

**STUDI EKPERIMENTAL PERFORMA MESIN TENAGA  
KOMPRESI UDARA DENGAN MEMODIFIKASI GIGI  
SENTRIS**



**MOHAMMAD JOKO TRIYANTO**

**5315092573**

Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan  
Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2015**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA MESIN TENAGA  
KOMPRESI UDARA DENGAN MEMODIFIKASI GIGI SENTRIS  
Nama : Mohammad Joko Triyanto  
No. Reg : 5315092573

### DOSEN PEMBIMBING

Nama / Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Dosen Pembimbing I</b> Dr. Darwin Rio Budi Syaka, MT. NIP. 197604222006041001	.....	.....
<b>Dosen Pembimbing II</b> Triyono, ST., M.Eng. NIP. 197508162009121001	.....	.....

### DEWAN PENGUJI

<b>Ketua</b> Prof. Dr. Gaguk Margono, M.Ed. NIP. 196202051988031004	.....	.....
<b>Sekretaris</b> H. Wardoyo, ST., MT. NIP. 19790818200811008	.....	.....
<b>Dosen Ahli</b> Drs. H. Sirojuddin, MT. NIP. 196010271990031003	.....	.....

### MENGETAHUI,

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik – UNJ

Kaprodi Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik – UNJ

Dr. Eng. Agung Premono, MT.  
NIP. 197705012001121002

Ahmad Kholil, ST., MT.  
NIP. 197908312005011001

## ABSTRAK

Mohammad Joko Triyanto, Studi Eksperimental Performa Mesin Tenaga Kompresi Udara Dengan Memodifikasi Gigi Sentris.

Skripsi, Jakarta: Strata 1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Pencemaran udara dan pengurangan polusi udara telah menjadi isu yang sangat penting di seluruh dunia. Hal tersebut diakibatkan karena meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor. Untuk menangani masalah ini diperlukan kendaraan yang tidak menimbulkan polusi udara atau yang kita kenal *zero emission*. Dalam beberapa tahun terakhir, mesin kompresi udara bertekanan tinggi telah dianggap sebagai sumber energi ramah lingkungan dengan keuntungan bebas emisi gas buang dan aplikasi tekanan udara sebagai daya utama atau penunjang sistem kendaraan bermotor yang proses pengisian udaranya lebih cepat dan berpotensi digunakan sebagai tenaga penggerak utama pada sistem penggerak utama motor.

Penelitian ini menggunakan mesin motor pembakaran dalam 4 langkah yang diubah sistem kerjanya menjadi 2 langkah dengan memodifikasi bentuk *camshaft*, *timing gear* dan *intake manifold*. Karena pada percobaan ini hanya dibutuhkan langkah udara kompresi masuk dan langkah udara buang. Percobaan dalam penelitian ini untuk memeriksa performa dari mesin kompresi udara dengan tekanan udara berkisar 3 – 8 bar. Dalam pengambilan data performa mesin tenaga kompresi udara peneliti menggunakan alat yang bernama *prony brake* dengan pemberian tekanan rem atau beban berkisar 0,4 bar – 2 bar dengan perubahan tekanan rem 0,2 bar.

Hasil penelitian ini menunjukkan performa terbaik mesin kompresi udara berada pada percobaan tekanan udara tertinggi yaitu 8 bar dengan menghasilkan daya 1,23 Kw pada putaran mesin 724,33 rpm dengan torsi 16,17 Nm, tetapi torsi tertinggi yang di dapat ialah 17,96 Nm di putaran mesin 618,67 rpm. Hal ini dipengaruhi bahwa tekanan udara merupakan faktor utama pada percobaan ini, semakin besar tekanan udara maka semakin besar daya yang dihasilkan.

Kata kunci : mesin kompresi udara, performa, tekanan udara

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2015

Penulis

Mohammad Joko Triyanto  
No. Reg 5315092573

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Ya Sayiidina Ya Maulana Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi penulis untuk menyelesaikan studi S-1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Judul yang penulis ambil adalah “STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA MESIN TENAGA KOMPRESI UDARA DENGAN MEMODIFIKASI GIGI SENTRIS”.

Keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak kepada penulis, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta junjungan besar Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat Nabi.
2. Ayah, Ibu dan kakak - kakak tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doanya hingga saya bisa menyelesaikan studi.
3. Bapak Dr. Eng. Agung Premono, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Ahmad Kholil, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir skripsi ini.
5. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.

6. Bapak Triyono, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
7. Arisman Wibowo yang membantu dan memberi masukan kepada saya dalam menyelesaikan alat.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin, khususnya kepada angkatan 2009 yang telah memberikan dukungan motivasi serta membantu penulis sampai terciptalah alat ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak kekurangan baik dalam isi maupun penyusunannya. Oleh karena itu, masukan berupa kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan serta kemajuan di masa yang akan datang. Penulis juga meminta maaf jika dalam penulisan ini banyak kekeliruan baik yang disengaja maupun tidak disengaja kepada semua pihak yang terkait. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca

Jakarta, Januari 2015

Mohammad Joko Triyanto

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan dan Manfaat .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Motor Bakar 4 Langkah.....	7
2.2 Sistem Pneumatik .....	10
2.3 Tekanan Udara.....	14
2.4 Daya Kerja Motor .....	18
2.5 Torsi .....	19
2.6 Roda Gigi.....	22
2.7 Rantai Rol .....	24
2.8 Rem Cakram .....	26
2.9 <i>Prony Brake</i> .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Metode Penelitian .....	32
3.3 <i>Set Up</i> Peralatan Uji.....	34
3.4 Bahan dan Alat.....	34
3.5 Prosedur Penelitian .....	36
3.6 Rancangan Penelitian.....	39
3.7 Pelaksanaan Pengujian.....	44

3.8	Teknik Analisis Data dan Pembahasan.....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN</b>		
4.1	Pengaruh Perubahan Tekanan Rem Terhadap Putaran Mesin....	51
4.2	Pengaruh Perubahan Tekanan Rem Terhadap Daya Mesin.....	54
4.3	Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin.....	55
4.4	Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi Mesin.....	57
4.5	Pengaruh Torsi Terhadap Daya Mesin .....	58
4.6	Efisiensi Torsi dan Daya Mesin Tenaga Kompresi Udara .....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		67
<b>LAMPIRAN.....</b>		68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Konversi Energi .....	18
Tabel 2.2 Ukuran Rantai Rol Berantai Tunggal Menurut Standar Amerika ...	25
Tabel 2.3 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem .....	28
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan .....	31
Tabel 3.2 Tabel Hubungan Antara Tekanan Rem dan Tekanan Udara Yang Menghasilkan Putaran Mesin .....	38
Tabel 3.3 Tabel Tekanan Udara .....	45
Tabel 3.4 Tabel Tekanan Rem .....	46
Tabel 3.5 Tabel Pengukuran Putaran Mesin Kompresi Udara.....	47
Tabel 3.6 Pengukuran Torsi dan Daya Mesin Kompresi Udara .....	48
Tabel 4.1 Hasil Dari Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian – Bagian Motor Bensin Empat Langkah.....	7
Gambar 2.2 Langkah Hisap.....	8
Gambar 2.3 Langkah Kompresi .....	9
Gambar 2.4 Langkah Pembakaran .....	9
Gambar 2.5 Langkah Buang .....	10
Gambar 2.6 Motor Piston Radial dan Motor Rotari.....	11
Gambar 2.7 Jenis dan Simbol Motor Pneumatik Rotari .....	12
Gambar 2.8 Molekul dan Tekanan Gas.....	15
Gambar 2.9 Tekanan Mutlak dan Tekanan Lebih.....	16
Gambar 2.10 Momen Putar .....	20
Gambar 2.11 Tata Nama Gigi Roda Gigi .....	22
Gambar 2.12 Bagian Dari Rantai Rol Beruntai Ganda.....	24
Gambar 2.13 Pengikatan Rantai dan Jentera.....	26
Gambar 2.14 Rem Cakeram.....	27
Gambar 2.15 Notasi Untuk Cakeram .....	27
Gambar 2.16 <i>Prony Brake</i> Lengan Ayun.....	29
Gambar 2.17 <i>Prony Brake</i> Rem Cakeram.....	29
Gambar 2.18 Notasi <i>Prony Brake</i> Rem Cakeram .....	30
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	33
Gambar 3.2 <i>Set Up</i> Peralatan Mesin Uji .....	34
Gambar 3.3 Alat – Alat Ukur Yang Digunakan Dalam Proses Pengambilan Data.....	38
Gambar 3.4 Penggantian Gigi Sentris Dengan Perbandingan 1 : 1 Pada <i>Gear</i> <i>Camshaft</i> dan <i>Crankshaft</i> .....	39
Gambar 3.5 Noken As / <i>Camshaft</i> Standard an Yang Sudah Diubah.....	41
Gambar 3.6 Posisi Pemasangan Gigi Sentris Standar dan Baru .....	42
Gambar 3.7 Panjang Rantai Keteng Yang Masih Standar dan Dipotong .....	42
Gambar 3.8 Bentuk Piston Standar dan Yang Sudah Diubah.....	43
Gambar 3.9 Bentuk <i>Intake Manifold</i> Standar dan Modifikasi .....	43
Gambar 3.10 Proses Pembesaran Saluran Buang .....	44
Gambar 4.1 Pengaruh Tekanan Rem Pada Putaran Mesin Pada Beberapa	

Variasi Tekanan Udara Masuk .....	51
Gambar 4.2 Pengaruh Tekanan Rem Terhadap Daya Mesin Pada Variasi Beberapa Tekanan Udara Masuk.....	54
Gambar 4.3 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin .....	55
Gambar 4.4 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi Mesin .....	57
Gambar 4.5 Pengaruh Torsi Terhadap Daya.....	58
Gambar 4.6 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 8 Bar .....	59
Gambar 4.7 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 7 Bar .....	60
Gambar 4.8 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 6 Bar .....	60
Gambar 4.9 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 5 Bar .....	61
Gambar 4.10 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 4 Bar .....	62
Gambar 4.11 Efisiensi Torsi Mesin Kompresi Tenaga Udara .....	63
Gambar 4.12 Efisiensi Daya Mesin Tenaga Kompresi Udara .....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang Masalah

