	40
 BAB IV PERCOBAAN MODEL KOMPRESOR.....	41
4.1 Dasar Percobaan.....	41
4.2 Tujuan Percobaan.....	43
4.3 Peralatan dan Bahan.....	43

4.4 Langkah Percobaan.....	44
4.4.1 Percobaan Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya.....	44
4.4.2 Percobaan Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya.....	45
4.5 Data Percobaan.....	46
4.5.1 Data Percobaan Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya.....	46
4.5.2 Data Percobaan Kompresor Dengan Penyeimbang Gaya.....	47
4.5.3 Data Tambahan.....	47
 BAB V ANALISA DATA.....	 48
5.1 Batasan Analisa.....	48
5.2 Data Percobaan.....	48
5.3 Perhitungan.....	49
 BAB VI KESIMPULAN.....	 54
6.1 Kesimpulan.....	54
6.2 Saran.....	54
 DAFTAR PUSTAKA.....	 56
LAMPIRAN.....	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema Kerja Kompresor Torak.....	2
Gambar 1.2 Skema Penyeimbang Gaya Kompresor.....	2
Gambar 2.1 Gerak Molekul Udara dalam Bejana Tertutup.....	8
Gambar 2.2 Diagram PV untuk Pemampatan.....	9
Gambar 2.3 Pemampatan Gas Kompresor Torak.....	11
Gambar 2.4 Fluida di Bawah Tekanan Hidrostatik.....	13
Gambar 2.5 Asas Archimedes.....	14
Gambar 2.6 Menambah Volume Udara Hisap.....	17
Gambar 2.7 Sistem Rangkaian Batang Penghubung Empat Batang.....	18
Gambar 2.8 Sistem Engkol dan Lengan Ayun.....	18
Gambar 2.9 Vektor Gaya.....	20
Gambar 2.10 Letak Garis Kerja Gaya Terhadap Pusat Benda.....	21
Gambar 3.1 Neraca dari Sebuah Sistem.....	22
Gambar 3.2 Neraca dari Sebuah Sistem dengan Rangkaian Penyeimbang.....	23
Gambar 3.3 Titik-Titik Perlawanan Pada Kompresor Torak.....	24
Gambar 3.4 Skema Penyeimbang Gaya	25
Gambar 3.5 Titik Perlawanan yang Diambil	26
Gambar 3.6 Skema Perencanaan Penyeimbang pada Kopling	27
Gambar 3.7 Skema Perencanaan pada Umumnya	27
Gambar 3.8 Skema Perencanaan yang Digunakan	27
Gambar 3.9 Ilustrasi Desain Penyeimbang Gaya.....	28
Gambar 3.10 Sisi Beban.....	29

Gambar 3.11 Rangkaian Penyeimbang.....	30
Gambar 3.12 Lengan Momen dan Lengan Penyeimbang.....	32
Gambar 3.13 Sisi Daya.....	32
Gambar 3.14 Skema Torsi Perlawanan pada Sisi Beban.....	33
Gambar 3.15 Skema Gaya Input pada Rangkaian.....	34
Gambar 3.16 Skema Gaya Torsi Keluaran dari Rangkaian	34
Gambar 3.17 Skema Perhitungan.....	35
Gambar 3.18 Skema Perhitungan Gaya Masukan.....	37
Gambar 3.19 Skema Perhitungan Momen Perlawanan Beban.....	37
Gambar 3.20 Skema Perhitungan Momen Penyeimbang.....	39
Gambar 4.1 Dasar Percobaan.....	41
Gambar 4.2 Penggantian Gaya F dengan Beban (W).....	42
Gambar 4.3 Ilustrasi Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya.....	44
Gambar 4.4 Ilustrasi Model Kompresor Dengan Penyeimbang Gaya.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perhitungan Awal.....	40
Tabel 4.1 Data Percobaan 1.....	46
Tabel 4.2 Data Percobaan 2.....	47
Tabel 5.1 Data Percobaan 1.....	48
Tabel 5.2 Data Percobaan 2.....	49
Tabel 5.3 Analisa Kebutuhan Daya Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya.....	52
Tabel 5.4 Analisa Kebutuhan Daya Model Kompresor dengan Penyeimbang Gaya.....	52
Tabel 5.5 Rata – Rata Penurunan Kebutuhan Daya Hasil Percobaan Model.....	53

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Perbandingan Kebutuhan Daya Percobaan Model Kompresor.....	53
---	----

BAB I
PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udara bertekanan adalah sebuah sumber tenaga. Udara bertekanan dihasilkan dengan menggunakan sebuah kompresor. Dari beberapa tipe kompresor yang ada, tipe kompresor yang paling umum digunakan adalah kompresor torak. Pada perancangan sebuah kompresor torak, desain tekanan adalah beban maksimum yang harus dipenuhi oleh penggerak agar dapat beroperasi sesuai dengan desain yang dibuat. Beban ini berupa gaya tekan yang diterima piston kompresor sebesar tekanan yang didesain dikalikan dengan luas piston kompresor bila kita melihatnya pada titik piston kompresor, atau beban ini berupa momen puntir sebesar gaya tekan piston dikalikan dengan lengan engkol dari kompresor bila kita melihatnya dari titik kopling antara motor dengan kompresor.

Dalam perancangan sebuah kompresor torak pada umumnya, penulis melihat bahwa perancangan dilakukan dengan melawan secara penuh beban yang diberikan oleh udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor sendiri. Hal ini menyebabkan kebutuhan daya penggerak dari sebuah kompresor akan bertambah besar untuk desain tekanan yang semakin besar.

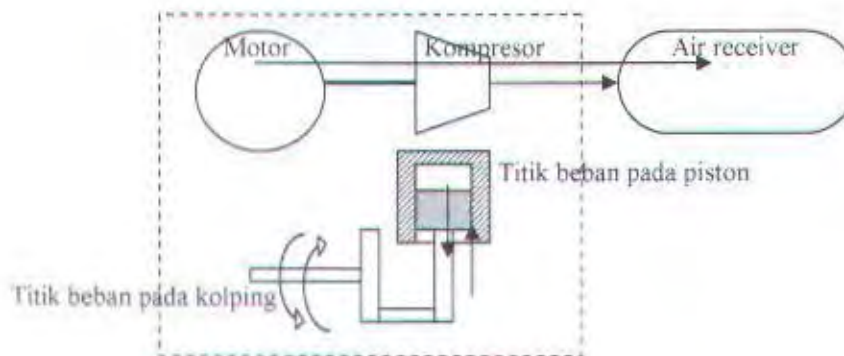
Disisi lain, perlu diingat kembali bahwa udara bertekanan yang dihasilkan kompresor itu sendiri adalah sebuah sumber tenaga yang merupakan konversi dari energi yang diberikan penggerak kepada kompresor dan disimpan berupa udara bertekanan.



Dari hal tersebut, penulis ingin memanfaatkan sumber tenaga berupa udara bertekanan ini untuk menghasilkan gaya tekan atau momen puntir yang bersifat membantu motor untuk melakukan kompresi pada kompresor. Dengan demikian diharapkan kebutuhan daya penggerak untuk kompresor torak dapat dikurangi untuk desain tekanan yang sama.

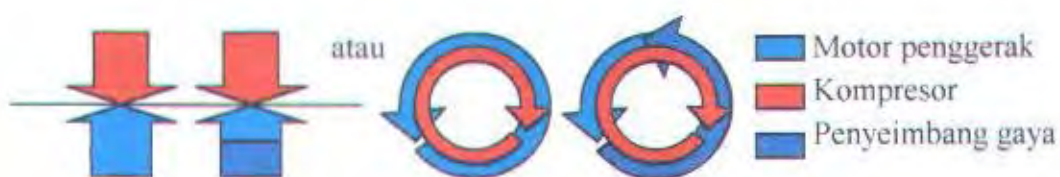
1.2. Permasalahan

Secara umum, proses kerja sebuah kompresor torak dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.1 Skema Kerja Kompresor Torak

Dari skema diatas, penulis melihat bahwa pada salah satu titik dari titik beban tersebut dapat ditambahkan sebuah rangkaian penyeimbang gaya atau penyerap beban dengan memanfaatkan tenaga dari udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor.



Gambar 1.2 Skema Penyeimbang Gaya Kompresor



Penyeimbang gaya memanfaatkan tenaga dari udara bertekanan yang dihasilkan kompresor untuk menghasilkan gaya tekan atau momen puntir yang bersifat menyerap sebagian besar beban yang diterima motor penggerak. Dengan menambahkan penyeimbang gaya tersebut, penulis mengasumsikan daya penggerak yang dibutuhkan akan dapat dikurangi.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

- Mendapatkan rancangan dasar dari penyeimbang gaya yang menghasilkan pengurangan kebutuhan daya penggerak dari kompresor torak.
- Menganalisa perbedaan kebutuhan daya penggerak antara kompresor torak biasa dan kompresor torak dengan penyeimbang gaya yang dirancang.

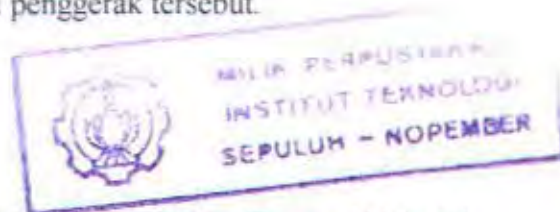
Sedangkan manfaat yang diperoleh adalah :

Hasil dari Tugas Akhir ini nantinya berupa rancangan dasar yang berguna untuk mengurangi kebutuhan daya penggerak dari sebuah kompresor torak. Secara umum diharapkan didapatkan penghematan pemakaian sumber energi, terutama minyak bumi untuk bahan bakar dari penggerak tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan yang ada dalam penyusunan Tugas Akhir ini maka permasalahan yang ada akan dibahas dibatasi menjadi :

- Pengujian dilakukan dalam bentuk model.
- Tekanan desain disesuaikan dengan asumsi kekuatan dari model yang dibuat.





- c. Pengujian mengambil titik perbandingan pada salah satu titik beban yaitu gaya tekan pada piston atau momen puntir pada engkol kompresor yang dihasilkan oleh model kompresor torak biasa dengan kompresor yang dirancang sebagai acuan perbandingan kebutuhan daya penggerak.

1.5. Metodologi Penulisan

Metodologi merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dipecahkan atau dianalisa.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini meliputi empat tahap yaitu :

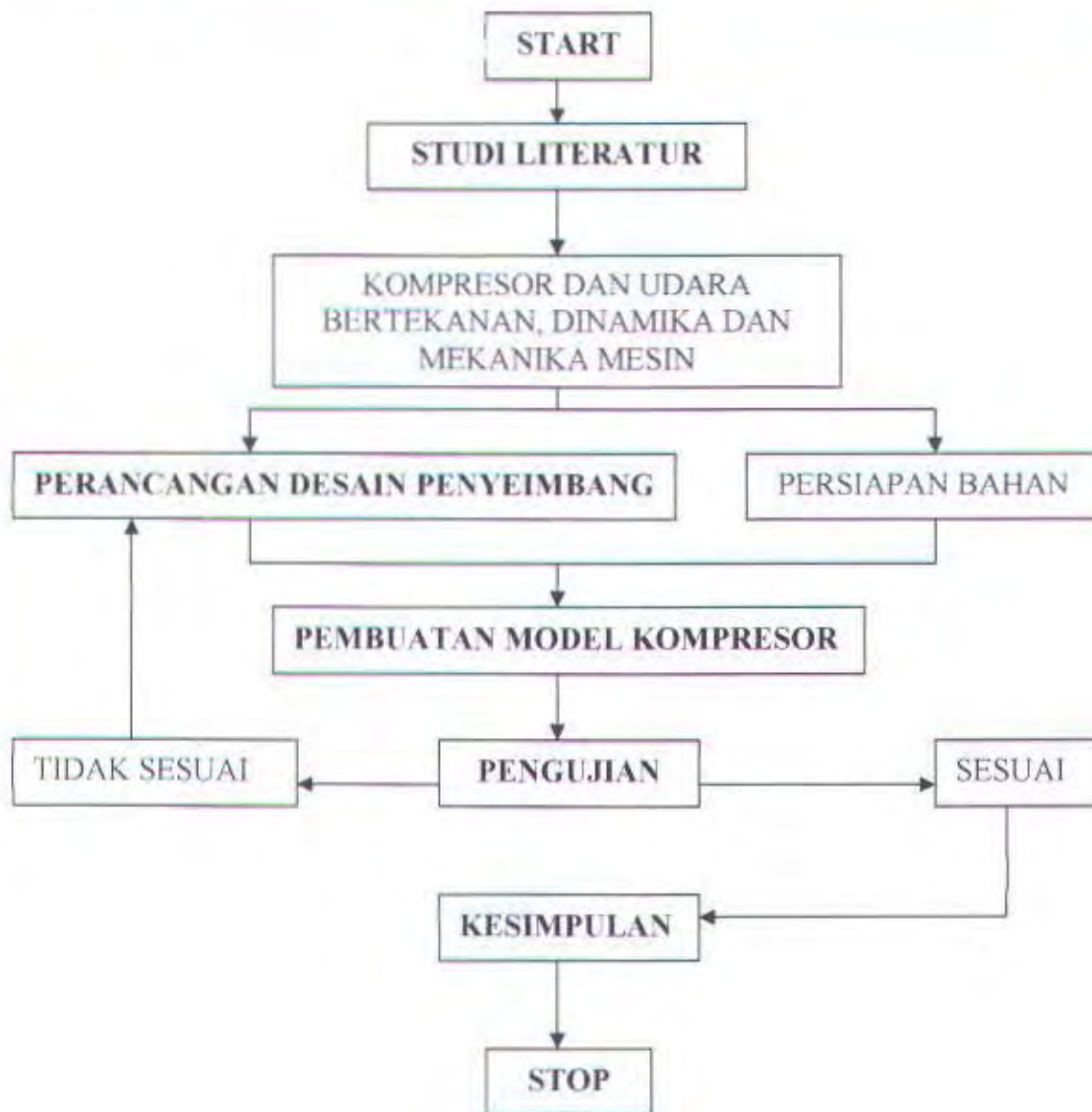
Tahap pertama adalah tahap studi literatur. Dalam tahap ini akan dilakukan studi mengenai teori-teori yang menunjang pengerjaan dan berkaitan dengan materi Tugas Akhir ini.

Tahan kedua adalah perancangan desain penyeimbang gaya yang beserta perhitungan matematis dari hasil rancangan.

Tahap ketiga adalah pembuatan model dari kompresor dan penyeimbang gaya.

Tahap keempat adalah pengujian, perbaikan dan analisa dari hasil rancangan.

Digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



1.6. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini terdiri atas :

Lembar Judul

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi



Daftar Gambar

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang penulisan Tugas Akhir, permasalahan batasan masalah, tujuan tugas akhir, dan sistematika Tugas Akhir

BAB II DASAR TEORI

Bab kedua membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan konsep udara bertekanan dan prinsip kerja dari kompresor torak, prinsip konversi energi secara umum, dinamika dan mekanika mesin.

BAB III DESAIN PENYEIMBANG GAYA

Pada bab ini akan dibahas mengenai prinsip penyeimbang gaya, desain penyeimbang gaya, perhitungan matematis dari penyeimbang gaya berupa perhitungan gaya dan langkah, skema kompresor dan cara kerja kompresor yang dirancang.

BAB IV PERCOBAAN MODEL KOMPRESOR

Bab ini membahas tentang percobaan yang dilakukan meliputi alat, skema percobaan, langkah percobaan, data-data yang diambil

BAB V ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang analisa dari data yang didapatkan dari hasil percobaan, membandingkan antara kompresor torak biasa dan kompresor torak yang dirancang.



BAB VI KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang didapatkan dari penulisan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II
DASAR TEORI



BAB II

DASAR TEORI

Mesin adalah suatu alat untuk mengubah atau memindahkan energi. Kadang-kadang mesin itu didefinisikan sebagai sebagai sesuatu yang terdiri dari sejumlah benda yang bergerak dan tidak bergerak yang diletakkan di antara sumber tenaga dan kerja yang harus dilakukan untuk tujuan penyesuaian antara keduanya. Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanis dan sebaliknya generator mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Pada kompresor, penggerak berupa sebuah motor baik motor listrik maupun motor bakar mengubah energi listrik maupun energi hasil pembakaran menjadi gerak dan menyimpan energi tersebut dalam bentuk udara bertekanan.

2.1. Kompresi Gas

Jika suatu gas atau udara menempati sebuah bejana tertutup, maka pada dinding bejana tersebut akan bekerja suatu gaya. Gaya ini per satuan luas dinding disebut sebagai tekanan. Menurut teori ilmu fisika, gas terdiri dari molekul-molekul yang bergerak terus menerus secara acak.



Gambar 2.1 Gerak Molekul Udara dalam Bejana Tertutup



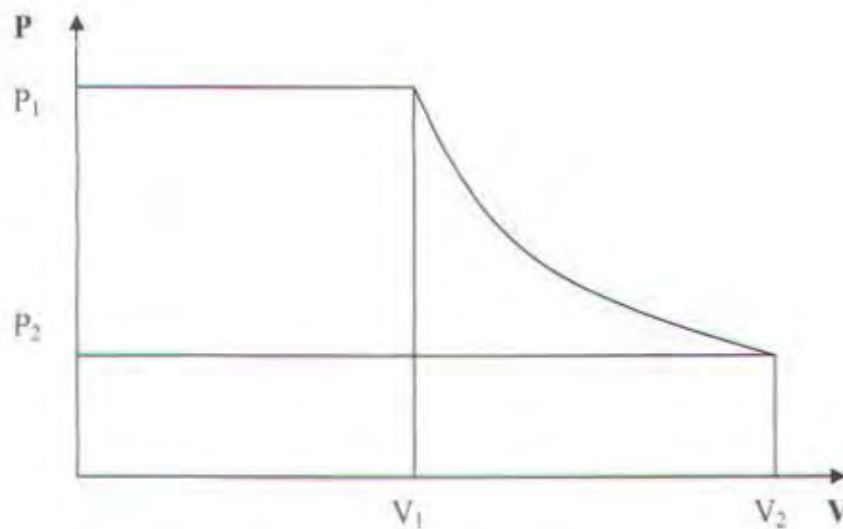
Akibat dari gerakan molekul-molekul udara ini, maka dinding bejana yang ditempati akan mendapat tumbukan secara terus menerus dan tumbukan inilah yang dirasakan sebagai tekanan pada dinding.