Dalam beberapa dekade terakhir, pencemaran udara dan pengurangan polusi udara telah menjadi isu yang sangat penting di seluruh dunia. Di Indonesia sendiri tingkat pencemaran sangat memprihatinkan. Bahkan salah satu studi melaporkan bahwa Indonesia menjadi negara dengan tingkat polusi udara tertinggi ketiga di dunia. Di Indonesia sendiri, sebagaimana data yang dipaparkan oleh Pengkajian Ozon dan Polusi Udara Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan), Jawa Barat menduduki peringkat polusi udara tertinggi di Indonesia. Dari penelitian yang telah dilakukan, sumbangan terbesar pencemaran udara di Indonesia adalah emisi gas buang dari kendaraan bermotor, yaitu sekitar 85%<sup>1</sup>. Hal tersebut diakibatkan karena meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor. Untuk menangani masalah ini diperlukan kendaraan yang tidak menimbulkan polusi udara atau yang kita kenal *zero emission*. Dewasa ini teknologi yang dipakai untuk menangani masalah tersebut adalah menggunakan kendaraan listrik, namun untuk pengisian baterai sebagai tenaga utama yang cukup lama dan berat baterai yang berat adalah masalah penting untuk kendaraan listrik<sup>2</sup>. Dalam beberapa tahun terakhir, mesin kompresi udara bertekanan tinggi telah dianggap sebagai sumber energi ramah lingkungan dengan keuntungan bebas emisi gas buang dan aplikasi tekanan udara sebagai daya utama atau penunjang sistem kendaraan bermotor yang proses pengisian

---

<sup>1</sup> <http://green.kompasiana.com/polusi/2013/01/02/tingkat-pencemaran-udara-indonesia-tertinggi-ketiga-di-dunia-bagaimana-cara-mengatasinya> (diakses 2 Febuari 2014).

<sup>2</sup> Chih-Yung Huang, *et.al.*, *Experimental Investigasion on the Performance of a Compressed-Air Driven Piston Engine*, *Energies*, 6, 12 Maret 2013, hlm. 1732.

udaranya lebih cepat daripada listrik. Pada tahun – tahun ini, udara dengan tekanan yang sangat tinggi dinyatakan sebagai sumber energi ramah lingkungan yang mempunyai kelebihan bebas emisi gas buang (*zero carbon emission*) dan berpotensi digunakan sebagai tenaga penggerak utama pada system penggerak utama motor<sup>3</sup>.

Sebagian besar penelitian pada kompresi udara terfokus pada penggunaan sistem pembantu mesin pembakaran dalam. Hanya sedikit yang mempelajari penelitian ini yang terfokus pada penggunaan dari mesin kompresi udara sebagai sistem tenaga utama. Schechter mempelajari mengenai kelayakan dari penggunaan mesin kompresi udara di mesin pembakaran dalam konvensional dengan mesin dua langkah usaha (2tak); satu langkah usaha pembakaran dan satu langkah lainnya usaha kompresi udara. Penggerakan putaran tenaga tambahan dari udara bertekanan untuk pembakaran dapat mengurangi konsumsi bahan bakar hingga setengahnya. Schechter juga melaporkan konsep memproduksi udara bertekanan selama proses pengereman kendaraan bermotor (contohnya regenerasi pengereman berkompresi). Mengembalikan energi yang hilang selama proses pengereman dapat meningkatkan lebih lanjut efisiensi mesin<sup>4</sup>. Chih-Yung Huang meneliti mesin kompresi udara yang dimodifikasi dari mesin pembakaran dalam 4 langkah, yang kemudian diubah sistem kerjanya menjadi mesin 2 langkah dengan memodifikasi bentuk *camshaft*, *intake* dan *exhaust valve*, karena pada mesin tenaga kompresi udara hanya perlu langkah masuk dan langkah buang. Percobaan dalam penelitian ini memeriksa kinerja listrik dan tekanan / variasi suhu dari kompresi mesin udara pada tekanan berkisar 5-9 bar ( tekanan absolut ). Daya

---

<sup>3</sup> *ibid*, hlm. 1732.

<sup>4</sup> *ibid*, hlm. 1732.

keluar tertinggi yang dihasilkan mencapai 0,95 KW pada tekanan udara 9 bar dan 1.320 rpm. Torsi tertinggi mencapai 9.99 N.m pada tekanan yang sama<sup>5</sup>. Namun merubah bentuk *camshaft* merupakan hal yang rumit, ada peluang untuk mengubah sistem 4 langkah menjadi 2 langkah dengan cara memodifikasi bentuk gigi sentris (*timing gear*) yang diharapkan lebih sederhana.

Namun penelitian yang mengubah bentuk gigi sentris (*timing gear*) belum pernah dilakukan pada motor Honda Grand menjadi mesin tenaga kompresi udara dan belum pernah diketahui kinerja. Tekanan udara merupakan faktor utama yang mempengaruhi daya dan torsi mesin tenaga kompresi udara. Pelajaran ini terfokus pada studi eksperimental pada mesin tenaga kompresi udara dengan tipe piston untuk digunakan dikendaraan sebagai sistem tenaga pembantu dengan tekanan udara yang berbeda-beda. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kinerja mesin tenaga kompresi udara. Hasil ini dapat digunakan untuk evaluasi aplikasi praktis dari mesin tenaga kompresi udara dan kemungkinan solusi dalam efisiensi dan memperpanjang kinerja waktu atau umur mesin. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja terbaik mesin kompresi udara sehingga dapat dijadikan penggerak utama pada kendaraan.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka peneliti dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Apakah mesin tenaga kompresi udara dapat menjadi sumber energi ramah lingkungan yang efisien ?
2. Apakah mesin tenaga kompresi udara dapat menjadi sumber tenaga utama

---

<sup>5</sup> *ibid*, hlm. 1731.

dengan baik ?

3. Faktor apa sajakah yang dapat mempengaruhi meningkatnya unjuk kerja mesin tenaga kompresi udara?
4. Apakah dengan mengubah bentuk gigi sentris (*timing gear*) menjadi hal yang lebih mudah untuk mengatur waktu masuk dan keluarnya udara bertekanan ?
5. Apakah dengan mengubah bentuk gigi sentries (*timing gear*) dapat menunjukkan kinerja yang baik ?
6. Pada tekanan udara berapakah kinerja mesin dapat menghasilkan unjuk kerja terbaik ?

### **1. 3. Pembatasan Masalah**

Agar pengujian yang dilakukan tidak terlalu melebar dari tujuan yang hendak dicapai maka ditentukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Percobaan ini dilakukan di Laboratorium Otomotif Teknik Mesin UNJ.
2. Kondisi temperatur dan kelembaban udara dianggap konstan .
3. Hasil percobaan hanya berlaku untuk motor bensin Honda Grand yang dimodifikasi menjadi Mesin Tenaga Kompresi Udara dan pada kondisi di lingkungan Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
4. Kondisi mesin bensin yang digunakan masih dalam keadaan standar yang di modifikasi menjadi mesin tenaga kompresi udara.
5. Unjuk kerja yang diamati adalah tekanan udara, putaran mesin, torsi dan daya.

#### 1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah di atas, maka permasalahan yang akan dicari pemecahannya dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Mengetahui unjuk kerja mesin tenaga kompresi udara menjadi tenaga utama yang baik dan menjadi energi yang ramah lingkungan.
2. Mengetahui dengan merubah gigi sentris (*timing gear*) dapat menghasilkan unjuk kerja terbaik pada mesin tenaga kompresi udara.
3. Faktor - faktor yang dapat mempengaruhi meningkatnya unjuk kerja mesin tenaga kompresi udara

Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tekanan udara laju udara yang paling optimal untuk unjuk kerja mesin tenaga kompresi udara. Maka diangkatlah satu judul yaitu, “STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA MESIN TENAGA KOMPRESI UDARA DENGAN MEMODIFIKASI GIGI SENTRIS“.

#### 1. 5. Tujuan dan Manfaat

##### A. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan / penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara merubah motor pembakaran dalam yang dimodifikasi menjadi mesin tenaga kompresi udara.
2. Mengetahui apakah mesin tenaga kompresi udara dapat menjadi penggerak utama pada kendaraan.
3. Mendapatkan kinerja mesin yang mampu menghasilkan unjuk kerja terbaik pada mesin tenaga kompresi udara.

4. Memberikan sumbangsih pemikiran dalam upaya meningkatkan performa mesin khususnya pada mesin tenaga kompresi udara.

## B. Manfaat

### 1. Secara Teoritis

Dapat memperoleh pengetahuan tentang sistem pneumatik pada mesin tenaga kompresi udara, kegunaan dan cara kerja mesin tenaga kompresi udara.