Hubungan antara tekanan dan volume gas dalam teori kompresi dapat diketahui dari *Hukum Boyle* yang menyatakan :

“Jika gas dikompresikan atau diekspansikan pada temperatur tetap, maka tekanannya akan berbanding dengan volume”

Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P \sim V \quad ; \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (\text{konstan})$$



Gambar 2.2 Diagram PV untuk Pemampatan

Hubungan antara temperatur dengan volume dapat diketahui dari *Hukum Charles* yang menyatakan :



" Semua gas apabila dinaikkan temperaturnya sebesar 1°C pada tekanan tetap, akan mengalami pertambahan volume sebesar $1/273$ dari volumenya pada temperatur 0°C , sebaliknya apabila diturunkan temperaturnya sebesar 1°C akan mengalami pengurangan volume pada proporsi yang sama"

Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V = V_0 + (1/273) \times \Delta t_1 \times V_0 = V_0 [1 + (\Delta t_1 / 273)]$$

Pada temperatur $t_2^{\circ}\text{C}$ untuk tekanan yang sama, gas mempunyai volume :

$$V_2 = V_0 [1 + (\Delta t_2 / 273)]$$

Jika kedua persamaan digabungkan, akan diperoleh hubungan :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(273 + t_1)}{(273 + t_2)}$$

Dari *Hukum Boyle* dan *Hukum Charles* diatas digabungkan, maka akan diperoleh sebuah persamaan keadaan yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PV = nRT$$

Dimana :

P = tekanan gas

V = volume gas

n = berat gas

R = konstanta gas umum = $8,3139 \times 10^7 \text{ (dyne cm}^{-2}\text{) cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$

T = temperatur gas

Untuk massa atau jumlah mol tertentu dari suatu gas, hasil kali nR adalah konstan. Dan oleh sebab itu maka PV/T juga konstan. Jika suatu gas dengan massa yang sama pada tekanan, volume dan temperatur yang berbeda maka dapat dirumuskan menjadi :



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

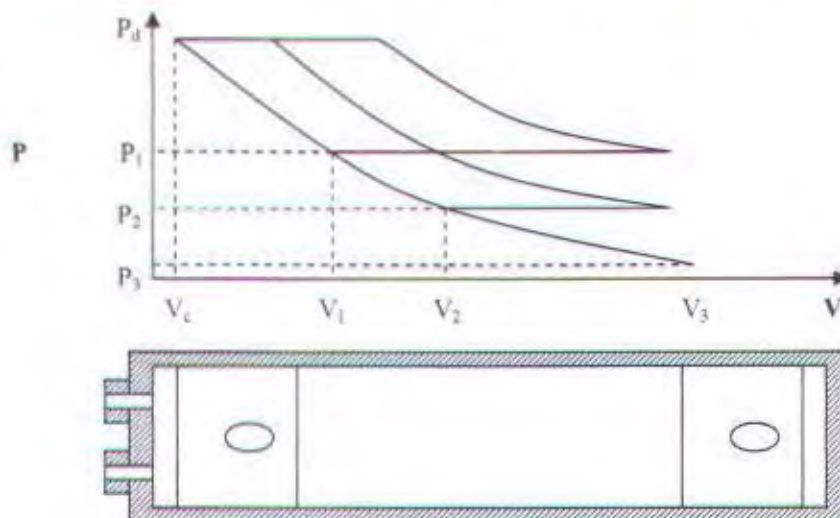
Namun persamaan diatas hanya berlaku tepat untuk gas sempurna (gas yang memiliki perbandingan $PV/nT = R$), sedangkan untuk gas sejati persamaan tersebut hanya berlaku sebagai pendekatan dan bukan merupakan hukum dasar.

2.2. Macam –Macam Kompresor

Kompresor adalah sebuah alat untuk memampatkan udara. Terdapat banyak jenis kompresor berdasarkan prinsip kerjanya. Jenis-jenis kompresor yang paling umum digunakan adalah :

- Kompresor Torak (Reciprocating Compressor)
- Kompresor Rotari (Screw Compressor)
- Kompresor Sentrifugal (Centrifuge Compressor)
- Kompresor Spiral (Scroll Compressor)
- Kompresor Roller (Vane Compressor)

Pada penulisan ini, jenis kompresor yang dibahas adalah jenis kompresor torak. Kompresor jenis ini menggunakan suatu piston – silinder dan katup.



Gambar 2.3 Pemampatan Gas Kompresor Torak





Piston harus dapat mengompresikan gas yang ada pada volume clearance ke V_1 sebelum tekanan menjadi cukup rendah untuk membuka katup inlet dan menghisap gas masuk.

Beberapa persamaan yang menunjukkan kerja sebuah kompresor torak antara lain :

Efisiensi Volumetrik Aktual

$$\eta_{va} = \frac{\text{Debit gas yang memasuki kompresor (m}^3/\text{s)}}{\text{Debit gas yang meninggalkan kompresor (m}^3/\text{s)}} \times 100$$

Efisiensi Volume Clearance

$$\eta_{va} = \frac{\text{Volume gas yang memasuki kompresor}}{\text{Volume kompresor yang terisi}} \times 100 = \frac{V_3 - V_1}{V_3 - V_c} \times 100$$

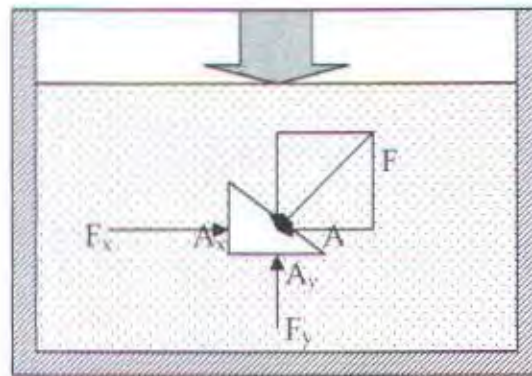
Efisiensi ini digunakan untuk menunjukkan berapa persen dari volume clearance yang digunakan untuk menghisap gas masuk.

2.3. Tekanan Dalam Fluida

Fuida artinya zat yang dapat mengalir, jadi istilah ini digunakan untuk zat cair dan gas. Pada fuida dibawah tekanan hidrostatik, gaya sembarang arah terhadap suatu permukaan adalah normal (tegak lurus) terhadap permukaan tersebut. Jika di setiap titik dalam fluida ada tegangan singgung, fuida itu akan menghindar ke samping selama tegangan itu ada. Jadi didalam fluida yang diam, tegangan singgung dimana-mana sama dengan nol. Gambar 2.4 melukiskan fluida dalam sebuah silinder yang ditekan dengan sebuah piston ke arah bawah. segitiga dalam gambar merupakan pandangan samping dari sejumlah fluida yang



berbentuk pasak. Seandainya berat fluida diabaikan, maka gaya yang bekerja pada bagian ini adalah gaya yang dikerjakan oleh fluida disekelilingnya. Dan karena tidak ada komponen tangensialnya, maka gaya ini haruslah normal terhadap permukaan pasak.



Gambar 2.4 Fluida di Bawah Tekanan Hidrostatik

Dimisalkan F_x , F_y , dan F adalah gaya-gaya yang bekerja pada ketiga permukaan pasak. Karena fluida berada pada keadaan setimbang maka :

$$F \sin \theta = F_x \quad ; \quad F \cos \theta = F_y$$

Begitu pula

$$A \sin \theta = A_x \quad ; \quad A \cos \theta = A_y$$

Dari persamaan tersebut kita dapatkan,

$$\frac{F}{A} = \frac{F_x}{A_x} = \frac{F_y}{A_y}$$

Oleh sebab itu maka gaya per satuan luas adalah sama, bagaimanapun arah irisan dan selamanya merupakan kompresi. Setiap perbandingan di atas mendefinisikan tekanan hidrostatik di dalam fluida.

$$P = F / A \quad ; \quad F = P A$$



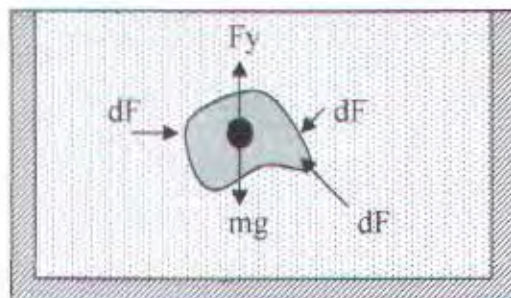
Gaya terhadap sembarang bidang di dalam atau yang membatasi fluida yang diam dan menderita tekanan adalah normal terhadap bidang itu, bagaimanapun arah bidang tersebut. Hal ini dikenal dengan *Hukum Pascal* yang menyatakan :

“Tekanan yang dikerjakan pada fluida dalam bejana tertutup diteruskan tanpa berkurang kesemua bagian fluida dan dinding bejana itu “

Sifat tekanan dalam fluida di atas dapat dimanfaatkan dalam perancangan penyeimbang gaya untuk menyerap sebagian besar beban yang seharusnya diterima oleh penggerak.

2.4. Asas Archimedes

Garis tidak beraturan pada gambar 2.5 melukiskan sebuah permukaan khayal yang membatasi suatu bagian fluida dalam keadaan diam. Garis-garis panah melukiskan gaya-gaya yang dilakukan terhadap unsur-unsur kecil permukaan batas tadi seluas dA oleh fluida sekelilingnya. Gaya dF terhadap tiap unsur tegak lurus pada unsur yang bersangkutan, dan sama dengan $p dA$. p hanya tergantung pada kedalaman vertikal dihitung dari permukaan bebas, dan bukan pada bentuk atau letak permukaan batas tersebut.



Gambar 2.5 Asas Archimedes



Karena keseluruhan fluida dalam keadaan diam, maka komponen x resultan gaya-gaya permukaan ini sama dengan nol. Komponen y resultan ini yaitu F_y harus sama dengan berat fluida yang berada dalam bidang batas tadi, yaitu mg dan garis kerjanya harus melewati pusat berat fluida ini. Sekarang bayangkan fluida yang berada dalam bidang batas tersebut disingkirkan lalu diganti dengan sebuah benda padat yang bentuknya tepat sama. Maka tekanan terhadap tiap titik akan sama seperti semula, sehingga gaya yang dikerjakan terhadap benda tersebut oleh fluida sekelilingnya tidak berubah. Artinya fluida itu mengerjakan terhadap benda tersebut suatu gaya keatas F_y yang sama besar dengan berat mg fluida yang mula-mula menempati bidang batas tersebut dan garis kerjanya melewati pusat berat semula.

Benda yang terbenam demikian, umumnya tidak dalam keadaan setimbang. Beratnya mungkin akan lebih atau kurang dari F_y , dan bila tidak homogen, pusat beratnya mungkin tidak terletak pada garis kerja F_y . Karena itu pada umumnya, benda itu akan dipengaruhi suatu gaya resultan melewati pusat beratnya sendiri dan oleh suatu kopel, lalu akan naik atau turun dan juga berputar. Hal ini dijabarkan oleh Archimedes dalam *Hukum Archimedes* yang menyebutkan,

“Sebuah benda atau objek yang berada dalam cairan akan menerima gaya keatas yang sebanding dengan berat mg fluida yang dipindahkannya”

Dimana dalam penurunannya didapatkan bahwa :



“ Suatu fluida atau objek dengan massa jenis yang lebih kecil dari massa jenis cairan akan mengapung”

“ Suatu fluida atau objek dengan massa jenis yang sama dengan massa jenis cairan akan melayang”

“ Suatu fluida atau objek dengan massa jenis yang lebih besar dari massa jenis cairan akan tenggelam”

Bila selumlah volume udara V dilepaskan dari dasar cairan, maka udara tersebut sebagai objek atau fluida dengan massa jenis lebih kecil dari cairan akan melayang dan mengapung.

$$\begin{aligned} F_y &= mg \\ &= \rho g V \end{aligned}$$

Karena massa jenis udara jauh lebih kecil dari cairan, maka :

$$F_y > mg \quad ; \text{ udara akan mengapung}$$

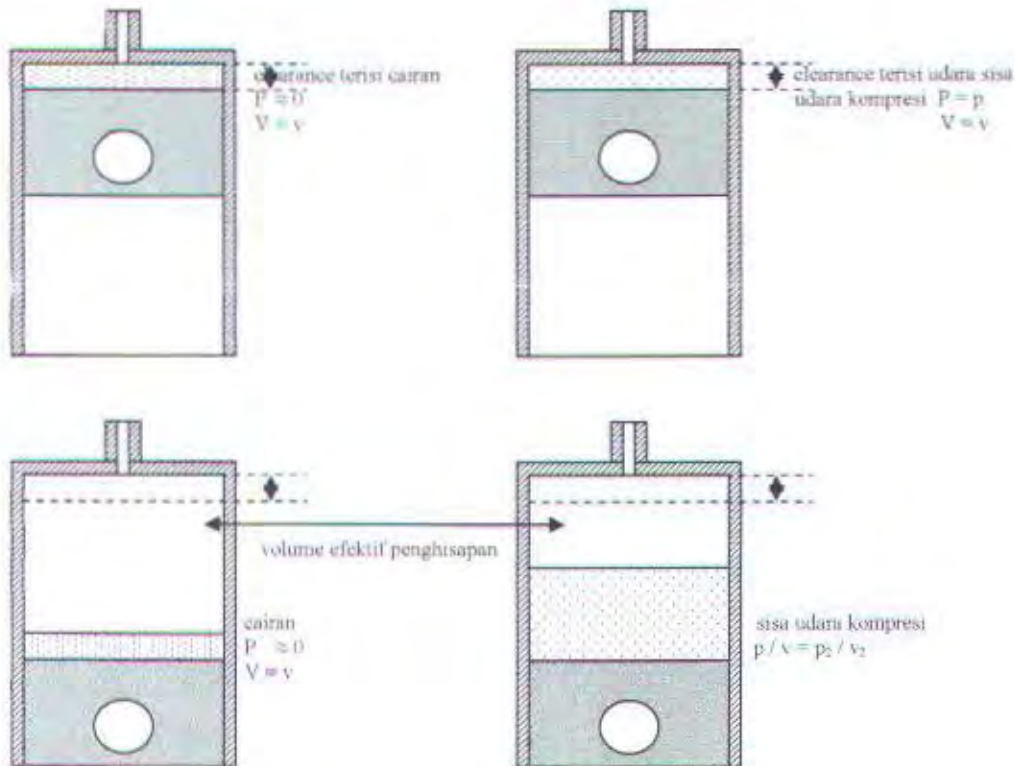
Dalam perancangan ini, direncanakan dalam pemindahan udara masuk kedalam air receiver akan melewati sebuah tabung transfer yang terisi oleh cairan. Dari *Asas Archimedes* diatas, proses transfer tersebut tidak akan menemui kendala.

Alasan penambahan tabung transfer dengan cairan ini adalah untuk memaksimalkan volume udara yang dapat dihisap masuk oleh kompresor dengan sifat fluida yang hampir tidak dapat dikompresikan (uncompressible). Cairan ini bertujuan untuk mengisi volume clearance pada kompresor sehingga pada langkah penghisapan udara masuk, tekanan yang ada pada silinder kompresor dapat dirurunkan serendah-rendahnya.



Dengan transfer cairan

Dengan transfer biasa



Gambar 2.6 Menambah Volume Udara Hisap

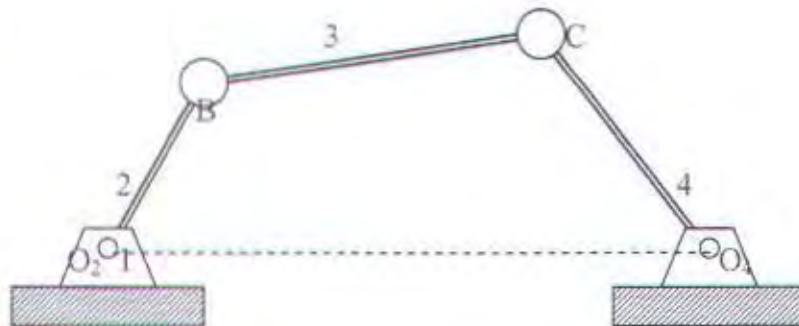
Walaupun dari asumsi awal, volume udara hisap akan dapat dinaikkan, namun perlu diingat bahwa kekentalan dari cairan akan mempengaruhi laju aliran dalam pipa. Hal ini akan menimbulkan kendala tersendiri.

2.5. Kinematika dan Dinamika Mesin

Kinematika mesin adalah suatu pembahasan mengenai gerak relatif dari bagian-bagian mesin. Lintasan, kecepatan dan percepatan dibahas didalamnya. Sedangkan dinamika mesin membahas mengenai gaya-gaya yang bekerja pada bagian-bagian mesin dan gerakan-gerakan yang diakibatkan oleh gaya-gaya ini.

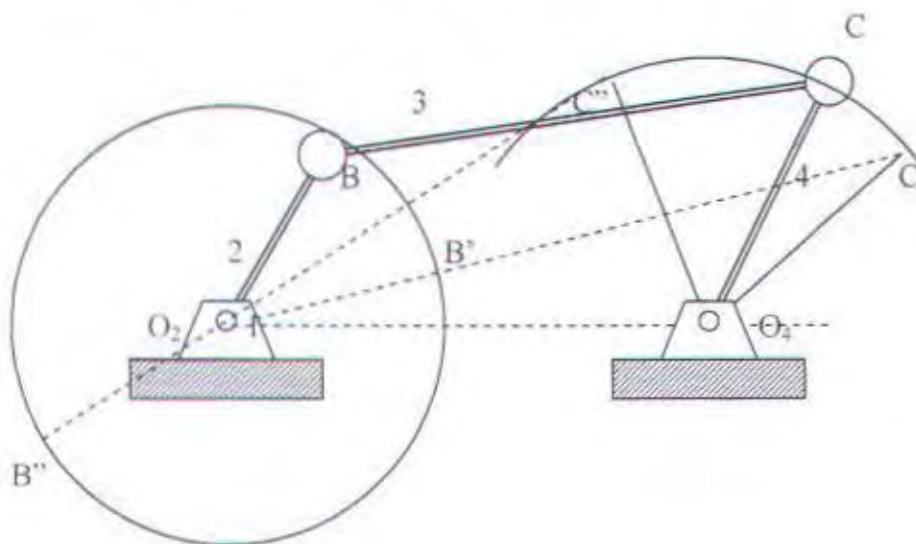


Salah satu mekanisme yang paling berguna dan paling umum digunakan adalah sistem rangkaian penghubung empat batang. Sistem ini ditunjukkan pada gambar 2.7 dimana batang penghubung 1 merupakan kerangka diam, batang penghubung 2 dan 4 adalah engkol dan batang penghubung 3 adalah perangkainya atau *coupler*.



Gambar 2.7 Sistem Rangkaian Batang Penghubung Empat Batang

Banyak mekanisme yang dapat diganti dengan sistem rangkaian batang penghubung empat batang atau kombinasi dari beberapa sistem rangkaian batang penghubung empat batang untuk tujuan analisa gerakan-gerakannya.



Gambar 2.8 Sistem Engkol dan Lengan Ayun



Engkol 2 berputar secara sempurna terhadap porosnya O_2 dan dengan melalui perangkai 3, maka lengan engkol 4 akan berayun terhadap titik O_4 . Oleh sebab itu, mekanisme ini memindahkan gerakan putar menjadi gerakan bolak-balik. Agar sistem rangkaian batang penghubung diatas dapat bekerja, maka kondisi-kondisi berikut ini harus ada.

$$O_2B + BC + O_4C > O_2O_4$$

$$O_2B + O_2O_4 + O_4C > BC$$

$$O_2B + BC - O_4C < O_2O_4$$

$$BC - O_2B + O_4C > O_2O_4$$

Baik 2 atau 4 dapat menjadi engkol penggerak. Jika batang penghubung 2 bergerak, mekanisme ini akan selalu bekerja. Sedangkan jika batang penghubung 4 adalah penggerak, sebuah roda terbang (fly wheel) atau alat bantu lainnya akan diperlukan untuk membawa mekanisme tersebut bergerak diluar titik-titik matinya B' dan B'' . Titik-titik mati akan ada pada saat garis kerja BC dari gaya penggerak satu garis dengan O_2B

Dari contoh diatas, teori dinamika dan kinematika gerak mesin digunakan untuk merencanakan mekanisme-mekanisme dari kompresor, baik mekanisme utama maupun mekanisme pendukung berdasarkan pada gaya-gaya yang ada, gerakan masukan dan gerakan keluaran yang diinginkan.

2.6. Vektor Gaya

Vektor adalah sebuah besaran yang harus ditentukan arah dan besarnya. Gaya merupakan salah satu besaran vector. Analisa vektor, dalam hal ini digunakan untuk merancang kesetimbangan gaya pada perancangan penyeimbang



gaya dari kompresor ini. Sebagai contoh analisa vektor tersebut dapat dilihat pada contoh berikut ini.



Gambar 2.9 Vektor Gaya

Bila sebuah gaya F dikerjakan pada benda dengan sudut θ , maka komponen tegak lurus yang bekerja pada benda tersebut adalah F_x dan F_y . Adapun besar dari komponen gaya tersebut adalah :

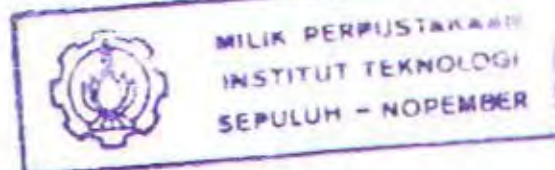
$$F_x = F \sin \theta$$

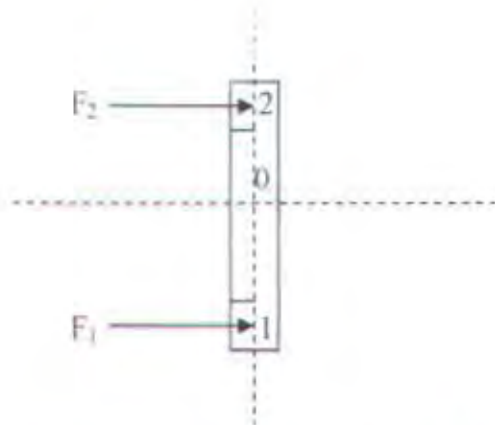
$$F_y = F \cos \theta$$

Dengan mengatur besarnya sudut θ , maka besar komponen gaya yang ada dapat diatur sehingga didapatkan kesetimbangan gaya sesuai dengan kebutuhan.

2.7. Momen Gaya

Besar dan arah efek yang ditimbulkan oleh suatu gaya terhadap suatu benda bergantung pada letak garis gaya kerja gaya tersebut terhadap pusat benda. Jadi gaya F_1 pada gambar 2.10 akan menimbulkan rotasi kearah yang berlawanan dengan putaran jarum jam (dan juga translasi ke kanan), sedangkan gaya F_2 akan menghasilkan gerakan yang sebaliknya.





Gambar 2.10 Letak Garis Kerja Gaya Terhadap Pusat Benda

Hasil kali antara besar suatu gaya dengan lengan gaya tersebut disebut sebagai momen gaya tersebut terhadap sumbu atau disebut juga gaya putar (torque).

$$\Gamma = F \times l \text{ (Nm)}$$

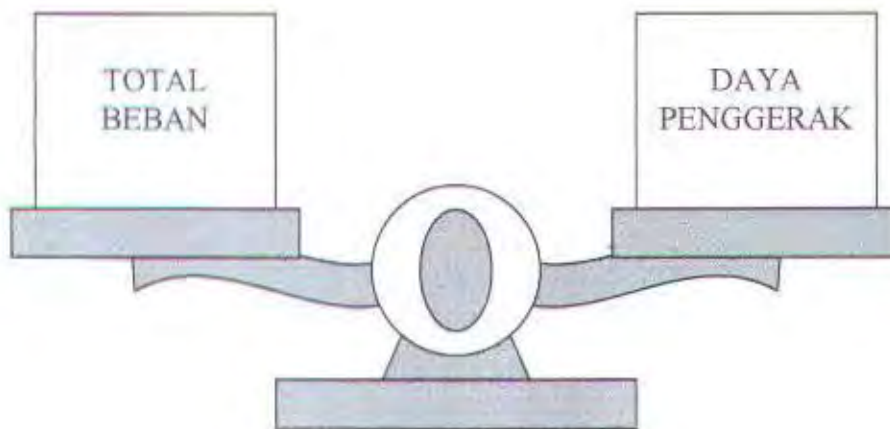
BAB III
PERENCANAAN
PENYEIMBANG GAYA



BAB III

PERENCANAAN PENYEIMBANG GAYA

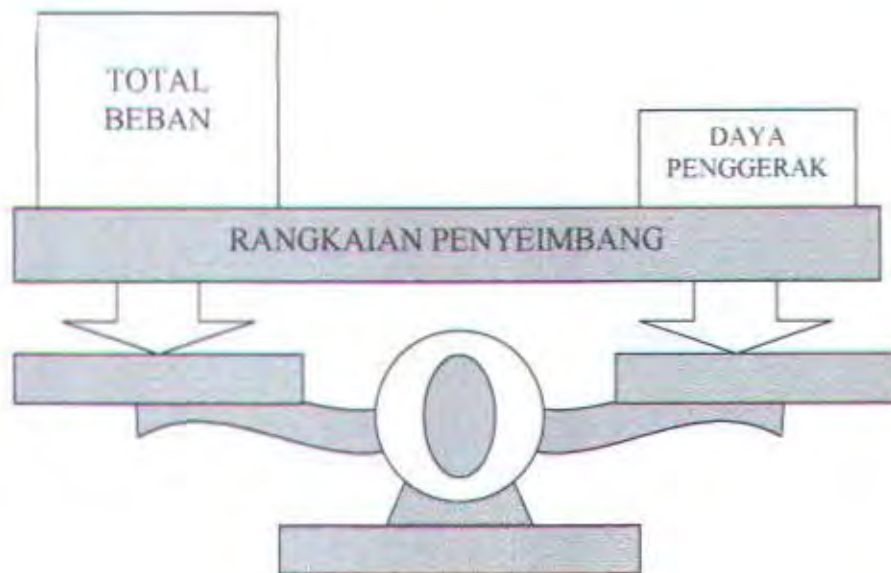
Dalam perancangan sebuah sistem, penulis mengasumsikan hal tersebut identik dengan sebuah neraca. Total beban yang dihasilkan oleh sistem tersebut di satu sisi neraca dan kebutuhan daya penggerak pada sisi lain dari neraca tersebut.



Gambar 3.1 Neraca dari Sebuah Sistem

Sistem akan dapat bekerja dengan baik jika sisi kanan neraca (daya penggerak) lebih besar dari sisi kiri (total beban). Sistem akan mencapai batas kerjanya bila kedua sisi sama besar (Gambar 3.1). Dalam perancangan sistem kerja kompresor ini, penulis mengasumsikan bahwa total beban yang dihasilkan oleh kompresor merupakan sebuah sumber tenaga. Kompresor menyimpan energi yang dihasilkan penggerak dalam bentuk udara bertekanan.

Dari asumsi tersebut, bagaimana jika energi yang tersimpan pada sisi kiri neraca di atas kita manfaatkan untuk menyeimbangkan neraca itu sendiri dengan menambahkan sebuah rangkaian penyeimbang (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Neraca dari Sebuah Sistem dengan Rangkaian Penyeimbang

Pada neraca di atas, bila kita dapat membagi beban pada dua sisi neraca, dan neraca dapat diseimbangkan, maka beban pada sistem dapat dikatakan nol atau mendekati nol. Dengan demikian, kebutuhan daya penggerak untuk membuat sisi kanan neraca lebih besar akan berkurang dari semula.

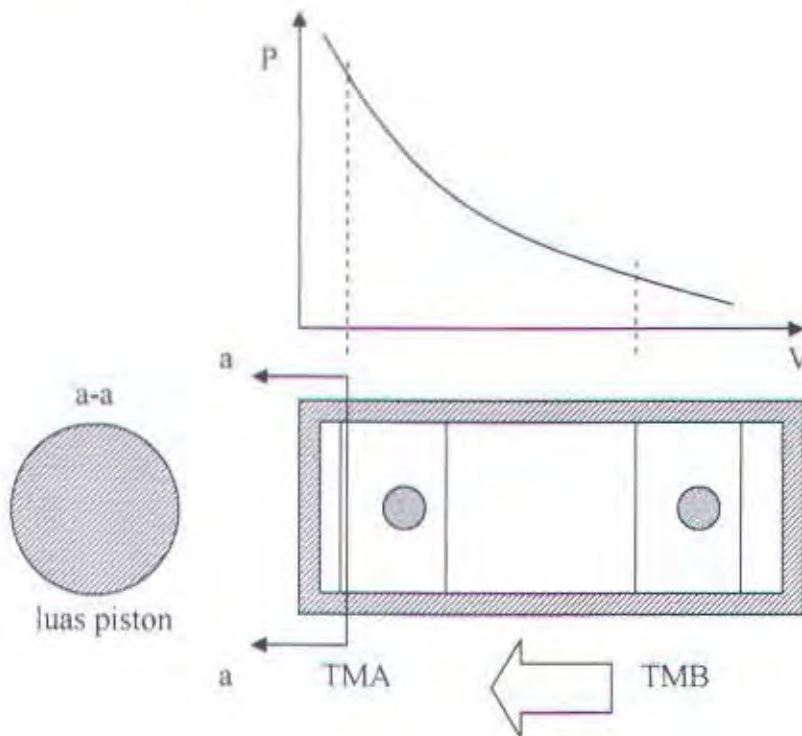
Gaya adalah salah satu komponen daya dan berbanding lurus dengan daya itu sendiri. Untuk menyederhanakan analisa dalam perancangan penyeimbang gaya ini, penulis mengambil gaya-gaya yang bekerja pada bagian-bagian kompresor sebagai acuan dari perancangan.

3.1 Penyeimbang Gaya Pada Kompresor Torak

Seperti telah disebutkan pada Bab I, pada skema kerja kompresor torak (Gambar 3.3), penulis mengasumsikan titik perlawanan gaya antara beban (udara

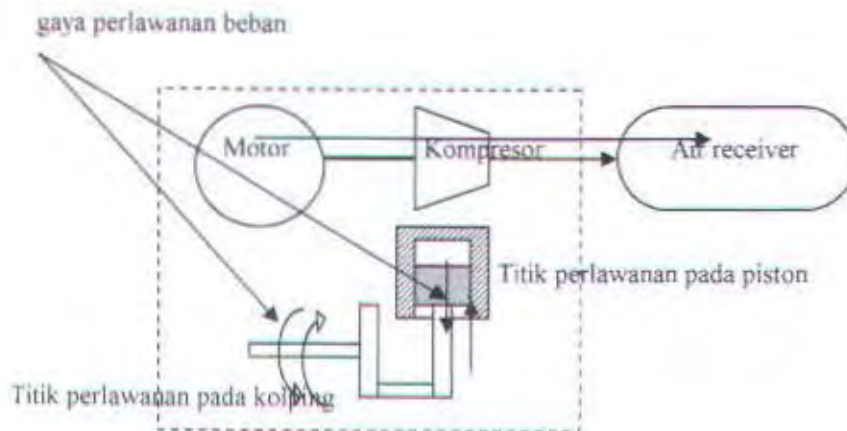


bertekanan), dengan gaya yang dihasilkan penggerak terletak pada piston kompresor dan kopling.



Saat kompresi tersebut, piston akan menderita gaya tekan balik sebesar, $F = P \times A$

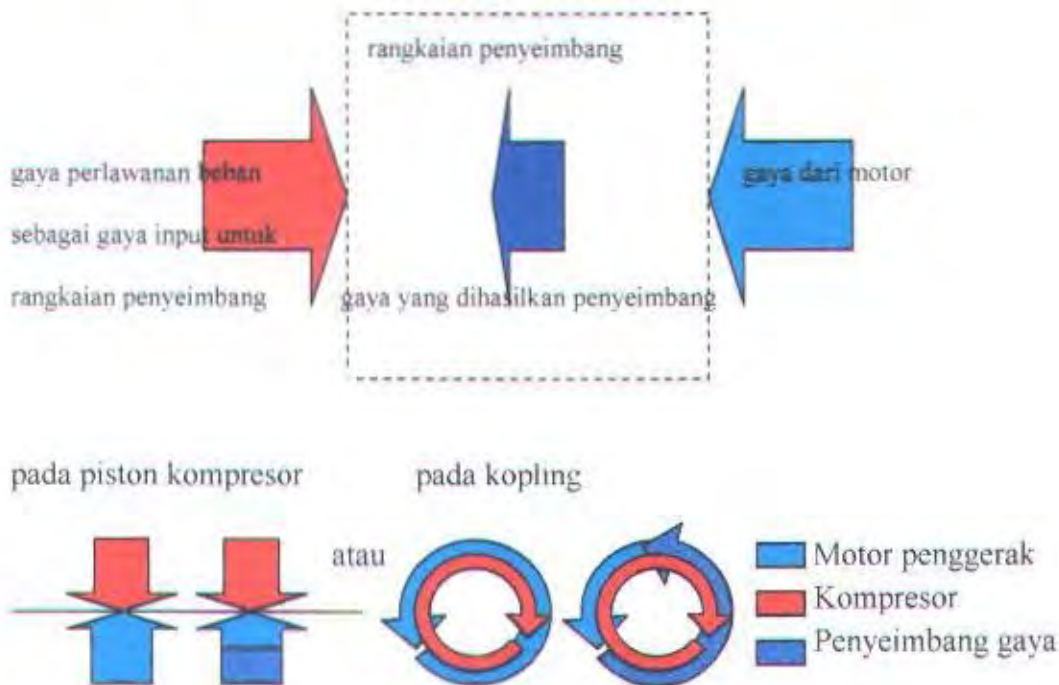
Gaya ini yang kemudian dalam perancangan ini disebut sebagai gaya perlawanan beban.



Gambar 3.3 Titik-Titik Perlawanan Pada Kompresor Torak



Pada salah satu titik dari titik perlawanan tersebut dapat ditambahkan sebuah rangkaian penyeimbang gaya atau penyerap beban dengan memanfaatkan tenaga dari udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Skema Penyeimbang Gaya

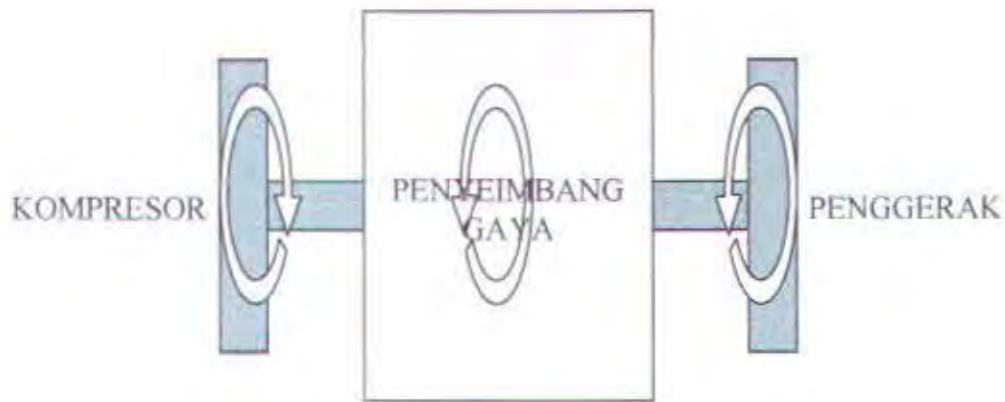
Penyeimbang gaya memanfaatkan tenaga dari udara bertekanan yang dihasilkan kompresor untuk menghasilkan gaya tekan atau momen puntir yang bersifat menyerap sebagian besar beban yang diterima motor penggerak. Dengan menambahkan penyeimbang gaya tersebut, penulis mengasumsikan daya penggerak yang dibutuhkan akan dapat dikurangi.