### 2. Secara Praktis

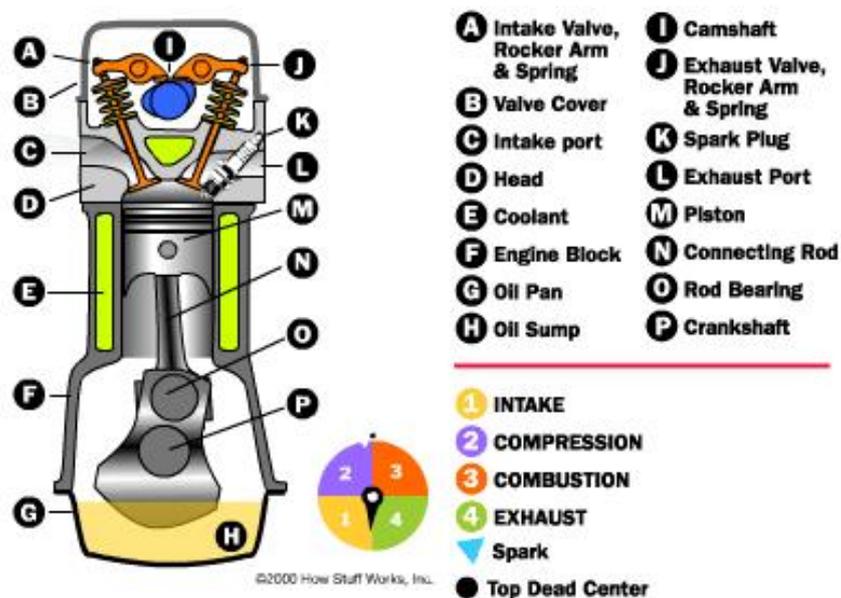
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangsih pemikiran bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan memberikan informasi seluas-luasnya kepada masyarakat mengenai pengaruh tekanan udara terhadap performa pada mesin tenaga kompresi udara sehingga dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari serta dirasakan manfaatnya untuk masyarakat luas. Selain itu juga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa lain untuk dijadikan bahan belajar ataupun sebagai bahan referensi agar lebih mudah memahami pengetahuan tentang mesin tenaga kompresi udara.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. MOTOR BAKAR 4 LANGKAH

Motor empat langkah adalah salah satu jenis motor pembakaran dalam yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak-balik langkah piston atau dua kali putaran poros engkol (*crank shaft*). Langkah piston adalah gerak piston tertinggi, disebut titik mati atas (TMA) sampai yang terendah disebut titik mati bawah (TMB). Sedangkan siklus kerja ialah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak-balik piston yang membentuk rangkaian siklus tertutup. Proses siklus motor empat langkah dilakukan oleh gerak piston dalam silinder tertutup, yang bersesuaian dengan pengatur gerak kerja katup hisap dan katup buang disetiap langkah kerjanya<sup>6</sup>.



Gambar 2.1 Bagian-bagian Motor Bensin Empat Langkah<sup>7</sup>

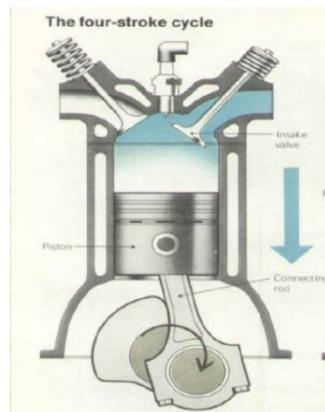
<sup>6</sup> Wahyu Hidayat, *Motor Bensin Modern*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2012), hlm. 16-17.

<sup>7</sup> [http://gambarteknikmesin.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://gambarteknikmesin.blogspot.com/2010_08_01_archive.html) (diakses 2 Febuari 2014).

Proses yang terjadi meliputi, langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang. lebih jelasnya sebagai berikut :

### 1. Langkah Hisap

Langkah hisap dimana piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB). Katup hisap dibuka dan katup buang ditutup, karena terjadi tekanan negatif atau kevakuman dalam silinder, selanjutnya campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk melalui katup hisap dan mengisi ruang silinder.



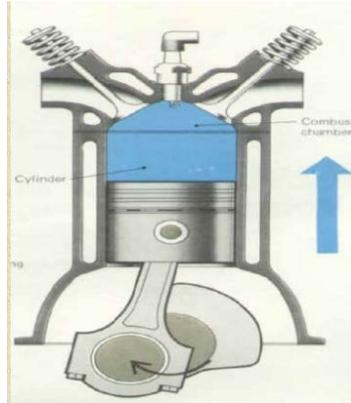
Gambar 2.2 Langkah Hisap<sup>8</sup>

### 2. Langkah Kompresi

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB menuju ke TMA. Katup hisap dan katup buang tertutup. Pada proses ini campuran bahan bakar dan udara ditekan atau kompresi, akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga akan memudahkan proses pembakaran.

---

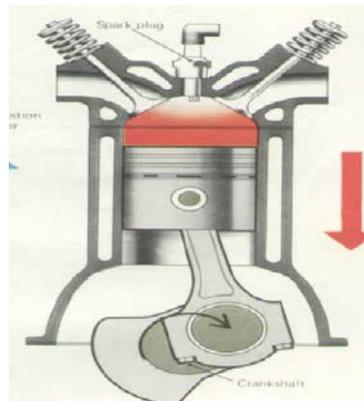
<sup>8</sup> <http://on-webb.com/mechanics/4stroke.htm> (diakses 2 Febuari 2014).



Gambar 2.3 Langkah Kompresi<sup>9</sup>

### 3. Langkah Usaha

Piston bergerak dari TMA menuju TMB. Katup hisap dan katup buang masih ditutup. Sesaat piston menjelang TMA, busi pijar menyalakan percikan bunga api seketika campuran bahan bakar dan udara terbakar secara cepat berupa ledakan. Dengan terjadinya ledakan, maka menghasilkan tekanan sangat tinggi untuk mendorong piston ke bawah, sebagai tenaga atau usaha yang dihasilkan mesin.



Gambar 2.4 Langkah Pembakaran<sup>10</sup>

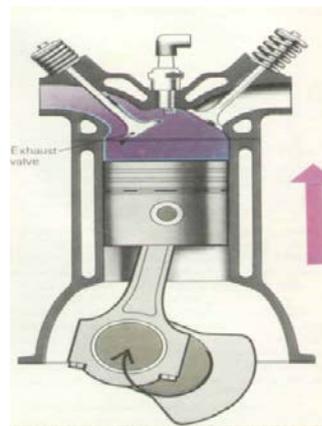
---

<sup>9</sup> *Ibid.*

<sup>10</sup> *Ibid.*

#### 4. Langkah Buang

Pada langkah buang ini piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Pada proses ini gas yang telah terbakar dibuang oleh dorongan piston ke atas dan selanjutnya mengalir melalui katup buang. Pada posisi ini poros engkol telah berputar dua kali putaran penuh dalam satu siklus dari empat langkah<sup>11</sup>.



Gambar 2.5 Langkah Buang<sup>12</sup>

#### 2.2. Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik yang dalam bahasa Yunani '*pneuma*' yang artinya udara atau angin. Dengan kata lain pneumatik adalah semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan. Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Pneumatik menggunakan hukum-hukum aerodinamika yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap.

<sup>11</sup> *loc. cit*, hlm. 17-18.

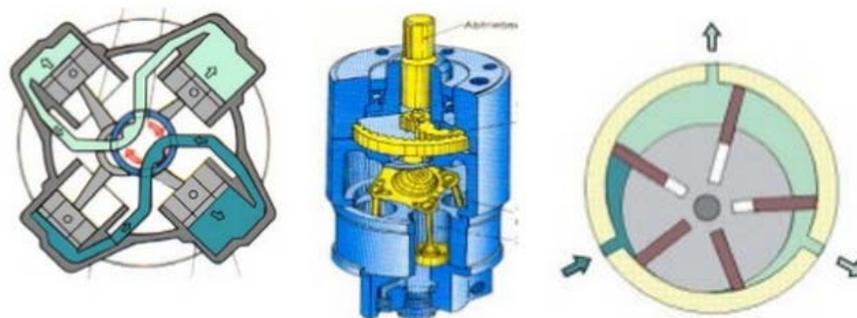
<sup>12</sup> *Ibid*.

Pneumatik dalam pelaksanaan teknik udara mampat dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses-proses pneumatik. Dalam bidang kejuruan teknik pneumatik dalam pengertian yang lebih sempit lagi adalah teknik udara mampat (udara bertekanan)

Memang sistem elektronik mempunyai respon yang sangat cepat terhadap sinyal kontrol. Tetapi sistem pneumatik mempunyai daya tahan yang lebih baik. Dalam beberapa aplikasi sistem pneumatik dapat bekerja dalam atmosfer yang tidak bisa dilakukan oleh sistem elektronik dan sistem pneumatik juga dapat digunakan dalam kondisi basah<sup>13</sup>.

### 2.2.1. Air Motor (Motor Pneumatik)

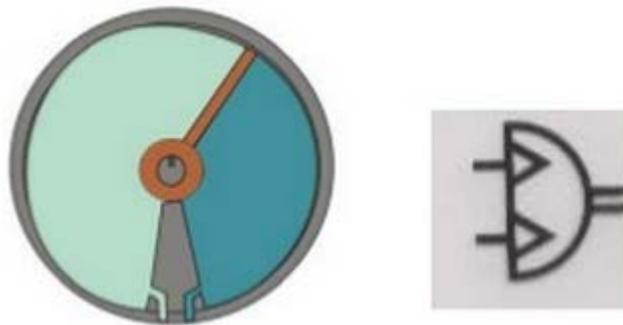
Motor pneumatik mengubah energi pneumatik (udara kempa) menjadi gerakan putar mekanik yang kontinyu. Motor pneumatik ini telah cukup berkembang dan penggunaannya telah cukup meluas. Macam – macam motor pneumatik, antara lain: a) piston motor pneumatik, b) *sliding vane motor*, c) *gear motor*, d) *turbines (high flow)*. Berikut contoh-contoh pneumatik.



Gambar 2.6 Motor Piston Radial dan Motor Rotari

<sup>13</sup> Thomas Krist, *Dasar-Dasar Pneumatik*, (Jakarta: Erlangga, 1993), hlm. 1-2.

Menurut bentuk dan konstruksinya, motor pneumatik dibedakan menjadi: a) motor torak, b) motor baling-baling luncur, c) motor roda gigi, d) motor aliran. Cara kerja motor pneumatic berupa piston translasi kemudian dikonversi menjadi gerakan berputar / rotasi di mana udara bertekanan dialirkan melalui torak atau baling-baling yang terdapat pada porosnya.