3.2 Dasar Perencanaan Penyeimbang Gaya

3.2.1 Titik Perlawanan yang Diambil



Pada penulisan ini, titik perlawanan yang diambil adalah pada kopling antara kompresor dengan motor penggerak (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Titik Perlawanan yang Diambil

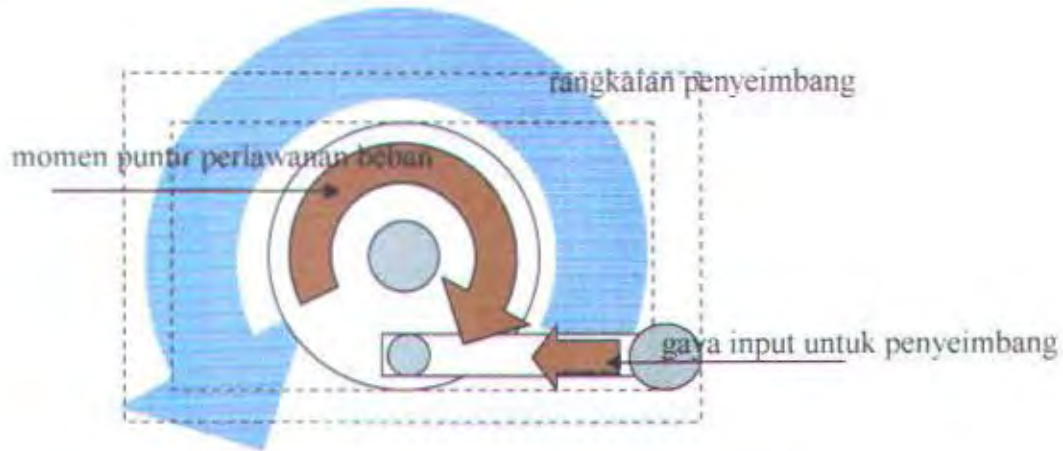
Piston kompresor menerima tekanan sebesar P dari udara yang dikompresikannya sehingga piston kompresor menerima gaya tekan balik F sebesar tekanan dikalikan dengan luasan piston A ($F = P \times A$). Gaya F ini diteruskan ke engkol yang menghasilkan momen puntir perlawanan sebesar gaya F dikalikan dengan panjang lengan engkol ($\Gamma = F \times l$). Momen puntir perlawanan inilah yang dihubungkan dengan penyeimbang gaya sebagai gaya masukan yang digunakan untuk menghasilkan momen puntir baru yang bersifat membantu penggerak.

3.2.2 Prinsip Perencanaan

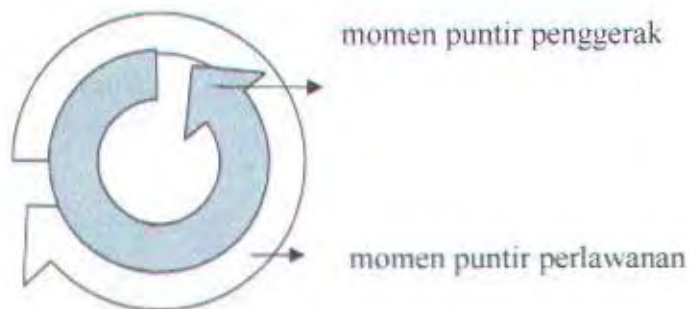
Pada kopling kompresor, momen puntir perlawanan beban yang timbul dihubungkan oleh sebuah lengan ayun dengan rangkaian penyeimbang sebagai



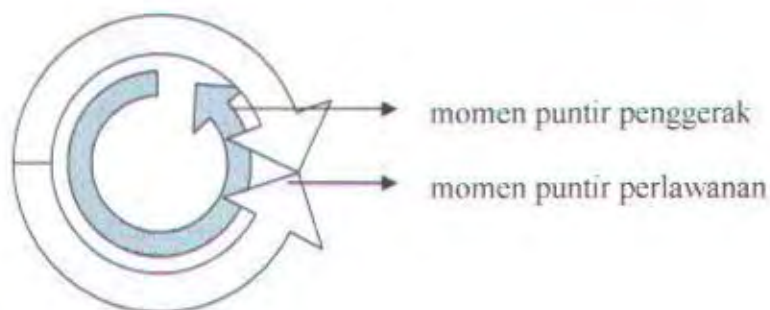
gaya masukan bagi rangkaian penyeimbang untuk menghasilkan momen baru yang bersifat membantu penggerak (Gambar 3.6)



Gambar 3.6 Skema Perencanaan Penyeimbang pada Kopling



Gambar 3.7 Skema Perencanaan pada Umumnya



Gambar 3.8 Skema Perencanaan yang Digunakan



3.3 Desain Penyeimbang Gaya

Dari beberapa desain yang diuji, didapatkan rancangan yang mendekati tujuan perancangan seperti dijabarkan pada bagian berikut ini.

3.3.1 Bagian-Bagian dari Penyeimbang Gaya



Gambar 3.9 Ilustrasi Desain Penyeimbang Gaya

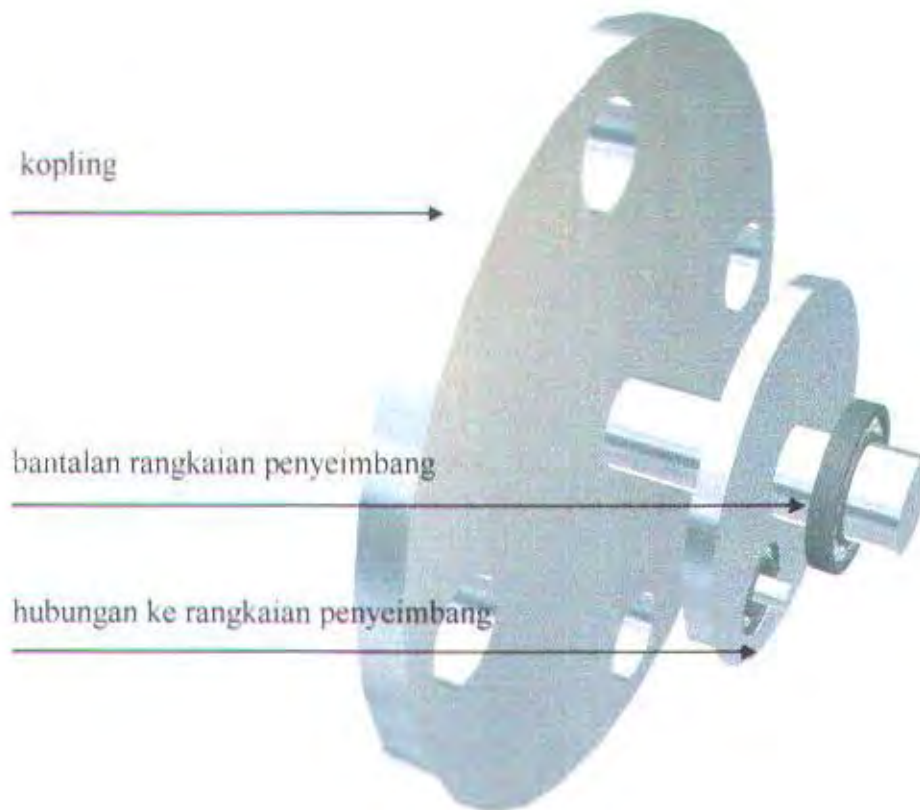
Desain dari rangkaian penyeimbang gaya yang dirancang dapat dilihat pada gambar 3.9. Rancangan dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu :

- sisi beban
- rangkaian penyeimbang
- sisi daya



1. Sisi Beban

Sisi beban adalah bagian rangkaian yang terhubung dengan kompresor (beban).



Gambar 3.10 Sisi Beban

- Kopling

Kopling berfungsi untuk menghubungkan rangkaian penyeimbang dengan kompresor torak.

- Bantalan Rangkaian Penyeimbang



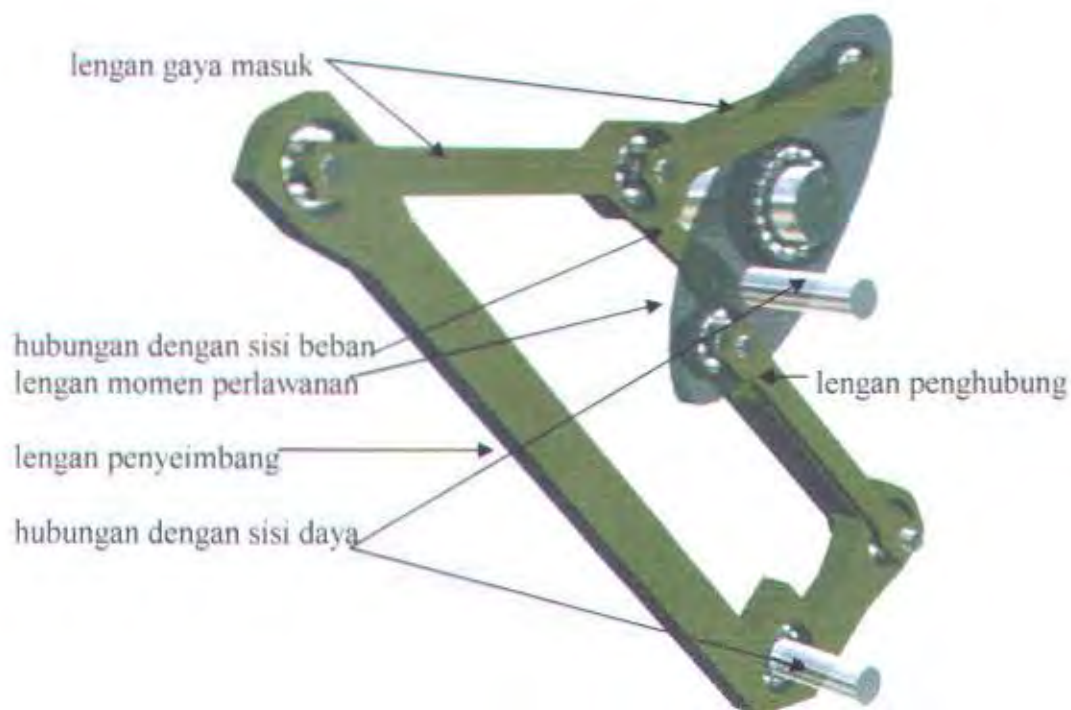
Salah satu bagian dari rangkaian penyeimbang bertumpu pada poros sisi beban. Berputar bebas terhadap pusat poros sisi beban. Oleh sebab itu, bantalan dari bagian ini dipasang pada poros sisi beban.

- Hubungan ke Rangkaian Penyeimbang

Sisi beban terhubung dengan rangkaian penyeimbang pada bagian ini oleh sebuah lengan ayun dengan tumpuan engsel. Memberikan gaya masukan F (dari momen perlawanan oleh beban) pada rangkaian penyeimbang.

2. Rangkaian Penyeimbang

Rangkaian penyeimbang adalah penghubung antara sisi beban dengan sisi daya. Rangkaian ini berfungsi untuk menghasilkan torsi baru yang bersifat mengurangi torsi perlawanan dari beban.



Gambar 3.11 Rangkaian Penyeimbang



- Hubungan dengan Sisi Beban

Rangkaian penyeimbang ini terhubung dengan sisi beban pada titik ini. Memberikan gaya masukan pada rangkaian lengan melalui lengan gaya masuk yang merupakan gaya dari momen torsi perlawanan yang dihasilkan oleh beban.

- Hubungan dengan Sisi Daya

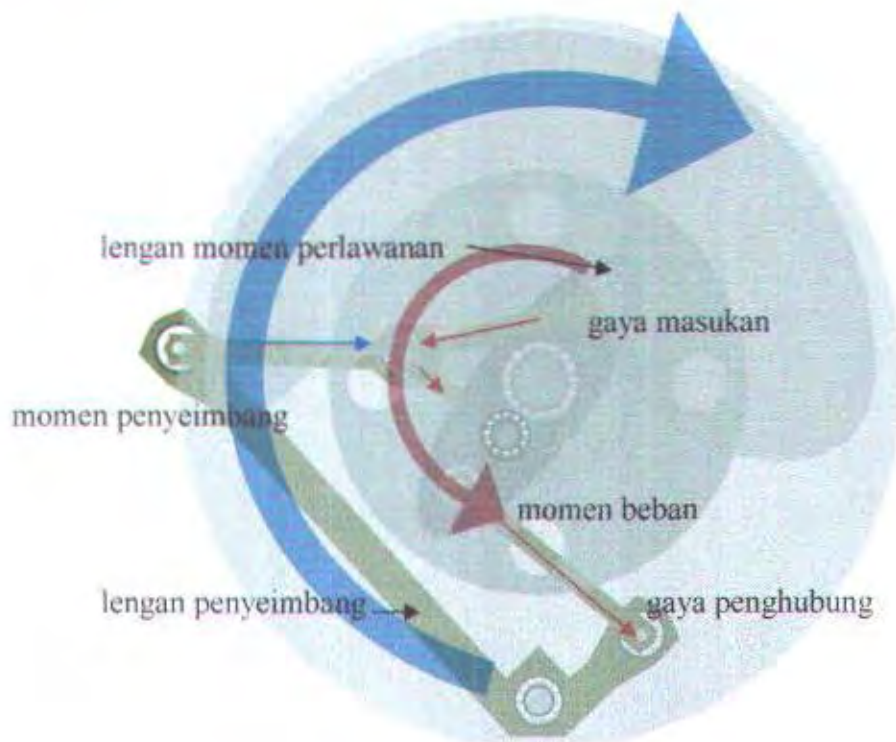
Titik ini merupakan penghubung rangkaian penyeimbang dengan sisi daya, berupa sebuah tumpuan engsel. Pada titik-titik inilah gaya penghasil momen penyeimbang dan momen dari beban bekerja saling berlawanan untuk mengurangi torsi beban semula.

- Lengan Momen Perlawanan

Lengan momen perlawanan sebagai lengan bekerjanya momen perlawanan dari kompresor. Titik kerja momen perlawanan ini terletak pada hubungan dengan sisi daya.

- Lengan Penyeimbang

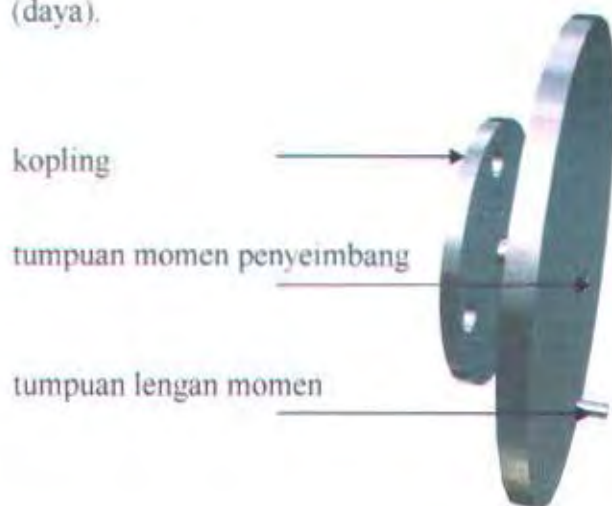
Lengan penyeimbang terhubung dengan sisi daya oleh tumpuan engsel. Memanfaatkan gaya masukan dari torsi perlawanan beban untuk menghasilkan momen yang berlawanan dengan momen perlawanan beban (Gambar 3.12). Momen inilah yang berguna untuk mengurangi momen perlawanan beban semula yang harus dilawan oleh penggerak (sisi daya)



Gambar 3.12 Lengan Momen dan Lengan Penyeimbang

3. Sisi Daya

Sisi daya adalah bagian rangkaian yang terhubung dengan penggerak (daya).



Gambar 3.13 Sisi Daya



- Kopling

Kopling berfungsi untuk menghubungkan rangkaian penyeimbang dengan penggerak (motor)

- Tumpuan Momen Penyeimbang

Pada titik ini momen penyeimbang bekerja untuk mengurangi momen perlawanan beban yang ada.

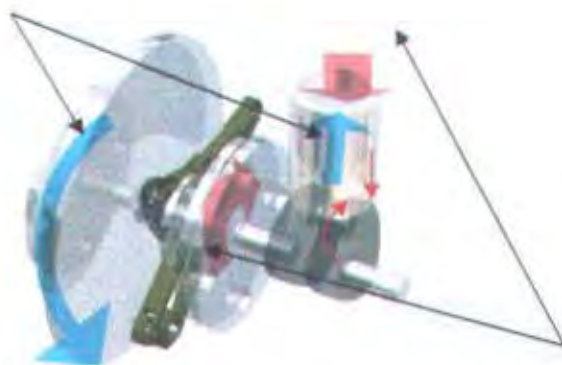
- Tumpuan Lengan Momen

Berfungsi sebagai titik tumpuan lengan momen untuk menghasilkan gaya-gaya yang dibutuhkan oleh lengan penyeimbang.

3.3.2 Skema Gaya pada Rangkaian Penyeimbang

Untuk memudahkan penggambaran gaya-gaya pada rangkaian, maka analisa gaya dilakukan mulai dari sisi beban.

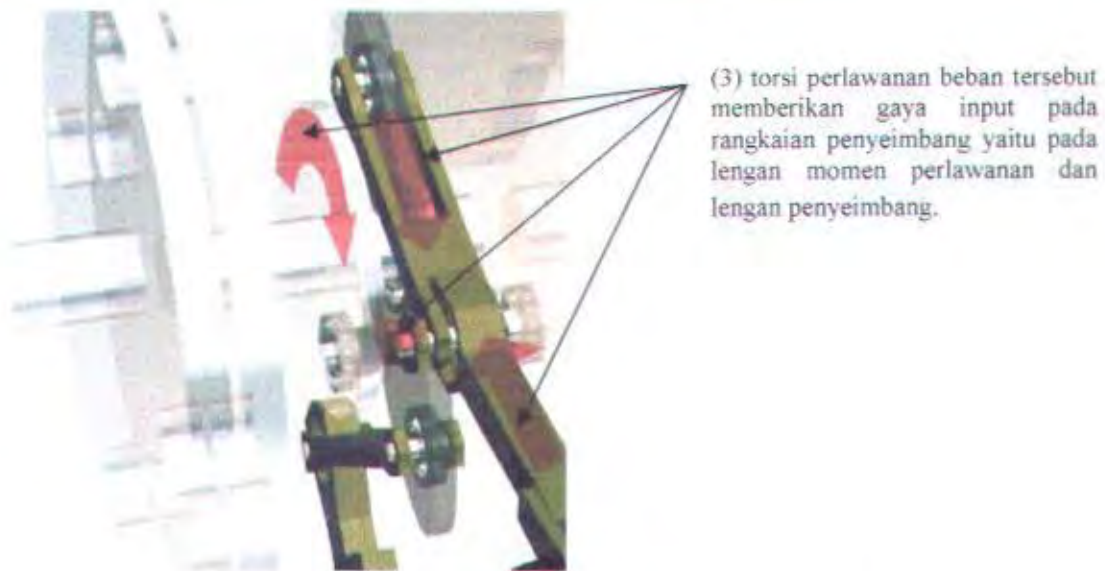
(1) penggerak menggerakkan kompresor, menggerakkan piston kompresor menuju TMA, mengompresikan gas.



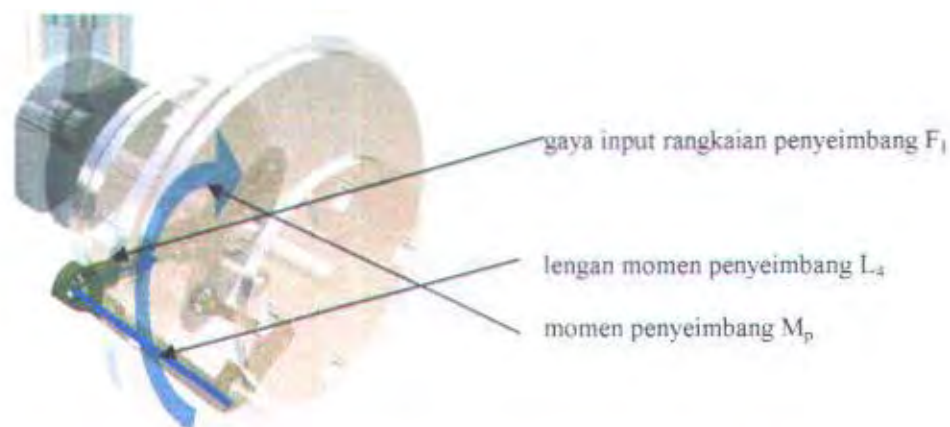
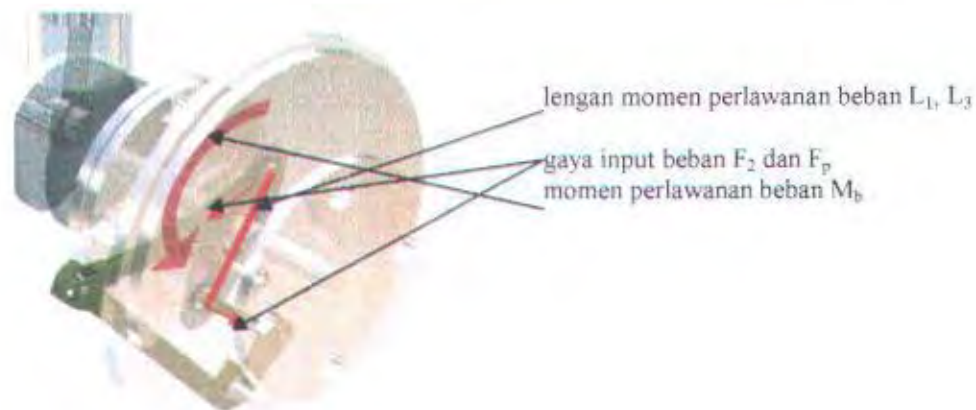
(2) Tekanan kompresi yang naik menghasilkan gaya tekan perlawanan keporos engkol dan menjadi torsi perlawanan beban pada kopling.



Gambar 3.14 Skema Torsi Perlawanan pada Sisi Beban



Gambar 3.15 Skema Gaya Input pada Rangkaian



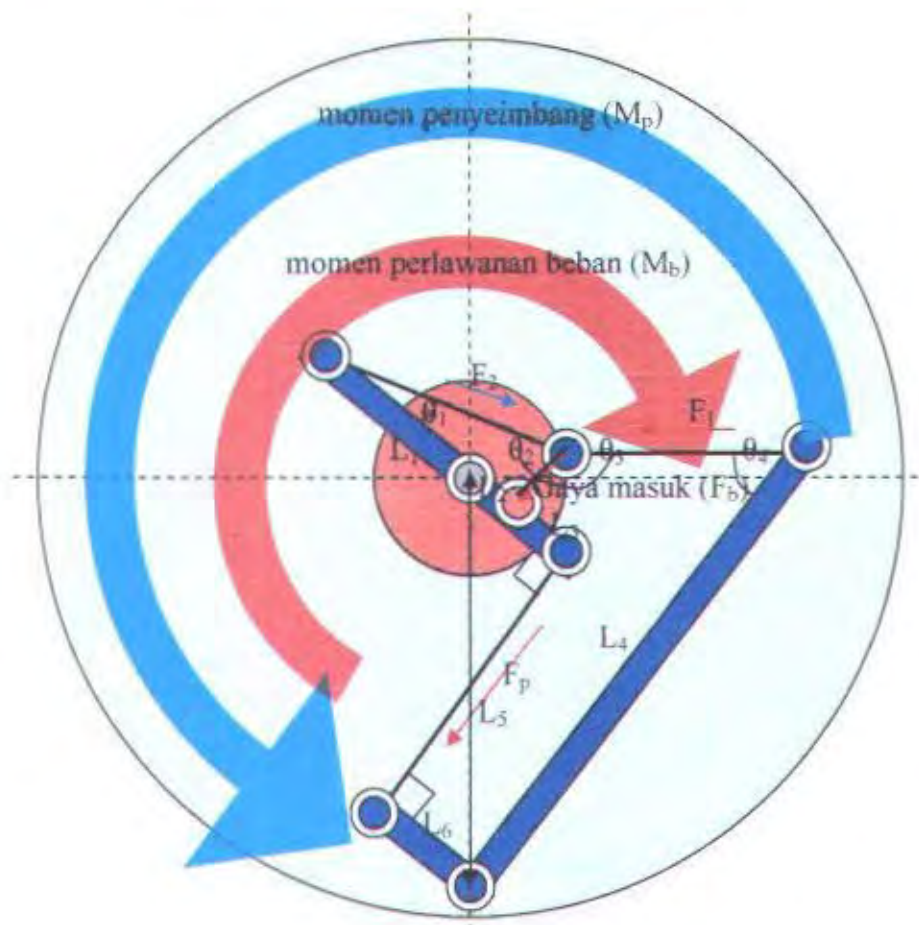
Gambar 3.16 Skema Gaya Torsi Keluaran dari Rangkaian



Torsi perlawanan dari kompresor, memberikan gaya masukan pada rangkaian lengan (Gambar 3.15). Gaya masukan ini mengakibatkan timbulnya momen penyeimbang yang dihasilkan oleh rangkaian lengan tersebut untuk dapat mengimbangi momen beban pada rangkaian sehingga momen perlawanan yang diterima oleh sisi daya dapat sekecil mungkin.

3.3.3 Perhitungan Gaya pada Rangkaian Penyeimbang

Perancangan penyeimbang gaya ini menggunakan momen penyeimbang yang dihasilkan oleh gaya perlawanan beban yang memberikan gaya masukan pada rangkaian seperti dijabarkan dalam gambar 3.17.



Gambar 3.17 Skema Perhitungan



3.3.3.1 Langkah-Langkah Perhitungan

a. Data awal

Berdasarkan rancangan model yang dibuat, didapatkan data-data awal perhitungan sebagai berikut :

$$L_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$L_2 = 0,02 \text{ m}$$

$$L_3 = 0,09 \text{ m}$$

$$L_4 = 0,38 \text{ m}$$

$$L_5 = 0,17 \text{ m}$$

$$L_6 = 0,09 \text{ m}$$

$$\theta_1 = 40^\circ$$

$$\theta_2 = 70^\circ$$

$$\theta_3 = 160^\circ$$

$$\theta_4 = 40^\circ$$

b. Gaya perlawanan kompresor (F_{beban})

Pada proses kompresi udara oleh kompresor, tekanan hasil kompresi memberikan gaya tekan perlawanan terhadap piston kompresor (Gambar 3.14), yang diteruskan ke poros engkol sebesar :

$$F_{\text{beban}} (F_b) = P \times A$$

dimana :

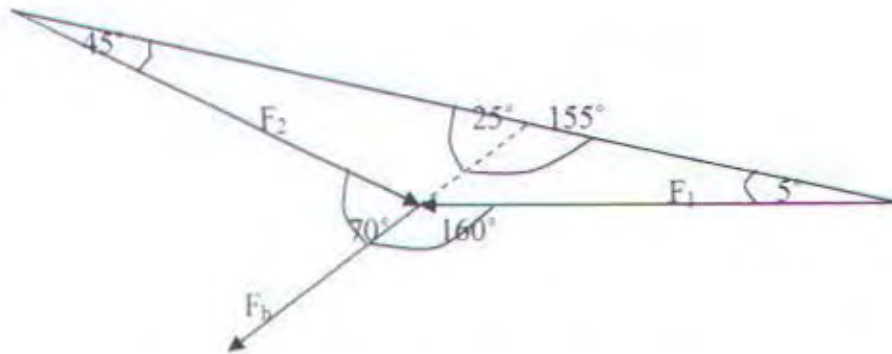
$$F_b = \text{gaya tekan perlawanan yang terjadi (N)}$$

$$P = \text{tekanan hasil kompresi (Nm}^{-2}\text{)}$$

$$A = \text{luas piston kompresor (m}^{-2}\text{)}$$



c. Gaya Masukan (F_1 & F_2)



Gambar 3.18 Skema Perhitungan Gaya Masukan

Berdasarkan persamaan segitiga didapatkan :

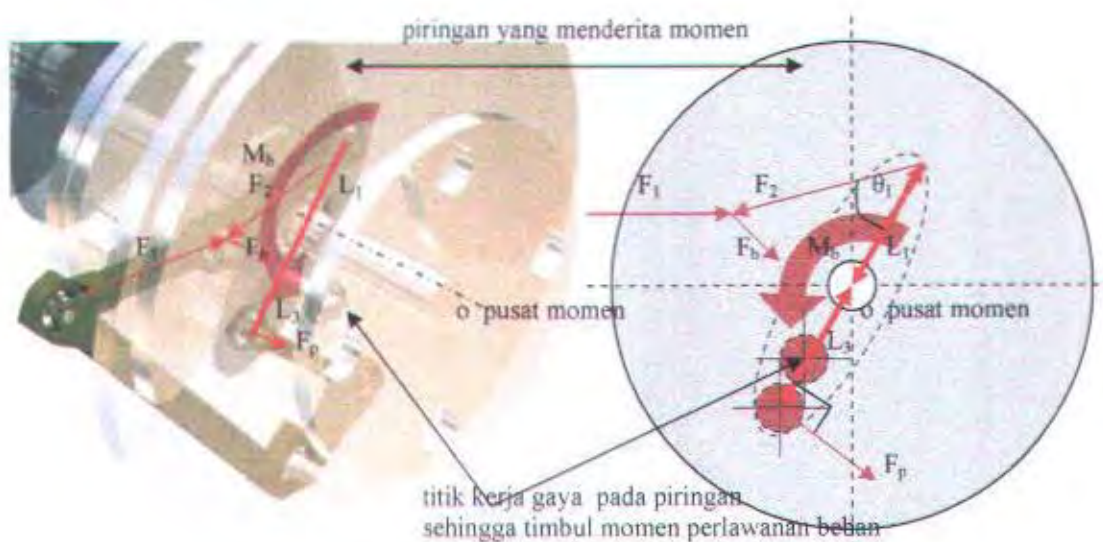
$$F_1 / \sin 155^\circ = F_b / \sin 5^\circ$$

$$F_2 / \sin 25^\circ = F_b / \sin 45^\circ$$

$$F_1 = (F_b / \sin 5^\circ) \times \sin 155^\circ$$

$$F_2 = (F_b / \sin 45^\circ) \times \sin 25^\circ$$

d. Momen perlawanan beban (M_b)



Gambar 3.19 Skema Perhitungan Momen Perlawanan Beban



Pada piringan dengan pusat o, akan bekerja momen perlawanan beban akibat gaya F_2 yang bekerja pada lengan L_1 dan gaya F_p yang bekerja pada lengan L_3 seperti digambarkan pada gambar 3.19. Besar momen perlawanan beban ini adalah :

$$M_b = (L_1 \times F_2 \cos \theta_1) + (L_3 \times F_p)$$

dimana :

M_b = momen penyeimbang (Nm)

L_1 = lengan momen (m)

F_2 = gaya masukan (N)

L_3 = lengan momen (m)

F_p = gaya dari lengan penyeimbang (N)

e. Gaya penghubung (F_p)

Gaya penghubung yang dihasilkan pada lengan L_6 (Gambar 3.20) akibat gaya masukan pada lengan L_4 didapatkan sebesar :

$$F_p = (F_1 \cos \theta_4 \times L_4) / L_6$$

dimana :

F_p = gaya keluaran lengan penyeimbang (N)

L_4 = panjang lengan momen (m)

L_6 = panjang lengan momen (m)

f. Momen Penyeimbang (M_p)

Momen penyeimbang untuk melawan momen yang dihasilkan beban, gaya-gayanya bekerja pada titik tumpuan pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Skema Perhitungan Momen Penyeimbang

Gaya masukan F_1 terhadap lengan L_4 akan menyebabkan terjadi momen dengan titik pusat o' . Bila gaya yang dibutuhkan oleh lengan L_6 untuk menyeimbangkan momen tersebut diasumsikan telah disediakan oleh F_p maka momen baru yang timbul adalah momen pada pusat o dengan lengan momen L_4 . Besar momen ini (momen penyeimbang) adalah :

$$M_p = L_4 \times F_1 \cos \theta_4$$

dimana :

M_b = momen penyeimbang (Nm)

F_1 = gaya masukan (N)

L_4 = panjang lengan momen (m)

g. Momen Beban Baru (M_{bb})

Momen perlawanan beban yang akhirnya diterima oleh penggerak atau sisi daya akan didapatkan sebesar :

$$M_{bb} = M_b - M_p$$



dimana :

M_{bb} = momen beban baru (Nm)

M_b = momen perlawanan beban (Nm)

M_p = momen penyeimbang (Nm)

3.3.3.2 Perhitungan Awal

Untuk memudahkan pembacaan, maka hasil perhitungan awal ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

P (Nm ⁻²)	A (m ⁻²)	F _B (N)	F ₁ (N)	F ₂ (N)	M _b (Nm)	F _p (N)	M _p (Nm)	M _{bb}
1000	0.02	20	96.98	11.95	28.23	313.67	28.96	0.73
1100	0.02	22	106.68	13.15	31.05	345.04	31.86	0.81
1200	0.02	24	116.38	14.34	33.88	376.41	34.76	0.88
1300	0.02	26	126.07	15.54	36.70	407.77	37.65	0.95
1400	0.02	28	135.77	16.74	39.52	439.14	40.55	1.02
1500	0.02	30	145.47	17.93	42.35	470.51	43.45	1.09
1600	0.02	32	155.17	19.13	45.17	501.87	46.34	1.17
1700	0.02	34	164.87	20.32	47.99	533.24	49.24	1.25
1800	0.02	36	174.56	21.52	50.82	564.61	52.13	1.32
1900	0.02	38	184.26	22.71	53.64	595.98	55.03	1.39
2000	0.02	40	193.96	23.90	56.46	627.34	57.93	1.47
2100	0.02	42	203.66	25.10	59.28	658.71	60.82	1.54
2200	0.02	44	213.36	26.29	62.10	690.08	63.72	1.61
2300	0.02	46	223.05	27.49	64.93	721.45	66.62	1.68
2400	0.02	48	232.75	28.69	67.75	752.81	69.51	1.76
2500	0.02	50	242.45	29.88	70.58	784.18	72.41	1.83
2600	0.02	52	252.15	31.08	73.39	815.55	75.30	1.90
2700	0.02	54	261.85	32.27	76.22	846.91	78.20	1.98
2800	0.02	56	271.54	33.47	79.05	878.28	81.10	2.05
2900	0.02	58	281.24	34.67	81.87	909.65	83.99	2.12
3000	0.02	60	290.94	35.86	84.69	941.02	86.89	2.19

Tabel 3.1 Perhitungan Awal

BAB IV
PERCOBAAN
MODEL KOMPRESOR

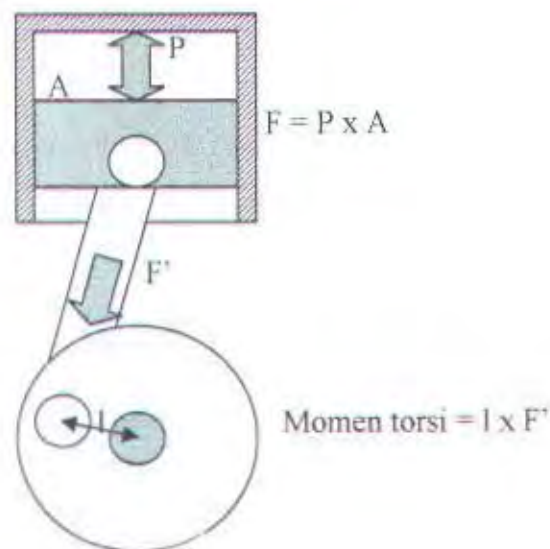


BAB IV

PERCOBAAN MODEL KOMPRESOR

4.1 Dasar Percobaan

Pada bab sebelumnya, telah disebutkan bahwa penyeimbang gaya yang dibuat mengambil titik perlawanan beban pada kopling antara kompresor dengan motor penggerak. Jadi beban yang ada pada titik ini adalah berupa momen puntir perlawanan yang dihasilkan kompresor akibat tekanan udara kompresi.