Gambar 2.7 Jenis dan Simbol Motor Pneumatik Rotari

### 2.2.2.Keuntungan dan Kerugian Sistem Pneumatik

Beberapa keuntungan dalam penggunaan atau penerapan sistem pneumatik, antara lain:

- a. Ketelitian yang tinggi dari peralatan-peralatan pneumatik yang konstruksinya semakin memungkinkan suatu pengerjaan yang hampir tidak memerlukan perawatan dalam jangka panjang.
- b. Merupakan media/fluida kerja yang mudah didapat dan mudah diangkut udara dimana saja tersedia dalam jumlah yang tak terhingga.
- c. Udara bertekanan adalah bersih. Kalau ada kebocoran pada saluran pipa benda-benda kerja maupun bahan-bahan disekelilingnya tidak akan menjadi kotor.

- d. Dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan-keadaan kerja tertentu. Udara bersih (tanpa uap air) dapat digunakan sepenuhnya pada suhu-suhu yang tinggi atau pada nilai-nilai yang rendah, jauh di bawah titik beku (masing-masing panas atau dingin)
- e. Aman terhadap kebakaran dan ledakan
- f. Menguntungkan karena lebih murah dibandingkan dengan komponen-komponen peralatan hidraulik. Dan pneumatik adalah 40 sampai 50 kali lebih murah dari pada tenaga otot (manusia). Hal ini sangat penting pada mekanisasi dan otomatisasi produksi.
- g. Kontruksi yang kompak dan kokoh.
- h. Memiliki beberapa tekanan kerja sesuai dengan kebutuhan pemakaian (1 sampai 15 bar)
- i. Dengan dibebani lebih (tahan pembebanan lebih). Pada pembebanan lebih alat-alat udara bertekanan memang akan berhenti, tetapi akan mengalami kerusakan. Alat-alat listrik terbakar pada pembebanan lebih<sup>14</sup>.

Selain keuntungan adapun kerugian dalam menggunakan sistem pneumatik adalah sebagai berikut :

- a. Tidak mungkin untuk mewujudkan kecepatan-kecepatan torak dan pengisian yang tetap, tergantung dari bebannya.
- b. Udara yang ditiup ke luar menyebabkan kebisingan (desisan) mengalir ke luar, yang terutama dalam ruang-ruang kerja sangat mengganggu.

---

<sup>14</sup> *Ibid*, hlm. 5-9.

- c. Kelembapan udara dalam udara mampat pada waktu suhu menurun dan tekanan meningkat dipisahkan sebagai tetesan-tetesan air (air embun).
- d. Pada waktu pemuaian (*expansion*) tiba-tiba (di belakang pemakai udara mampat) dan penurunan suhu yang bertalian dengan pemuaian tiba-tiba ini, dapat terjadi pembentukan es.
- e. Suatu silinder pneumatik mempunyai kemampuan daya tekan yang terbatas.
- f. Suatu gerakan teratur hampir tidak dapat diwujudkan apabila terjadi perubahan beban.
- g. Tidak ada sinkronasi, menjalankan sama-sama (mensinkronkan) dua silinder atau lebih sangat sulit dilaksanakan<sup>15</sup>.

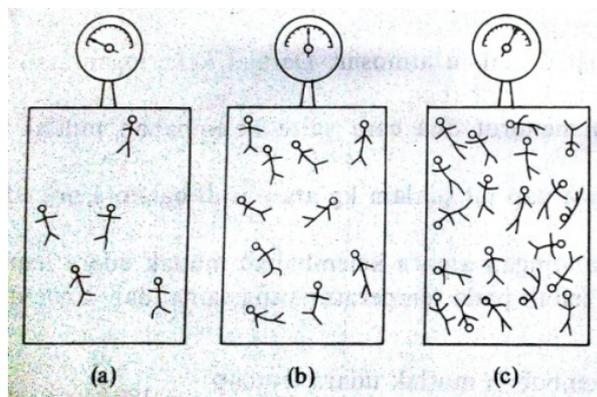
### 2.3. Tekanan Udara

Jika suatu gas atau udara menempati suatu bejana tertutup maka pada dinding bejana tersebut akan bekerja suatu gaya. Gaya ini per satuan luas ruang disebut tekanan. Menurut teori ilmu fisika, gas terdiri dari molekul-molekul yang bergerak terus-menerus secara sembarang. Karena gerakan ini, dinding bejana yang ditempati akan mendapat tumbukan terus-menerus dari banyak molekul. Tumbukan inilah yang dirasakan sebagai tekanan pada dinding. Jika temperatur gas dinaikan, maka gerakan molekul-molekul akan menjadi semakin cepat. Dengan demikian tumbukan pada dinding akan menjadi semakin sering dan dengan impuls yang semakin besar. Jadi meskipun volume bejana tetap, tekanan pada

---

<sup>15</sup> *Ibid*, hlm. 9-10.

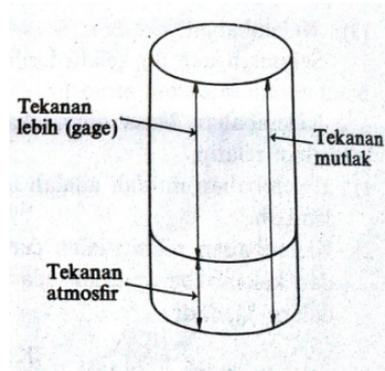
dinding akan menjadi lebih besar. Peristiwa ini dapat dengan mudah dimengerti jika diperhatikan gambar 2.8 pada gambar (a) diperlihatkan bejana berisi gas bertemperatur rendah dimana tumbukan pada ruang begitu banyak. Jika temperatur dinaikan dengan volume tetap pada gambar (b) tumbukan pada ruang akan semakin banyak, sehingga tekanan akan naik. Pada gambar (c) diperhatikan keadaan di mana volume bejana diperkecil sedangkan jumlah gas yang ada di dalamnya tetap seperti semula. Di sini ruangan menjadi lebih padat molekul sedangkan luas ruang berkurang. Maka tumbukan yang terjadi per satuan luas ruang akan semakin besar hingga tekanannya juga akan naik. Selain dari pada itu, karena pemampatan ini juga berarti penambahan energi kepada gas maka gerakan molekul menjadi lebih cepat, yang berarti temperaturnya akan naik<sup>16</sup>.



Gambar 2.8 Molekul dan Tekanan Gas<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Sularso - Haruo Tahara, *Pompa dan Kompresor*, (Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000), hlm. 179-180.

<sup>17</sup> *Ibid.*



Gambar 2.9 Tekanan Mutlak dan Tekanan Lebih<sup>18</sup>

### 2.3.1. Tekanan Atmosfir

Tekanan atmosfer yang bekerja di permukaan bumi dapat dipandang sebagai berat kolom udara mulai dari permukaan bumi sampai batas atmosfer yang paling atas. Untuk kondisi standar, gaya berat kolom udara ini pada setiap  $1 \text{ cm}^2$  luas permukaan bumi adalah 1,033 kgf. Dengan perkataan lain dapat dinyatakan bahwa tekanan.

$$1 \text{ atmosfer (1atm)} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2 = 0,1013 \text{ MPa} \quad (2.1)^{19}$$

Tekanan atmosfer juga biasa dinyatakan dalam tinggi kolom air raksa (mm Hg), di mana.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} \quad (2.2)^{20}$$

### 2.3.2. Tekanan Mutlak dan Tekanan Lebih

untuk menyatakan besarnya tekanan gas (atau zat cair) dalam suatu ruangan atau pipa biasanya dipakai satuan  $\text{kgf/cm}^2$  atau Pa (Pascal). Dasar yang dipakai sebagai harga nol dalam mengukur atau menyatakan tekanan ada dua macam.

<sup>18</sup> *Ibid.*

<sup>19</sup> *Ibid.*, h. 180.

<sup>20</sup> *Ibid.*

1. Jika harga nol diambil sama dengan tekanan atmosfer, maka tekanan yang diukur disebut tekanan lebih.
2. Jika harga nol diambil sama dengan tekanan vakum mutlak maka tekanan disebut tekanan mutlak.

Antara tekanan mutlak dan tekanan lebih terdapat hubungan sebagai berikut :

$$\text{Tekanan mutlak} = \text{tekanan lebih} + \text{tekanan atmosfer} \quad (2.3)^{21}$$

Hubungan ini digambarkan pada gambar 2.7. Dalam penulisan satu tekanan biasanya perlu ditambahkan keterangan apakah harga yang dimaksud merupakan tekanan mutlak atau tekanan absolut. Jika yang dimaksud adalah tekanan lebih, maka penulisan satuannya dapat dilakukan misalnya sebagai berikut :  $\text{kgf/cm}^2$  (g) atau Pa (g), di mana g merupakan singkatan dari gage. Jika yang dimaksud adalah tekanan mutlak, dapat ditulis sebagai:  $\text{kgf/cm}^2$  (abs) atau Pa (abs) di mana abs merupakan singkatan dari absolut atau mutlak<sup>22</sup>.

### 2.3.3. Tabel Konversi Tekanan

Tekanan dapat dinyatakan dalam berbagai satuan. Dalam praktek sering kali diperlukan untuk mengubah harga tekanan dalam suatu satuan menjadi harga dalam satuan lainnya. Untuk memudahkan perhitungan dapat dipergunakan tabel 2.1 yang memberikan faktor-faktor konversi berbagai satuan tekanan<sup>23</sup>.