Gambar 4.1 Dasar Percobaan

Batas kerja kompresor terjadi saat momen torsi motor sama dengan momen torsi perlawanan dari kompresor. Titik inilah yang akan dijadikan titik acuan pengambilan data dalam percobaan. Pada torsi yang sama, akan dibandingkan gaya F pada sisi beban (kompresor) dan sisi daya dengan panjang



lengan momen yang sama. Gaya F pada masing masing sisi akan diganti dengan beban berupa pemberat dengan massa yang bervariasi (m) dimana :

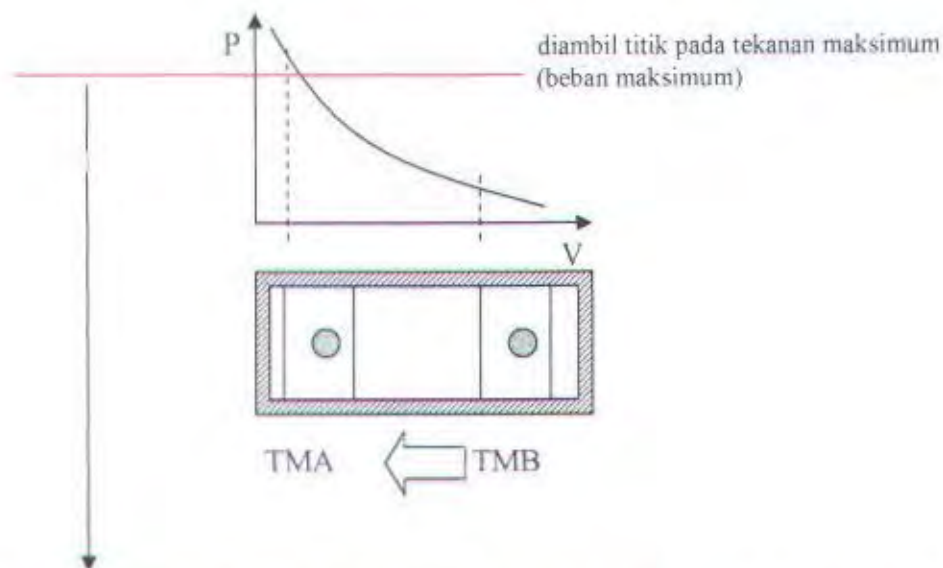
$$F = m \times g$$

dimana :

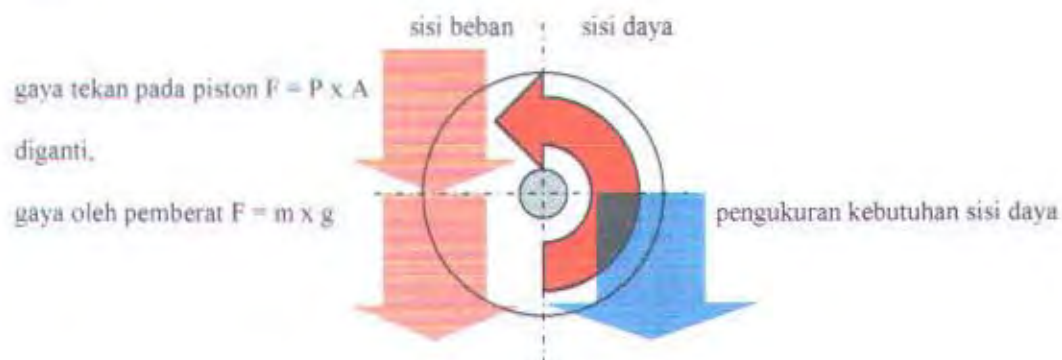
F = gaya penghasil torsi (N)

m = massa beban (kg)

g = percepatan gravitasi (ms^{-2})



pada titik ini, F yang diterima piston sebesar $P \times A$. Untuk percobaan yang dilakukan, gaya F tersebut diganti dengan beban dengan asumsi, analisa dilakukan pada waktu sesaat titik diatas dicapai.



Gambar 4.2 Penggantian Gaya F dengan Beban (W)



Karena panjang lengan momen pada kedua sisi dibuat sama, maka beban ditambahkan sampai kedua sisi seimbang (momen torsi kedua sisi sama). Massa beban kemudian dicatat untuk membandingkan F yang ada pada masing-masing sisi. Ada dua percobaan model yang dilakukan yaitu :

- Percobaan model kompresor tanpa penyeimbang gaya
- Percobaan model kompresor dengan penyeimbang gaya

4.2 Tujuan Percobaan

Tujuan dari percobaan model kompresor ini adalah :

Membandingkan gaya tekan yang dibutuhkan sisi daya untuk menyeimbangkan sisi beban pada model kompresor tanpa penyeimbang dan model kompresor dengan penyeimbang. Karena gaya adalah salah satu komponen daya yang berbanding lurus dengan daya itu sendiri, maka perbandingan gaya tekan ini akan digunakan untuk membandingkan kebutuhan daya penggerak pada masing-masing model kompresor.

4.3 Peralatan dan Bahan

Peralatan :

- Model kompresor tanpa penyeimbang gaya (1)
- Model kompresor dengan penyeimbang gaya (1)
- Timbangan (1)
- Tabung beban (2)

Bahan :

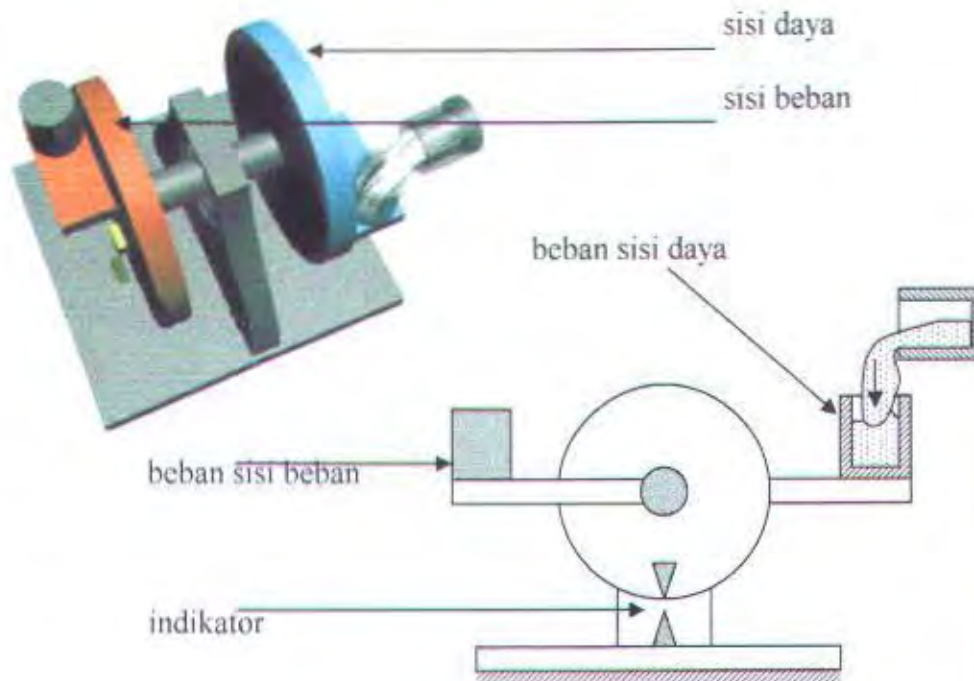
- Fluida (air,minyak) atau pasir



4.4 Langkah Percobaan

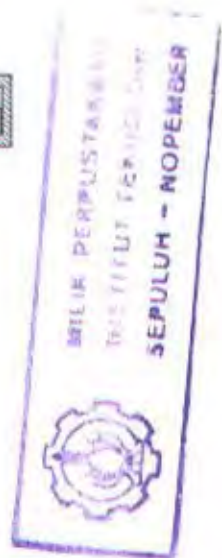
4.4.1 Percobaan Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

- Siapkan model kompresor tanpa penyeimbang gaya



Gambar 4.3 Ilustrasi Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

- Beri beban dengan berat 200 g pada sisi beban (gaya tekan perlawanan oleh beban seperti dijelaskan pada gambar 4.2, pada waktu sesaat titik tekanan maksimum dicapai). Data ini akan dikalikan dengan lengan torsi beban untuk mendapatkan torsi beban yang ada.
- Tambahkan fluida atau pasir pada tabung beban di sisi daya sampai jarum indikator seimbang.
- Catat berat beban pada sisi daya tersebut (gaya tekan yang harus dipenuhi oleh penggerak/sisi daya untuk dapat mencapai titik tekanan maksimum tersebut).



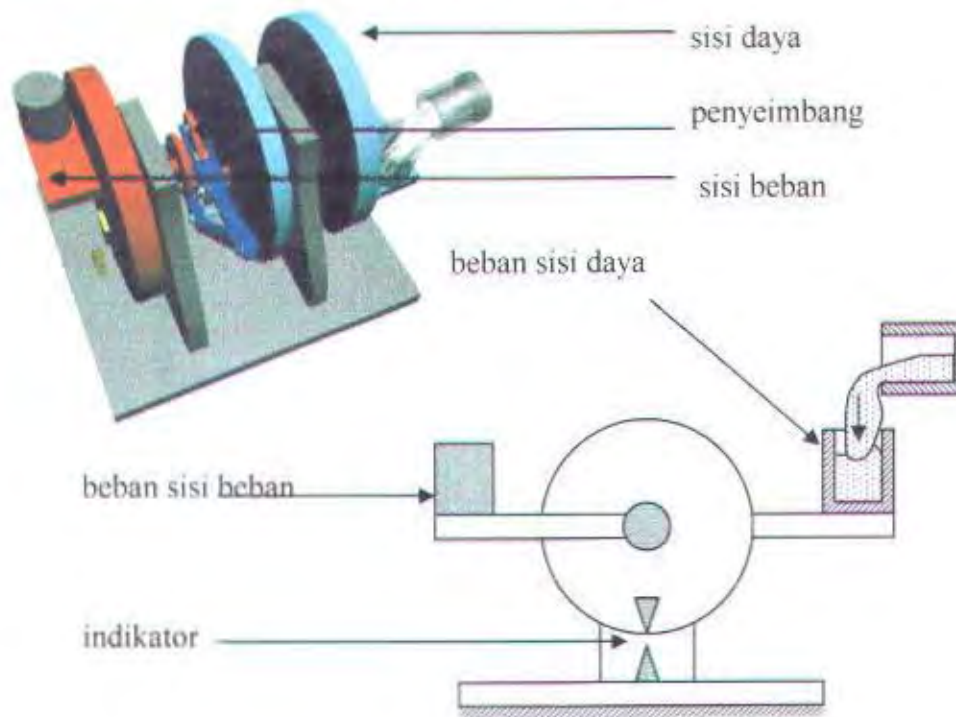


Data ini akan digunakan untuk mendapatkan torsi yang dibutuhkan yang kemudian digunakan untuk menghitung perkiraan kebutuhan daya.

- Ulangi untuk berat beban sisi daya sebesar 400 g, 600 g, 800 g, 1000 g, 1200 g, 1400 g, 1600 g, 1800 g, 2000 g.

4.4.2 Percobaan Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

- Siapkan model kompresor dengan penyeimbang gaya



Gambar 4.4 Ilustrasi Model Kompresor Dengan Penyeimbang Gaya

- Beri beban dengan berat 200 g pada sisi beban (gaya tekan perlawanan oleh beban seperti dijelaskan pada gambar 4.2, pada waktu sesaat titik tekanan maksimum dicapai). Data ini akan dilikalkan dengan lengan torsi beban untuk mendapatkan torsi beban yang ada.



- Tambahkan fuida atau pasir pada tabung beban di sisi daya sampai jarum indikator seimbang.
- Catat berat beban pada sisi daya tersebut (gaya tekan yang harus dipenuhi oleh penggerak/sisi daya untuk dapat mencapai titik tekanan maksimum tersebut). Data ini akan digunakan untuk mendapatkan torsi yang dibutuhkan yang kemudian digunakan untuk menghitung perkiraan kebutuhan daya.
- Ulangi untuk berat beban sisi daya sebesar 400 g, 600 g, 800 g, 1000 g, 1200 g, 1400 g, 1600 g, 1800 g, 2000 g.

4.5 Data Percobaan

4.5.1 Data Percobaan Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

NO	BEBAN (g)	
	SISI BEBAN	SISI DAYA
1	200	200
2	400	400
3	600	600
4	800	800
5	1000	1000
6	1200	1200
7	1400	1400
8	1600	1600
9	1800	1800
10	2000	2000

Tabel 4.1 Data Percobaan 1



4.5.2 Data Percobaan Kompresor Dengan Penyeimbang Gaya

NO	BEBAN (g)	
	SISI BEBAN	SISI DAYA
1	200	115
2	400	275
3	600	425
4	800	550
5	1000	625
6	1200	750
7	1400	950
8	1600	950
9	1800	1225
10	2000	1550

Tabel 4.2 Data Percobaan 2

4.5.3 Data Tambahan

Panjang lengan momen sisi beban = 0,17 m

Panjang lengan momen sisi daya = 0,17 m

Untuk menghitung torsi dari sisi beban maupun dari sisi daya.

BAB V
ANALISA DATA



BAB V

ANALISA DATA

5.1 Batasan Analisa

Dalam analisa yang dilakukan, akan dibandingkan besar kebutuhan daya pada masing-masing model kompresor. Analisa ini untuk memperkuat (validasi) konsep perancangan penyeimbang gaya pada bab 3.

5.2 Data Percobaan

Data Percobaan Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

NO	BEBAN (g)	
	SISI BEBAN	SISI DAYA
1	200	200
2	400	400
3	600	600
4	800	800
5	1000	1000
6	1200	1200
7	1400	1400
8	1600	1600
9	1800	1800
10	2000	2000

Tabel 5.1 Data Percobaan 1

Data Percobaan Kompresor Dengan Penyeimbang Gaya



NO	BEBAN (g)	
	SISI BEBAN	SISI DAYA
1	200	115
2	400	275
3	600	425
4	800	550
5	1000	625
6	1200	750
7	1400	950
8	1600	950
9	1800	1225
10	2000	1550

Tabel 5.2 Data Percobaan 2

Data Tambahan

Untuk kebutuhan perhitungan daya maka diambil data tambahan sebagai berikut :

Panjang lengan momen sisi beban (l) = 0,17 m

Panjang lengan momen sisi daya (l) = 0,17 m

Luas piston (A) diasumsikan = 0,002 m²

Putaran motor diasumsikan = 250 RPM

5.3 Perhitungan

1. Gaya (F) penghasil torsi

$$F = m \times g$$

dimana :



F = Gaya penghasil torsi (N)

m = Massa beban (Kg)

g = Percepatan gravitasi (ms^{-2})

digunakan percepatan gravitasi sebagai a dengan alasan analisa dilakukan pada waktu sesaat titik tekanan maksimum dicapai.