---

<sup>21</sup> *Ibid.*

<sup>22</sup> *Ibid.*

<sup>23</sup> *Ibid.*

Tabel 2.1 Daftar Konversi Energi<sup>24</sup>

	Pa	bar	kgf/cm	atm	mmH <sub>2</sub> O	mmHg (Torr)
Tekanan	1	1 x 10 <sup>-5</sup>	1,019 72 x 10 <sup>-5</sup>	9,869 23 x 10 <sup>-6</sup>	1,019 72 x 10 <sup>-1</sup>	7,500 62 x 10 <sup>-3</sup>
	1 x 10 <sup>5</sup>	1	1,019 72	9,869 23 x 10 <sup>-1</sup>	1,019 72 x 10 <sup>4</sup>	7,500 62 x 10 <sup>2</sup>
	9,806 65 x 10 <sup>4</sup>	9,806 65 x 10 <sup>-1</sup>	1	9,678 41 x 10 <sup>-1</sup>	1,000 0 x 10 <sup>4</sup>	7,355 59 x 10 <sup>2</sup>
	1,013 25 x 10 <sup>5</sup>	1,013 25	1,033 23	1	1,033 23 x 10 <sup>4</sup>	7,600 00 x 10 <sup>2</sup>
	9,806 65	9806 65 x 10 <sup>-5</sup>	1,000 0 x 10 <sup>-4</sup>	9,678 41 x 10 <sup>-5</sup>	1	7,355 59 x 10 <sup>-2</sup>
	1,33 22 x 10 <sup>5</sup>	1,33 22 x 10 <sup>-3</sup>	1,359 51 x 10 <sup>-3</sup>	1,315 79 x 10 <sup>-3</sup>	1,359 51 x 10	1

#### 2.4. Daya Kerja Motor

Daya kerja motor atau prestasi kerja motor adalah gerakan/putaran mesin yang menghasilkan kerja per satuan waktu. Daya yang dihasilkan motor dapat dibedakan menjadi dua, yaitu : daya indikator dan daya efektif. Daya indikator merupakan daya motor secara teoritis, yang belum dipengaruhi oleh kerugian gesekan mekanik yang terjadi di dalam mesin. Sedangkan daya usaha atau daya efektif ialah daya yang berguna sebagai penggerak atau daya poros. Untuk daya indikator disebabkan oleh tekanan gas di dalam silinder motor selama proses pembakaran yang besarnya berubah-ubah. Tekanan gas yang diambil dari harga maksimal dan minimal adalah tekanan rata-rata<sup>25</sup>. Gaya yang mendorong piston adalah besarnya tekanan rata-rata dikalikan dengan luas penampang piston, yang dinyatakan :

$$F = A \cdot Pr \quad (2.4)^{26}$$

di mana, F = gaya yang mendorong piston (N)

A = luas penampang piston (cm<sup>2</sup>)

<sup>24</sup> *Ibid.*

<sup>25</sup> *loc. cit.*, h. 32-33.

<sup>26</sup> *Ibid.*

$P_r$  = tekanan rata-rata ( $N/cm^2$ )

Usaha kerja yang terjadi pada piston yang bergerak dari TMA sampai TMB, dinyatakan :

$$W = F \cdot L \quad (2.5)^{27}$$

Di mana,  $W$  = usaha kerja piston ( $N/cm$ )

$F$  = gaya yang mendorong piston ( $N$ )

$L$  = panjang langkah piston ( $cm$ )

Sedangkan tenaga yang dihasilkan oleh suatu motor adalah usaha kerja per waktu, dinyatakan :

$$E = W / t \quad (2.6)^{28}$$

Di mana,  $E$  = tenaga (energi)

$W$  = usaha kerja ( $N/cm$ )

$t$  = waktu (detik)

## 2.5. Torsi

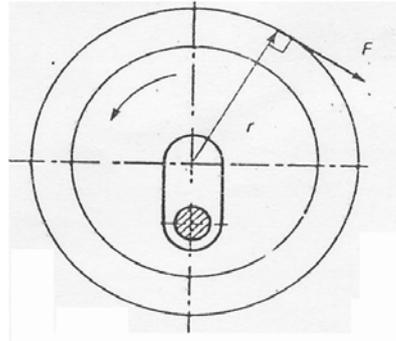
Torsi adalah gaya untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu. Torsi dihasilkan dengan mengalikan gaya ( $F$ ) dengan jarak ( $r$ ). Pada suatu motor gerakan torak yang naik turun akan diubah menjadi gerak putar oleh poros engkol. Gerakan putar pada poros engkol akan membentuk suatu lintasan yang berbentuk lingkaran. Gaya putar pada poros engkol inilah yang disebut momen putar (torsi) pada motor. Besarnya nilai torsi pada motor akan tergantung pada besarnya daya ( $P$ ) yang dihasilkan oleh motor tersebut. Hubungan antara daya dan torsi akan ditunjukkan sebagai berikut :

---

<sup>27</sup> *Ibid.*

<sup>28</sup> *Ibid.*

Misalkan suatu gaya  $F$  Newton bekerja pada tuas sepanjang  $r$  meter yang diikatkan pada ujung poros engkol misalkan pada roda penerus<sup>29</sup>.



Gambar 2.10 Momen Putar Adalah Gaya Kali Jarak ( $M=F.r$ )<sup>30</sup>

Dianggap gaya  $F$  berdiri tegak lurus pada tuas dan bekerja berlawanan dengan arah putaran motor. Maksudnya untuk menentukan besarnya gaya  $F$  yang diperlukan untuk mengatasi kerja motor yang arahnya berlawanan arah.

Bila gaya  $F$  berputar sekali mengelilingi lingkaran, maka  $F$  telah melakukan lintasan sejauh keliling lingkaran, yaitu:

$$S = 2\pi.r \quad (2.7)^{31}$$

Di mana,  $S$  = keliling lingkaran dalam meter

$r$  = jari-jari lingkaran dalam meter

Besarnya kerja ( $W$ ) menjadi:

$$W = F.2.\pi.r(\text{Nm}) \quad (2.8)^{32}$$

Dalam hal ini:  $W$  = kerja dalam Nm

$F$  = gaya dalam Newton

<sup>29</sup> BPM, Arends, *Motor Bensin*, (Jakarta: Erlangga, 1997), hlm. 21.

<sup>30</sup> *Ibid.*.

<sup>31</sup> *Ibid.*.

<sup>32</sup> *Ibid.*.

$r$  = jari-jari dalam meter

Bila motor mempunyai putaran perdetik, maka kerja tiap detik atau sering disebut daya ( $P$ ) adalah:

$$P = F \cdot 2\pi \cdot r \cdot n \text{ (Nm/s atau Watt)} \quad (2.9)^{33}$$

Karena  $F \cdot r$  membentuk momen putar atau torsi ( $T$ ), maka rumusnya menjadi :

$$P = 2 \pi n T \text{ (Nm/s atau Watt)} \quad (2.10)^{34}$$

Dalam hal ini:  $P$  = daya dalam Watt

$n$  = putaran per detik

$T$  = torsi dalam Nm

Bila yang diminta besarnya momen putar atau torsi, maka dipakai rumus:

$$T = \frac{P}{2\pi \cdot n} \text{ (Nm)} \quad (2.11)^{35}$$

Putaran mesin biasanya dalam satuan RPM (putaran per menit). Maka untuk mencari torsi dibagi 60 agar menjadi putaran dalam detik, sehingga rumusnya menjadi :

$$T = \frac{P}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} \text{ atau } T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} \quad (2.12)^{36}$$

Berdasarkan rumus di atas dapat diketahui besarnya torsi bila telah diketahui besarnya daya ( $P$ ) dan putaran mesin ( $n$ ) yang dihasilkan motor tersebut.

---

<sup>33</sup> *Ibid*, hlm. 22.

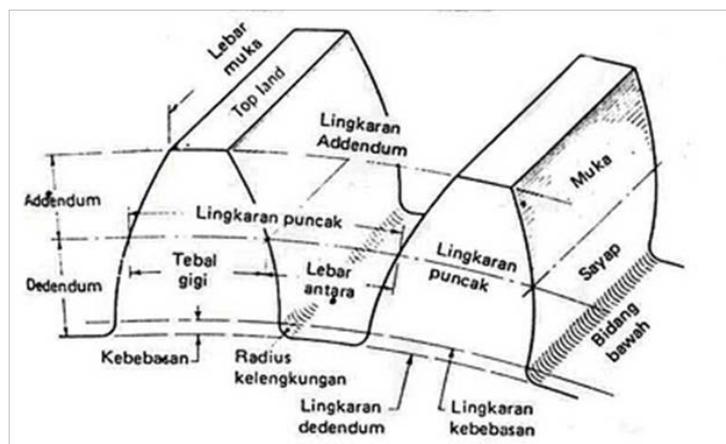
<sup>34</sup> *Ibid*.

<sup>35</sup> *Ibid*.

<sup>36</sup> *Ibid*.

## 2.6. Roda Gigi

Roda gigi adalah pemindahan gerakan putar dari satu poros ke poros lain yang terjadi hampir di semua mesin. Roda gigi merupakan salah satu yang terbaik di antara berbagai sarana yang ada untuk memindahkan gerakan. Roda gigi lurus (spur gear) dipakai untuk memindahkan gerakan putar antara poros-poros yang sejajar, yang biasanya berbentuk silindris, dan gigi-giginya adalah lurus dan sejajar dengan sumbu putaran. Terminologi dari gigi roda gigi digambarkan pada gambar 2.11. Lingkaran puncak (*pitch circle*) adalah suatu lingkaran teoritis terhadap mana semua perhitungan biasanya didasarkan. Lingkaran puncak dari sepasang roda gigi yang berpasangan adalah saling bersinggungan satu terhadap yang lain. *Pinion* adalah roda gigi yang terkecil di antara dua roda gigi yang berpasangan. Yang lebih besar sering disebut roda gigi (*gear*)<sup>37</sup>.



Gambar 2.11 Tata Nama Gigi Roda Gigi<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Gandhi Harahap, *Perencanaan Teknik Mesin*, (Jakarta: Erlangga, 1984), Edisi Keempat, Jilid 2, hlm. 137-138.

<sup>38</sup> *Ibid*, hal. 137.

Jarak lengkung puncak (*circular pitch*) “p” adalah jarak, diukur pada lingkaran puncak, dari satu titik pada sebuah gigi ke suatu titik yang berkaitan pada gigi di sebelahnya. Jadi jarak lengkung puncak adalah sama dengan jumlah tebal gigi (*tooth-thickness*) dan lebar antara (*width of space*). Modul (*module*) “m” adalah perbandingan antara diameter puncak dengan jumlah gigi. Satuan panjang yang biasa dipakai adalah millimeter. Modul adalah indeks dari ukuran gigi pada standar satuan SI. Puncak diametral (*diametral pitch*) “P” adalah perbandingan antara jumlah gigi pada roda gigi dengan diameter puncak. Jadi, ini adalah kebalikan dari modul. Karena puncak diametral hanya dipakai dalam satuan inggris, ini dinyatakan dalam jumlah gigi per inci.

Addendum a adalah jarak radial antara bidang atas (*top land*) dengan lingkaran puncak. Dedendum b adalah jarak radial dari bidang bawah (*bottom land*) ke lingkaran puncak. Tinggi keseluruhan (*whole depth*)  $h_t$  adalah jumlah addendum dan dedendum. Lingkaran kebebasan (*clearance circle*) adalah lingkaran yang bersinggungan dengan lingkaran addendum dari pasangan roda gigi tersebut. Kebebasan (*clearance*) “c” adalah besaran yang disediakan dedendum bagi addendum dari roda gigi pasangannya. Kibasan punggung (*back-lash*) adalah besaran yang diberikan oleh lebar antara dari satu roda gigi kepada tebal gigi dari roda gigi pasangannya diukur pada lingkaran puncak<sup>39</sup>.

$$P = N / d \quad (2.13)^{40}$$

di mana : P = Puncak diametral, gigi per inci

---

<sup>39</sup> *Ibid*, hal. 138.

<sup>40</sup> *Ibid*.

$N$  = Jumlah gigi

$d$  = Diameter puncak

$$m = d / N \quad (2.14)^{41}$$

di mana :  $m$  = modul (mm)

$d$  = diameter puncak (mm)

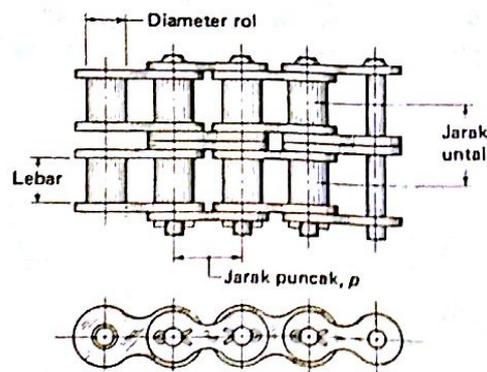
$$p = \pi d / N = \pi m \quad (2.15)^{42}$$

di mana :  $p$  = jarak lengkung puncak

$$pP = \pi \quad (2.16)^{43}$$

## 2.7. Rantai Rol

Ciri-ciri dasar dari penggerak rantai antara lain perbandingan yang konstan, karena tidak terjadi slip atau maju pelan-pelan (*creep*), umur yang panjang dan kemampuannya untuk menggerakkan sejumlah poros dari suatu sumber daya tunggal. Rantai rol telah distandarisasikan ukurannya oleh ANSI. Gambar 2.12 menunjukkan tata namanya<sup>44</sup>.



Gambar 2.12 Bagian Dari Rantai Rol Beruntai Ganda<sup>45</sup>

<sup>41</sup> *Ibid.*

<sup>42</sup> *Ibid.*

<sup>43</sup> *Ibid.*

<sup>44</sup> *Ibid.*, hal. 348.

<sup>45</sup> *Ibid.*

Jarak puncak (*pitch*) adalah jarak lurus antara pusat-pusat rol. Lebarnya adalah ruang antara pelat penghubung sebelah dalam. Rantai-rantai ini dibuat dalam satu, dua, tiga dan empat untai. Ukuran dari rantai standar terdaftar dalam Tabel 2.2.

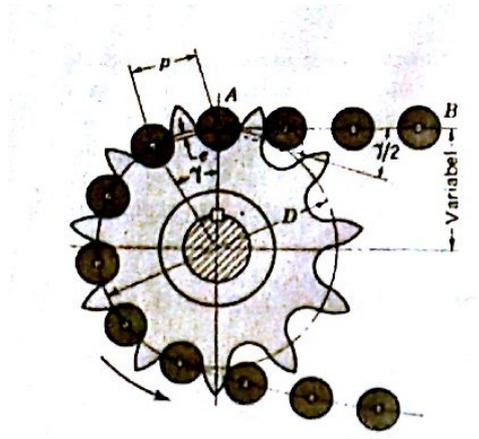
Tabel 2.2 Ukuran Rantai Rol Berantai Tunggal Menurut Standar Amerika<sup>46</sup>

Nomor rantai ANSI	Jarak puncak in (mm)	Lebar in (mm)	Kekuatan tarik min. lb (N)	Berat Rata-rata lb/ft (N/m)	Dia-meter rol in (mm)	Jarak untai banyak in (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	... ...
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Pada gambar 2.13 tampak sebuah roda gigi yang menggerakkan rantai pada arah yang berlawanan dengan putaran jarum jam. Dengan

<sup>46</sup> *Ibid*, hal. 349.

menyatakan pucak rantai dengan  $p$ , sudut puncak dengan  $\gamma$ , dan diameter puncak dari jentera dengan  $D$ <sup>47</sup>.



Gambar 2.13 Pengikatan Rantai dan Roda Gigi<sup>48</sup>

Dari gambar 2.11 kita melihat

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{p/2}{D/2} \text{ atau } D = \frac{p}{\sin(\frac{\gamma}{2})} \quad (2.17)^{49}$$

Karena  $\gamma = 360/N$ , dimana  $N$  adalah jumlah gigi dari jentera, Persamaan

(a) dapat ditulis

$$D = \frac{p}{\sin(\frac{180}{N})} \quad (2.18)^{50}$$

## 2.8. Rem Cakeram

Rem cakeram terdiri atas sebuah cakram dari baja yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman (Gambar 2.14). Rem ini mempunyai sifat-sifat yang baik seperti mudah dikendalikan, pengereman yang stabil, radiasi panas yang baik, dll., sehingga sangat banyak dipakai untuk roda depan. Adapun kelemahannya

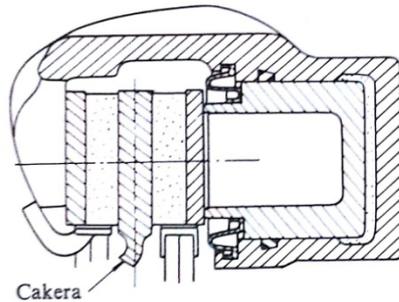
<sup>47</sup> *Ibid*, hal. 349-350.

<sup>48</sup> *Ibid*, hal. 350.

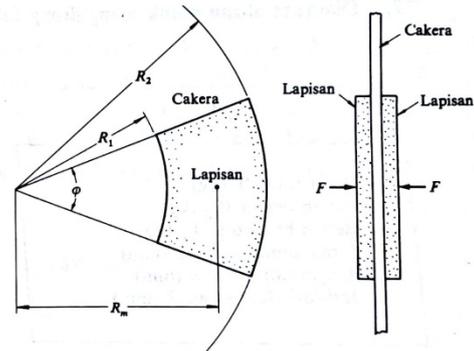
<sup>49</sup> *Ibid*.

<sup>50</sup> *Ibid*.

adalah umur lapisan yang pendek, serta ukuran silinder rem yang besar pada roda. Jika lambang-lambang seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.15 dipakai, maka momen rem  $T_1$  (kg.mm) dari satu sisi cakera adalah<sup>51</sup>



Gambar 2.14 Rem Cakera



Gambar 2.15 Notasi Untuk Cakera

$$T_1 = \mu FK_1 R_m$$

$$(2.19)^{52}$$

di mana  $\mu$  adalah koefisien gesek lapisan,  $F$  (kg) adalah hasil perkalian antara luas piston atau silinder roda  $A_w$  (cm<sup>2</sup>) dan tekanan minyak  $p_w$  (kg/cm<sup>2</sup>), sedangkan  $K_1$  dan  $R_m$  dihitung dari rumus berikut :

$$K_1 = \frac{2\phi}{3 \sin(\frac{\phi}{2})} \left[ 1 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right] \quad (2.20)^{53}$$

$$R_m = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (2.21)^{54}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk membuat keausan lapisan yang seragam baik di dekat poros maupun di luar, dengan jalan mengusahakan tekanan kontak yang merata. Jika  $R_2 = 1,5 R_1$ , maka

<sup>51</sup> Ir. Sularso – Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, (Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1991), Cetakan Ketujuh, hlm. 90.

<sup>52</sup> *Ibid.*, hal. 91.

<sup>53</sup> *Ibid.*

<sup>54</sup> *Ibid.*

$$K_1 = 1,021 \text{ untuk } \theta = 25^\circ$$

$$K_2 = 1,04 \text{ untuk } \theta = 45^\circ$$

Satu cakram ditekan oleh gaya  $P$  (kg) x 2 dari kedua sisinya. Jika pusat tekanan ada di  $K_1 R_m = r$ , maka faktor efektivitas rem (FER) adalah

$$(\text{FER}) = 2T/Pr = 2\mu \quad (2.22)^{55}$$

Dalam hal otomobil, karena satu gandar mempunyai 2 roda dengan jari-jari  $R$ , gaya rem pada diameter luar roda adalah

$$B_d = 2(\text{FER}).p_w. A_w.r/R \quad (2.23)^{56}$$

Tabel 2.3 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem<sup>57</sup>

Bahan drum	Bahan gesek	Koefisien gesek $\mu$	Tekanan permukaan $p_a$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
Besi cor, baja cor, besi cor khusus	Besi cor	0,10 – 0,20	0,09 – 0,17	Kering
		0,08 – 0,12		Dilumasi
	Perunggu	0,10 – 0,20	0,05 – 0,08	Kering - dilumasi
	Kayu	0,10 – 0,35	0,02 – 0,03	Dilumasi
	Tenunan	0,35 – 0,60	0,007 – 0,07	Kapas, asbes
	Cetakan (pasta)	0,30 – 0,60	0,003 – 0,18	Dammar, asbes, setengah logam
	Paduan sinter	0,20 – 0,50	0,003 – 0,10	Logam