2. Torsi Pada Sisi Beban dan Sisi Daya

$$\Gamma = F \times l$$

dimana :

Γ = Torsi beban / daya (Nm)

F = Gaya (N)

l = Lengan Torsi (m)

3. Tekanan

$$P = F / A$$

dimana :

P = Tekanan udara kompresi titik maksimum (bar)

$$= 1 \text{ bar} = 1,013 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

F = Gaya pada sisi beban (N)

A = Luas piston kompresor (m^{-2})

$$= \text{diasumsikan} = 0,002 \text{ m}^2$$

4. Putaran Sudut

$$\omega = 2 \times \pi \times (n / 60)$$



dimana :

ω = Kecepatan sudut (rads^{-1})

π = Konstanta = 3,14

n = Putaran mesin (RPM)

5. Daya Penggerak

$$P = \Gamma \times \omega$$

dimana :

P = Daya indikatif penggerak (watt)

Γ = Torsi sisi daya (Nm)

ω = Putaran sudut mesin (rads^{-1})

Untuk memudahkan pembacaan, maka hasil perhitungan dari data percobaan diatas ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :



SISI BEBAN (KG)	SISI DAYA (KG)	F BEBAN (N)	F DAYA (N)	L BEBAN (m)	L DAYA (m)	T BEBAN (Nm)	T DAYA (Nm)	A (m ²)	P (Nm ⁻²)	RPM	ω	DAYA (kw)
0.2	0.2	1.96	1.96	0.17	0.17	0.33	0.33	0.002	980	250	26.17	0.0087
0.4	0.4	3.92	3.92	0.17	0.17	0.67	0.67	0.002	1960	250	26.17	0.0174
0.6	0.6	5.88	5.88	0.17	0.17	0.99	0.99	0.002	2940	250	26.17	0.0262
0.8	0.8	7.84	7.84	0.17	0.17	1.33	1.33	0.002	3920	250	26.17	0.0349
1.0	1.0	9.80	9.80	0.17	0.17	1.67	1.67	0.002	4900	250	26.17	0.0436
1.2	1.2	11.76	11.76	0.17	0.17	1.99	1.99	0.002	5880	250	26.17	0.0523
1.4	1.4	13.72	13.72	0.17	0.17	2.33	2.33	0.002	6860	250	26.17	0.0610
1.6	1.6	15.68	15.68	0.17	0.17	2.67	2.67	0.002	7840	250	26.17	0.0697
1.8	1.8	17.64	17.64	0.17	0.17	2.99	2.99	0.002	8820	250	26.17	0.0785
2.0	2.0	19.60	19.60	0.17	0.17	3.33	3.33	0.002	9800	250	26.17	0.0871

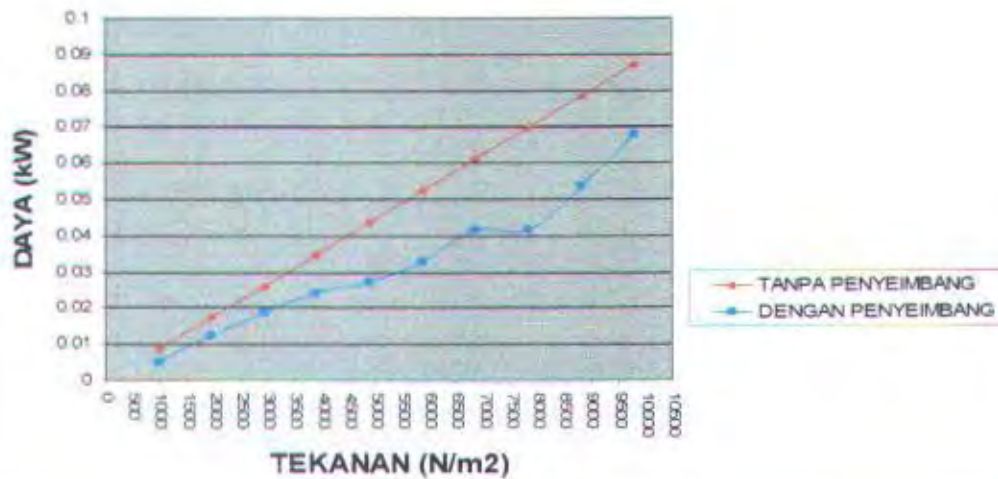
Tabel 5.3 Analisa Kebutuhan Daya Model Kompresor Tanpa Penyeimbang Gaya

SISI BEBAN (KG)	SISI DAYA (KG)	F BEBAN (N)	F DAYA (N)	L BEBAN (m)	L DAYA (m)	T BEBAN (Nm)	T DAYA (Nm)	A (m ²)	P (Nm ⁻²)	RPM	ω	DAYA (kw)
0.2	0.1	1.96	1.13	0.17	0.17	0.33	0.19	0.002	980	250	26.17	0.0050
0.4	0.3	3.92	2.69	0.17	0.17	0.67	0.46	0.002	1960	250	26.17	0.0120
0.6	0.4	5.88	4.17	0.17	0.17	0.99	0.71	0.002	2940	250	26.17	0.0186
0.8	0.6	7.84	5.39	0.17	0.17	1.33	0.91	0.002	3920	250	26.17	0.0239
1.0	0.6	9.80	6.13	0.17	0.17	1.67	1.04	0.002	4900	250	26.17	0.0272
1.2	0.7	11.76	7.35	0.17	0.17	1.99	1.25	0.002	5880	250	26.17	0.0327
1.4	0.9	13.72	9.31	0.17	0.17	2.33	1.58	0.002	6860	250	26.17	0.0414
1.6	0.9	15.68	9.31	0.17	0.17	2.67	1.58	0.002	7840	250	26.17	0.0414
1.8	1.2	17.64	12.01	0.17	0.17	2.99	2.04	0.002	8820	250	26.17	0.0534
2.0	1.6	19.60	15.19	0.17	0.17	3.33	2.58	0.002	9800	250	26.17	0.0675

Tabel 5.4 Analisa Kebutuhan Daya Model Kompresor dengan Penyeimbang Gaya



PERBANDINGAN KEBUTUHAN DAYA PERCOBAAN MODEL KOMPRESOR



Grafik 5.1 Perbandingan Kebutuhan Daya Percobaan Model Kompresor

Dari grafik diatas didapatkan besar penurunan kebutuhan daya sebagai berikut :

TEKANAN (Nm ⁻²)	TANPA PENYEIMBANG	DENGAN PENYEIMBANG	PENURUNAN KEBUTUHAN DAYA	
			Kw	%
980	0.0087	0.0050	0.0037	42.50
1960	0.0174	0.0120	0.0055	31.25
2940	0.0261	0.0185	0.0076	29.17
3920	0.0349	0.0239	0.0109	31.25
4900	0.0435	0.0272	0.0163	37.50
5880	0.0523	0.0326	0.0196	37.50
6860	0.0610	0.0414	0.0196	32.14
7840	0.0697	0.0414	0.0283	40.63
8820	0.0785	0.0534	0.0250	31.94
9800	0.0871	0.0675	0.0196	22.50
		Rata-rata	0.0156	33.63

Tabel 5.5 Rata – Rata Penurunan Kebutuhan Daya Hasil Percobaan Model



BAB VI
KESIMPULAN



BAB VI

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penulisan ini, berdasarkan hasil percobaan dan pengolahan data dapat disimpulkan :

1. Konsep penyeimbangan gaya pada perancangan ini dapat dibuktikan dalam tahap percobaan model. Dimana rancangan dasar yang didapatkan seperti digambarkan pada gambar 3.9, dan bagian-bagiannya pada gambar 3.10, 3.11, 3.13.
2. Pada kompresor, beban dalam hal ini udara kompresi juga merupakan sebuah bentuk energi. Hal ini ditunjukkan pada naiknya gaya tekan yang diterima piston sebanding dengan naiknya tekanan kompresi yang dihasilkan (Tabel 3.1). Oleh sebab itu dapat dimanfaatkan untuk membantu penggerak dalam melakukan kompresi. Hal ini didapatkan dengan menambahkan rangkaian penyeimbang beban untuk menghasilkan torsi yang searah dengan torsi penggerak (gambar 3.16).
3. Dari percobaan model (Bab V), didapatkan rata-rata penurunan kebutuhan daya sebesar 33,6 % untuk tekanan 980 – 9800 Nm^{-2} (Tabel 5.4, 5.5 dan Grafik 5.1). Namun ini baru dalam tahap percobaan model dengan desain tekanan yang sangat kecil. Untuk desain tekanan dengan kondisi riil yang ada, perlu diadakan penelitian lebih lanjut.

5.2 Saran



Dari hasil percobaan model yang telah dilakukan, didapatkan bahwa mungkin untuk membagi beban dari suatu sistem untuk dimanfaatkan dalam menjalankan sistem tersebut. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki dan mengembangkan penyeimbang gaya ini agar dapat dimanfaatkan secara nyata dalam kehidupan sehari-hari.



DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

1. Djati, Prof. Ir. Nursuhud, MSME (1997), "Mesin-Mesin Konversi Energi", Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Dietzel, Fritz (1993), "Turbin Pompa dan Kompresor", alih bahasa Dakso Sriono, Penerbit Erlangga, Jakarta
3. Sears, Zemansky (1983), "Fisika untuk Universitas 1", alih bahasa Ir. Soedarana, Penerbit Binacipta, Bandung
4. Hibbeler, R.C (1989), "Engineering Mechanics", Machmillan Publishing Company, New York