## 2.9. Prony Brake

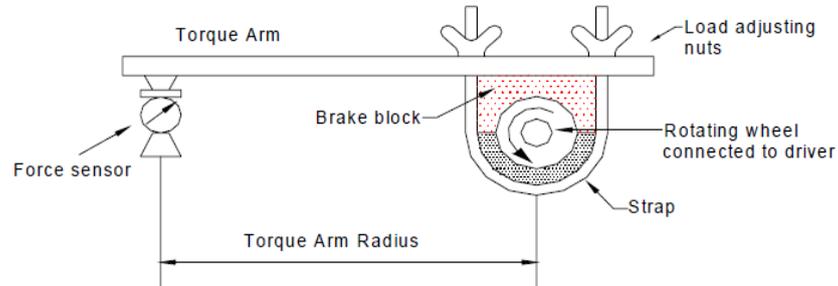
*Prony brake* merupakan suatu alat uji torsi dan daya, dimana prinsip kerjanya adalah dengan melawan torsi yang dihasilkan dengan suatu gaya pengereman. Besarnya gaya pengereman diukur dengan menambahkan suatu lengan ayun, kemudian gaya pada ujung lengan ayun

<sup>55</sup> *Ibid.*

<sup>56</sup> *Ibid.*

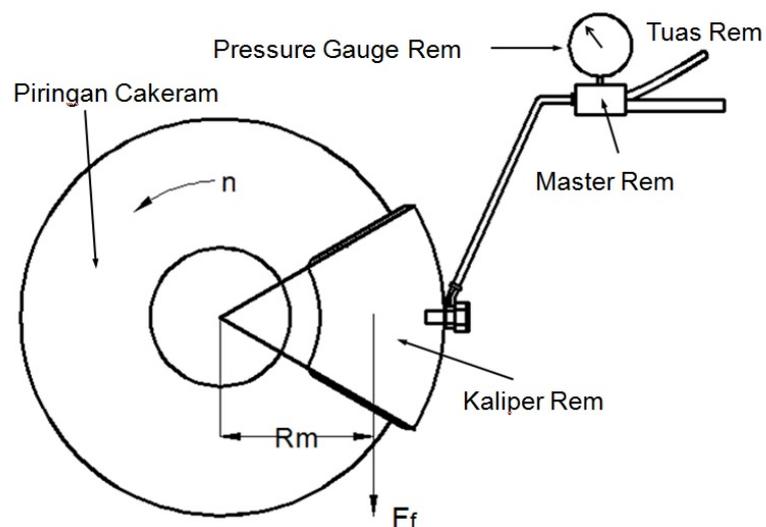
<sup>57</sup> *Ibid*, hlm. 80.

diukur dengan timbangan. Besarnya torsi didapat dari mengalikan gaya pengereman dengan panjang lengan ayun.



Gambar 2.16 *Prony Brake* Lengan Ayun

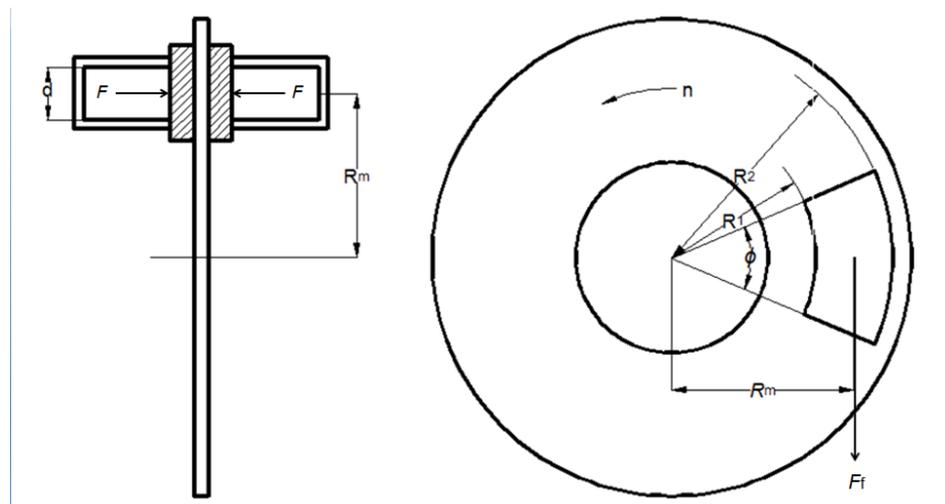
Namun pada penelitian ini *prony brake* yang digunakan berbeda, dengan menggunakan satu set sistem pengereman cakram yang dihubungkan ke poros *crankshaft* untuk memberikan beban. Karena pada *prony brake* biasanya mengukur besarnya beban gaya pengereman menggunakan lengan ayun yang dihubungkan ke *rotating wheel* dan timbangan (Gambar 2.16), namun pada *prony brake* yang digunakan pada penelitian ini beban diatur dengan menggunakan tuas rem dan besar beban yang diberikan dapat dilihat pada *pressure gauge* (Gambar 2.17).



Gambar 2.17 *Prony Brake* Rem Cakram

Di mana gaya pengereman diukur menggunakan,  $F$  (N) adalah gaya yang mendorong piston yang didapat dari hasil perkalian  $P$  (N/m) tekanan yang diberikan ke piston dan  $A$  (m) luas penampang piston.

$$F = P.A \quad (2.24)$$



Gambar 2.18 Notasi *Prony Brake* Rem Cakram

Perhitungan ini dilakukan untuk menghitung besarnya torsi dan daya mesin yang diambil dari gaya pengereman.

$$T = \mu F.K.Rm \quad (2.25)$$

Di mana,  $T$  = Torsi (Nm)

$\mu F$  = Koefisien gesek dari gaya pengereman  $F_f$

$K$  = Keausan lapisan (lihat persamaan 2.20)

$Rm$  = Panjang lengan dari pusat piringan cakram sampai pusat piston

$$P = \frac{T.2\pi.n}{1000} \quad (2.26)$$

Di mana,  $\pi$  = 3,14

$n$  = Putaran mesin (RPS)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian

1. Pengujian daya mesin : Sepeda Motor Honda Astrea Grand 100 cc
2. Laboratium otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dimulai dari bulan Agustus hingga bulan Oktober 2014

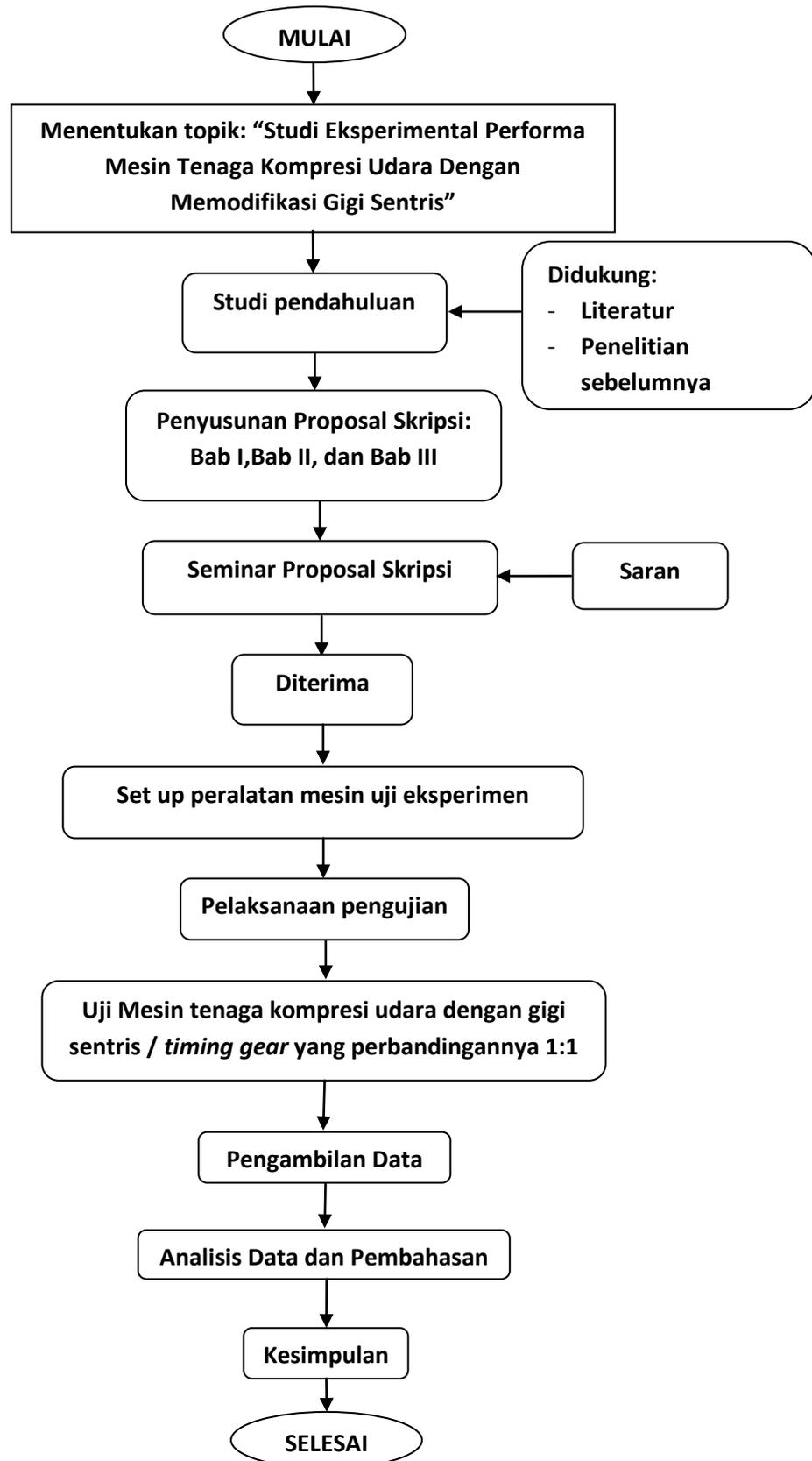
Tabel 3.1 Rencana kegiatan

No	Kegiatan	Bulan		
		Agustus	September	Oktober
<b>I</b>	<b>Tahapan Persiapan</b>			
1	Mempersiapkan Bahan Penelitian	■		
2	Membuat Instalasi Penelitian	■		
3	Pengujian Instalasi Penelitian	■		
<b>II</b>	<b>Tahapan Pelaksanaan Penelitian</b>			
	Eksperimen Performa Mesin Tenaga Kompresi Udara dengan Memodifikasi Gigi Sentris.		■	
<b>III</b>	<b>Tahapan Pengolahan Hasil Penelitian</b>			
	Pengolahan Data Hasil Penelitian		■	
<b>IV</b>	<b>Tahapan Penyusunan Laporan Akhir Hasil Penelitian</b>			
	Penyusunan Laporan Akhir			■