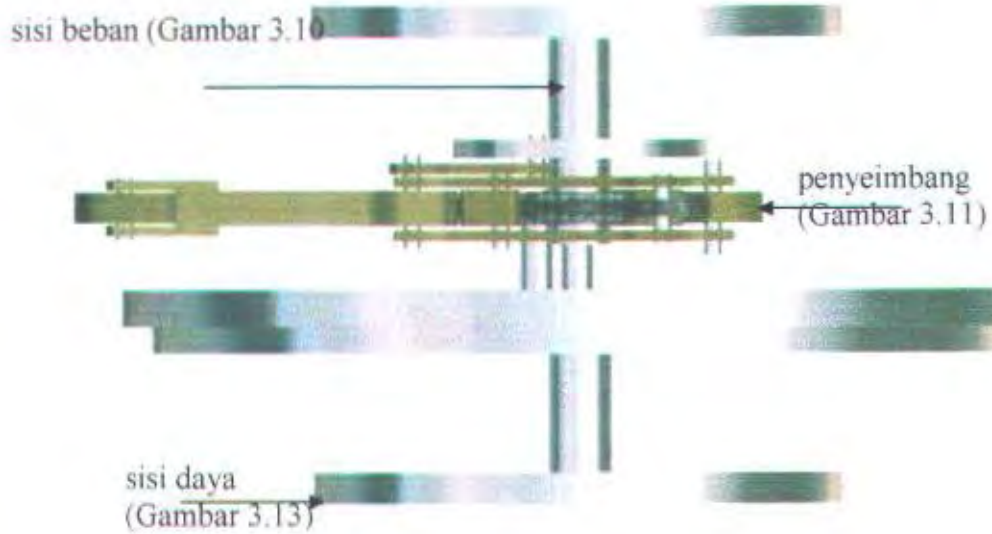
LAMPIRAN



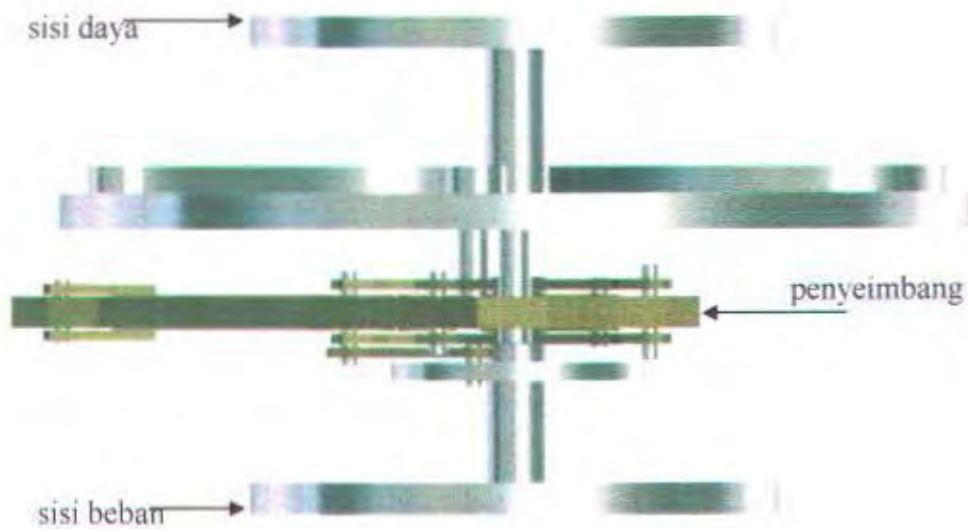
LAMPIRAN

RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

TAMPAK ATAS



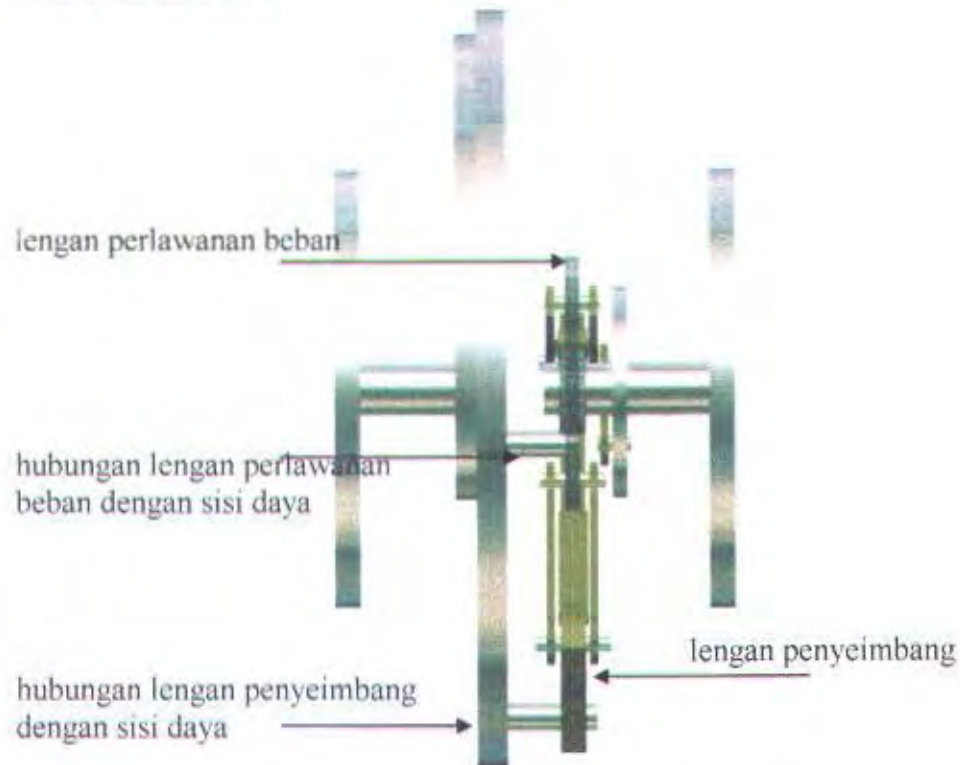
TAMPAK BAWAH





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

TAMPAK KANAN



TAMPAK KIRI



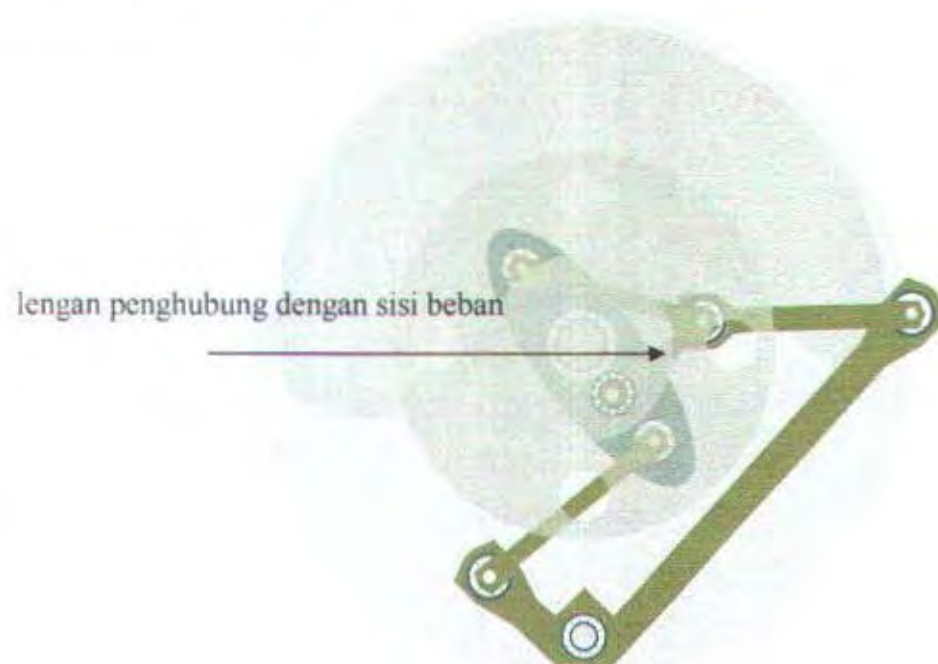


RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

TAMPAK DEPAN



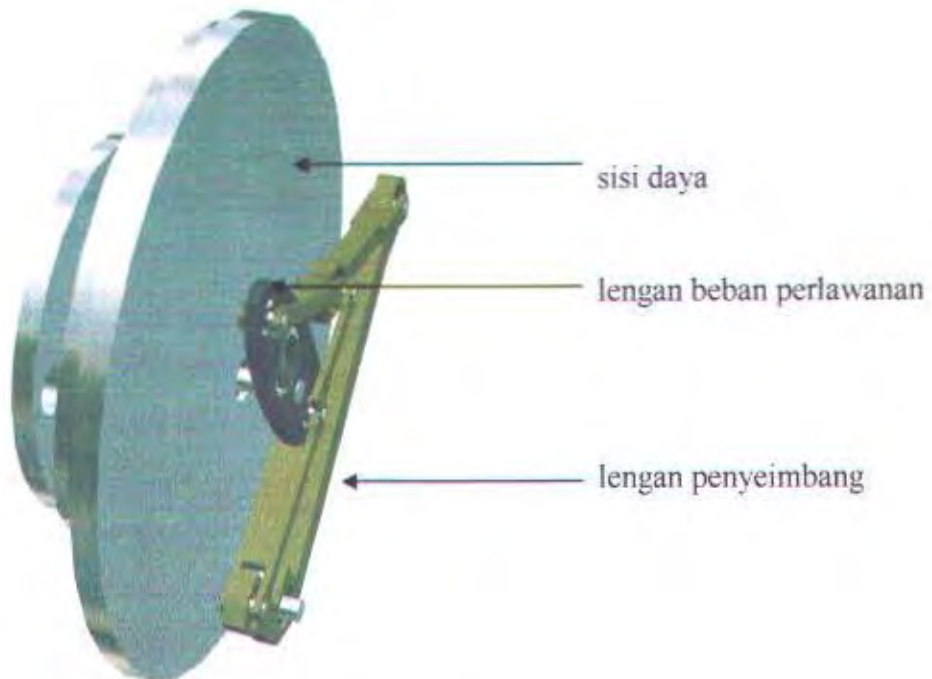
TAMPAK BELAKANG



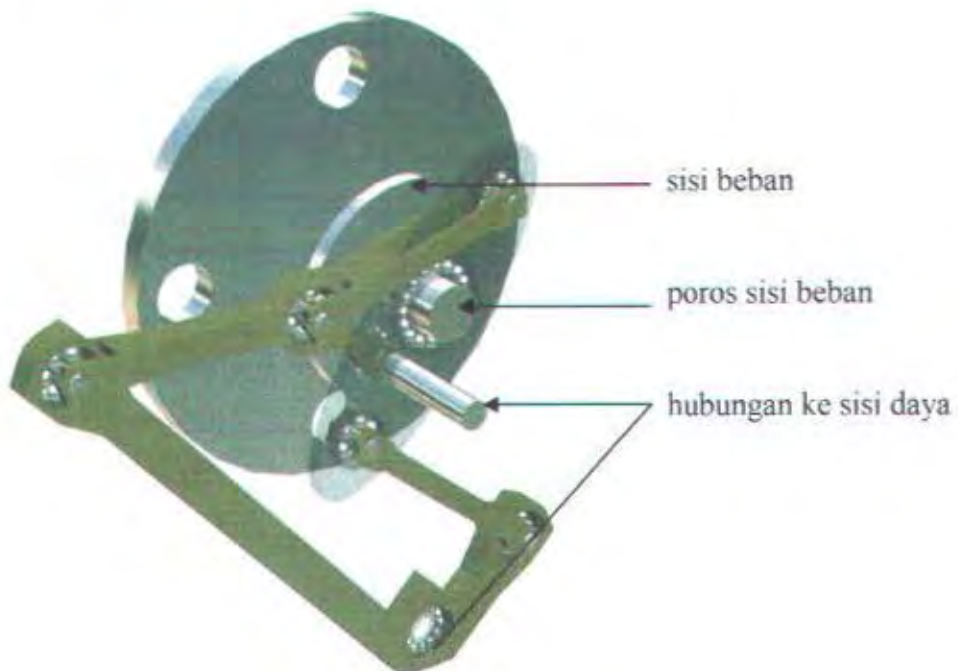


RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

SISI DAYA DENGAN PENYEIMBANG



SISI BEBAN DENGAN PENYEIMBANG





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

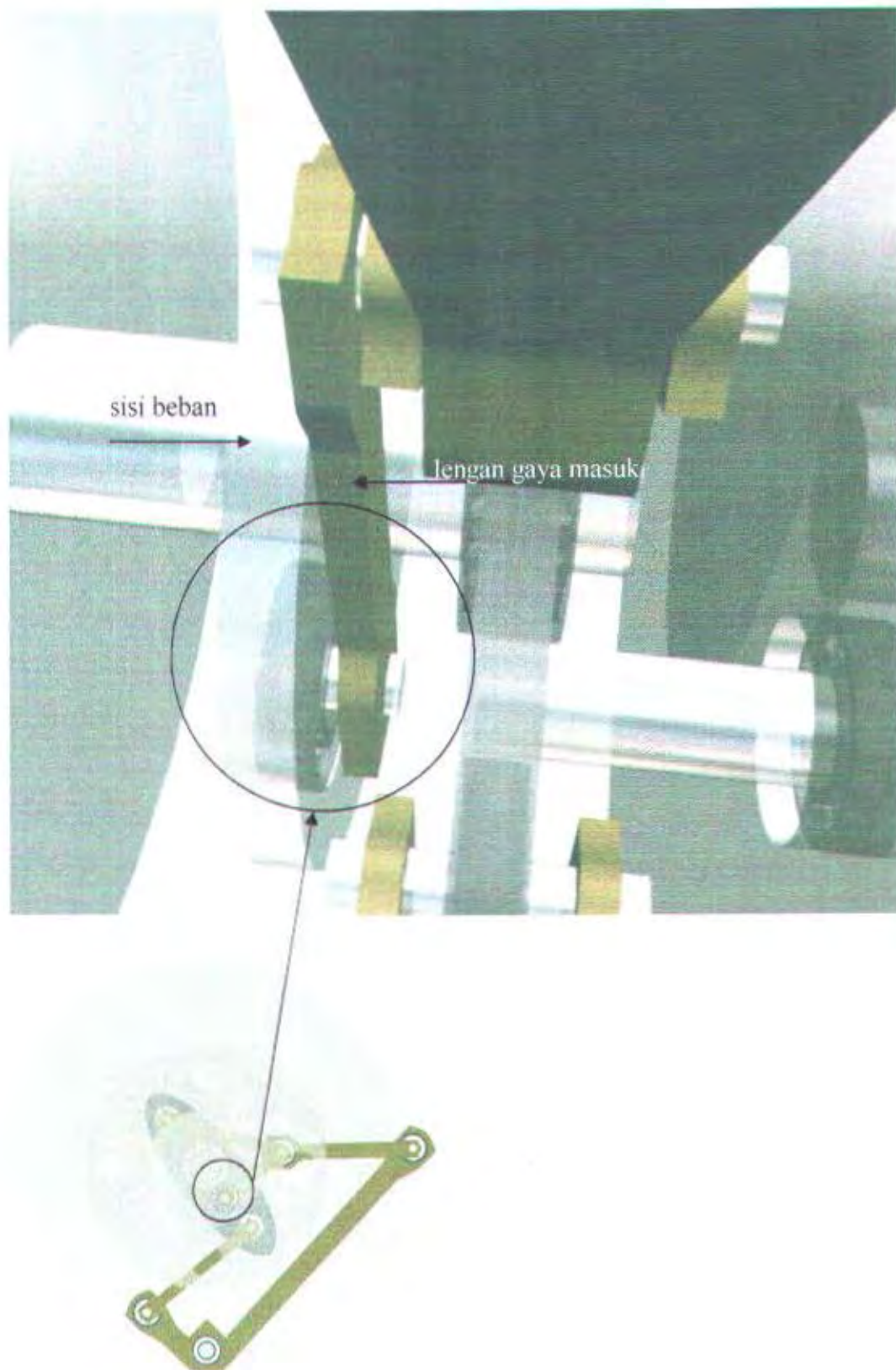
HUBUNGAN TIAP BAGIAN





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

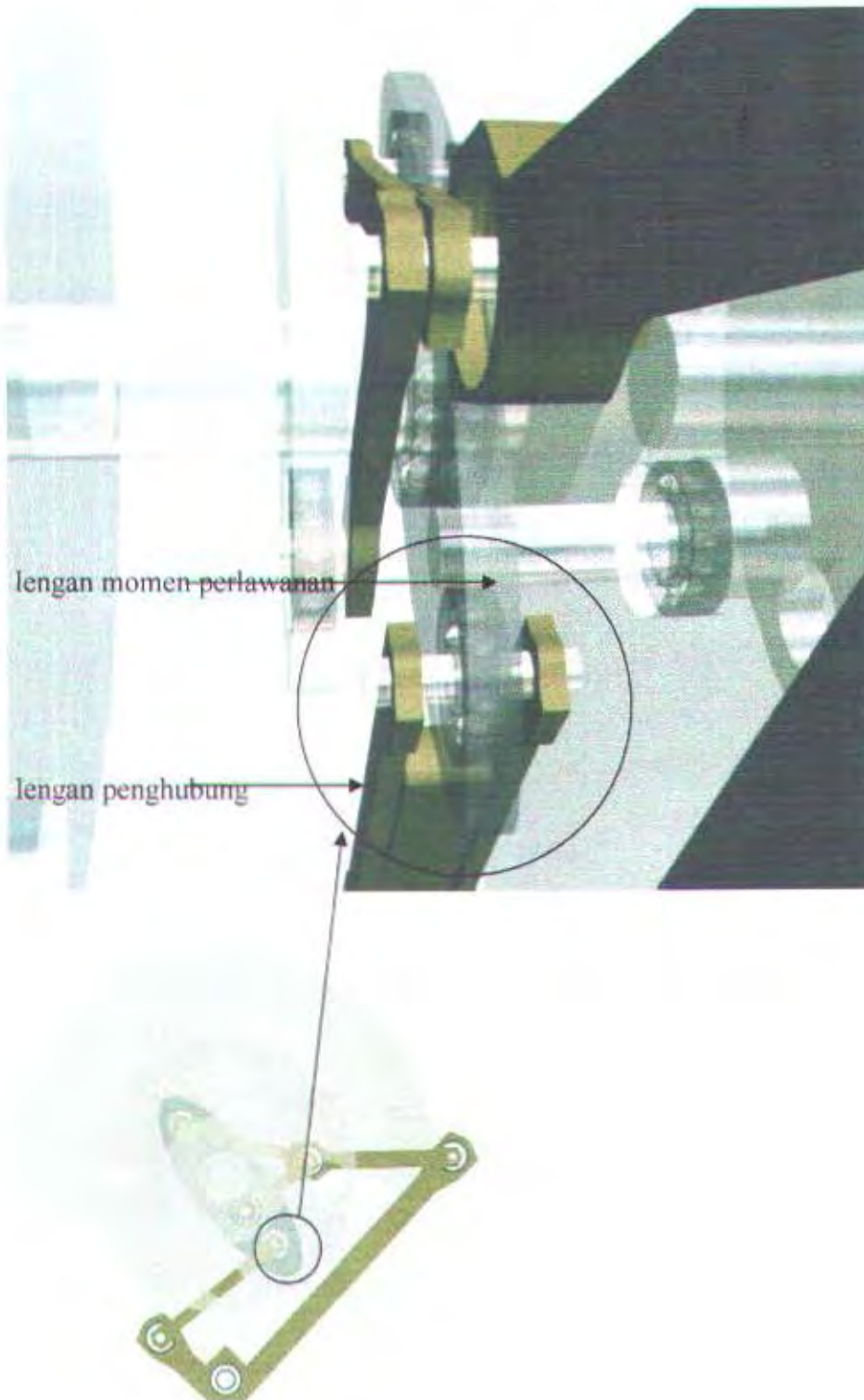
DETAIL HUBUNGAN SISI BEBAN DENGAN LENGAN GAYA MASUK





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

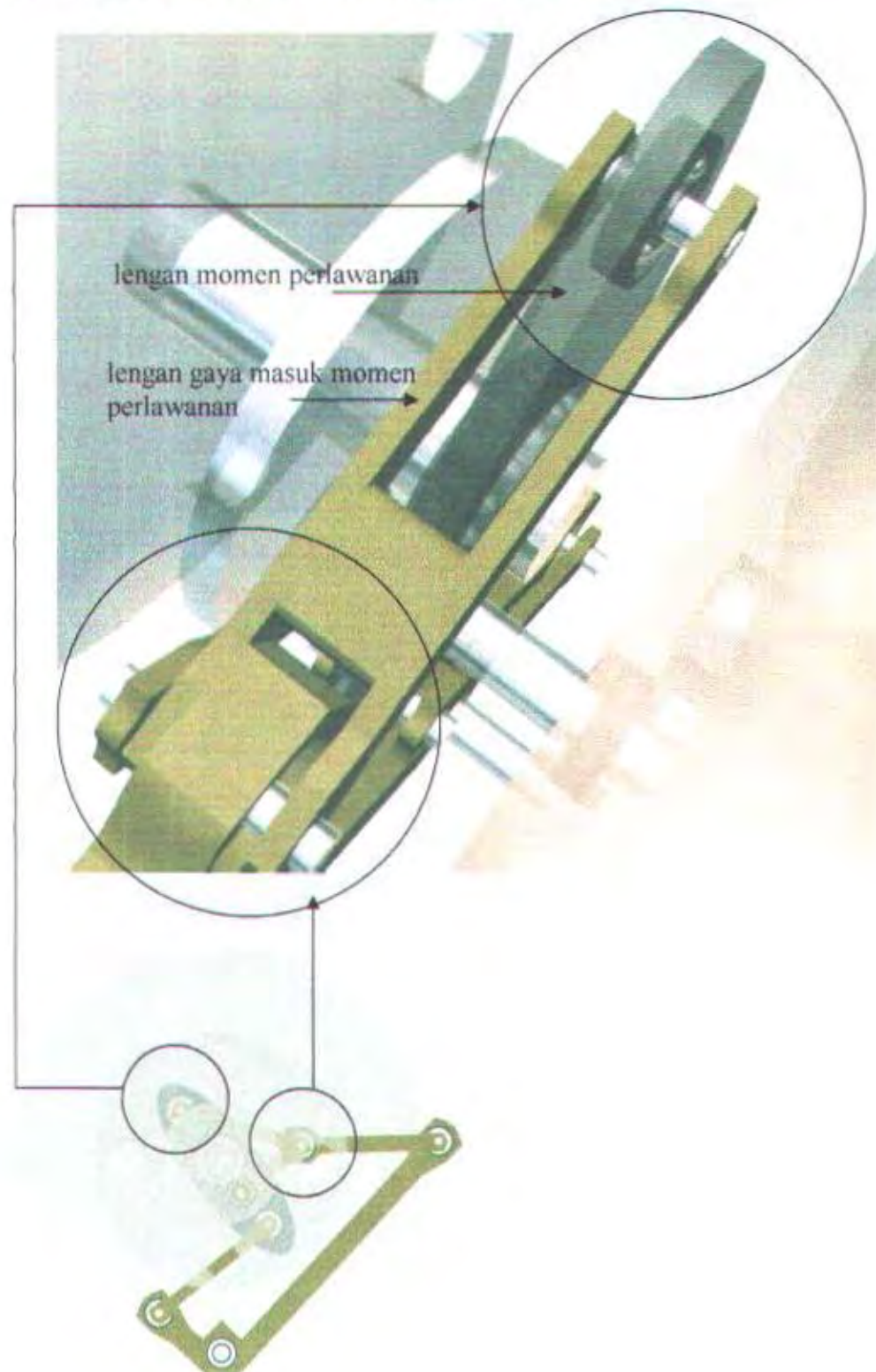
DETAIL HUBUNGAN LENGAN MOMEN PERLAWANAN DENGAN
LENGAN PENGHUBUNG





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

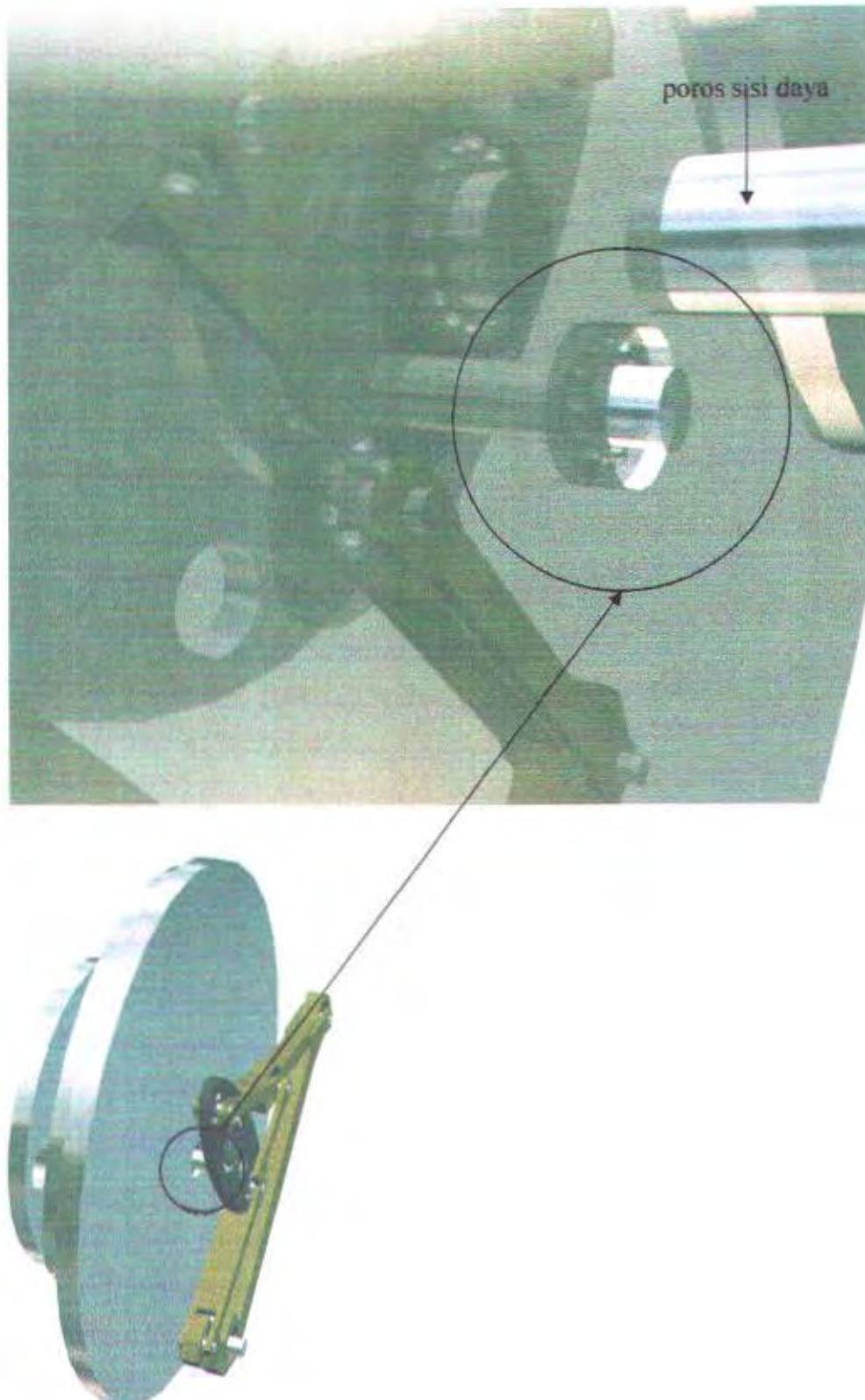
DETAIL HUBUNGAN LENGAN MOMEN PERLAWANAN DENGAN
LENGAN GAYA MASUK MOMEN PERLAWANAN





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

DETAIL HUBUNGAN LENGAN MOMEN PERLAWANAN DENGAN SISI DAYA





RANCANGAN PENYEIMBANG GAYA

DETAIL HUBUNGAN LENGAN MOMEN PENYEIMBANG DENGAN SISI DAYA