### 3.2 Metodo Penelitian

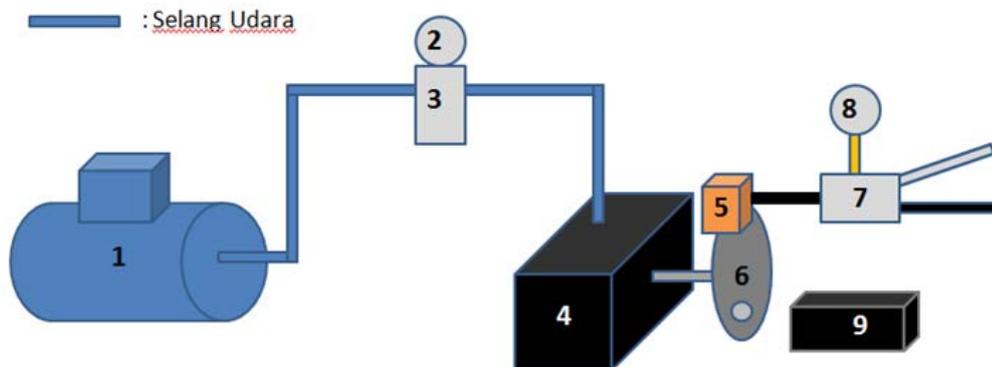
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rangkaian urutan kegiatan sebagai berikut :

1. Menentukan subjek penelitian
2. Studi literatur
3. Mengubah perbandingan gigi sentries / *timing gear*
4. Instalasi mesin uji
5. Eksperimen pengujian
6. Mengumpulkan dan mengolah data-data yang diperoleh dari penelitian serta mengevaluasinya
7. Mempresentasikan hasil penelitian dalam bentuk grafik-grafik dan kemudian melakukan analisis



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

### 3.3 Set Up Peralatan Mesin Uji



Gambar 3.2 Set up Peralatan Mesin Uji

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Kompresor                   | 6. Piringan cakram           |
| 2. <i>Pressure gauge</i> udara | 7. Master rem                |
| 3. Saringan air                | 8. <i>Pressure gauge</i> rem |
| 4. Mesin kompresi udara        | 9. <i>Tachometer</i>         |
| 5. Kaliper rem                 |                              |

### 3.4 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu satu unit mesin sepeda motor yang dimodifikasi dan udara dari kompresor yang berada di laboratorium jurusan otomotif. Peralatan yang digunakan terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain :

1. Mesin Honda Grand tahun 1997 yang dimodifikasi dari sistem empat langkah menjadi dua langkah, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tipe mesin	: Mesin silinder tunggal
Diameter x langkah	: 50,5 mm x 50 mm
Daya maksimum	: 4 Hp

2. Kompresor udara, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Puma PK50 – 160 Air Compressor

Tekanan air maksimum :  $8 \text{ kg/cm}^2$

Debit maksimum : 751 Lpm

Motor Listrik : 5,5 hp (1440 rpm)

V / Hz / PH : 220 / 50 / 3

3. Satu set sistem pengereman motor Satria sebagai alat ukur atau beban untuk mesin (*Prony Brake*).

4. *Pressure gauge* merek Warm sebagai alat pengukur tekanan pada sistem pengereman dan tekanan udara yang ada di dalam kompresor, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

*Size* :  $2 \frac{1}{2}$  *Inch Bottom*

*Range* :  $0 - 6 \text{ kg / cm}^2 / \text{psi}$

*Connection* :  $\frac{1}{4}$ " NPT

5. *Tachometer* merek SMART SENSOR Sebagai alat ukur putaran mesin, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Digital Tachometer AR 926

*LCD Display* : 5 *digits*, *LCD display*

*Accuracy* :  $\pm (0.05\%+1d)$

*Sampling time* : 0.8 sec. (*over 60 rpm*)

*Test range select* : *Automatic range*

*Detecting distance* : 50 mm – 500 mm

*Size* : 150 x 56 x 31 mm

*Measurement range* : 2.5 – 99999 Rpm

<i>Resolution</i>	: 0.1 Rpm ( 2.5 – 999.9 Rpm ) 1 Rpm ( <i>above</i> 1000 Rpm )
<i>Power supply</i>	: 3 x 1.5 V AAA <i>battery</i>
<i>Power consumption</i>	: <i>About</i> 50 mA

### 3.5 Prosedur Penelitian

Peneliti membuat skema seksi uji yang merupakan rancangan alat yang akan digunakan untuk penelitian. Sebelum percobaan, mesin motor empat langkah mengalami beberapa modifikasi terutama pada gigi sentris / *timing gear* yang awalnya 2 : 1 menjadi 1 : 1 agar sistem empat langkah pada motor berubah menjadi dua langkah, karena pada percobaan ini hanya membutuhkan langkah udara masuk untuk mendorong piston bergerak kebawah dan langkah udara buang.

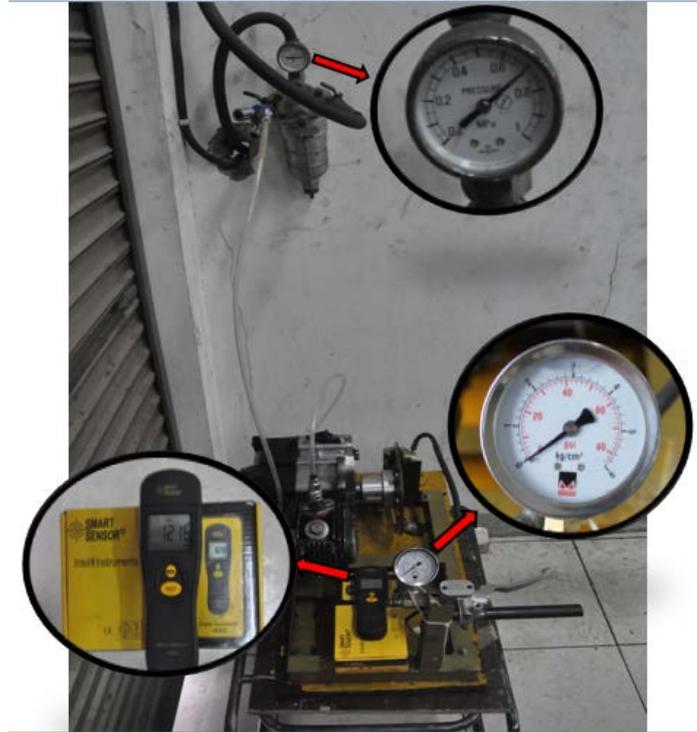
Untuk menyesuaikan udara masuk dan udara buang maka mekanisme buka tutup derajat katup pun disesuaikan untuk mesin motor tenaga kompresi udara dengan memodifikasi bentuk noken as / *camshaft*. Penyesuaian panjang rantai gigi sentris pun disesuaikan agar tenaga yang dihasilkan lebih maksimal.

Bagian saluran masuk / *intake manifold* pun mengalami perubahan bentuk yang disesuaikan untuk masuknya udara dari kompresor menuju mesin tenaga kompresi udara.

Untuk memeriksa bahwa peralatan bekerja dengan benar dan tidak ada terjadinya kebocoran udara maka mesin uji dijalankan dengan memasukan udara dari kompresor. Periksa apakah terdapat kebocoran atau tidak. Jika tidak, penelitian dapat dilanjutkan.

Pengambilan data pada percobaan ini guna mengetahui tekanan udara masuk, tekanan rem atau beban pada *prony brake*, putaran mesin, torsi mesin dan daya mesin. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan udara bertekanan dari kompresor menuju mesin tenaga kompresi udara dengan variasi tekanan udara masuk dan variasi tekanan rem atau beban pada *prony brake* sehingga menghasilkan pengukuran putaran mesin. Sebelum udara mengalir menuju mesin uji, udara harus melewati saringan air / *water filter* agar udara yang menuju mesin uji benar – benar udara murni. Tekanan udara yang dialirkan ke mesin tenaga kompresi udara berkisar antara tekanan 3 bar – 8 bar dengan perubahan tekanan udara 1 bar. Pengukur tekanan udara menggunakan *pressure gauge* dengan merk Warm.

Setelah mesin berkerja dengan kondisi stabil dan sesuai pada tekanan udara yang diinginkan maka pada *prony brake* diberikan tekanan sebagai beban pada putaran mesin, yang bebannya diatur dengan menggunakan tuas rem, agar dapat mengetahui beban yang diberikan kepada piringan cakram yang terhubung pada poros *crankshaft*, maka pada master rem diberikan instrumen pengukur yaitu *pressure gauge*. Beban yang diberikan pada *prony brake* yaitu berkisar antara 0,4 bar – 2 bar dengan perubahan tekanan rem 0,2 bar. Beban pada *prony brake* ini guna mengetahui putaran mesin pada setiap masing – masing tekanan rem atau beban dan tekanan udara masuk, sedangkan pengukuran putaran mesin menggunakan *tachometer non contact* yang sensornya diletakan pada poros *crankshaft* yang terhubung pada *prony brake*,



Gambar 3.3 Alat - alat Ukur yang Digunakan dalam Proses Pengambilan Data

Sehingga data yang dihasilkan dapat dimasukkan sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 3.2 Tabel Hubungan Antara Tekanan Rem dan Tekanan Udara yang Menghasilkan Putaran Mesin.

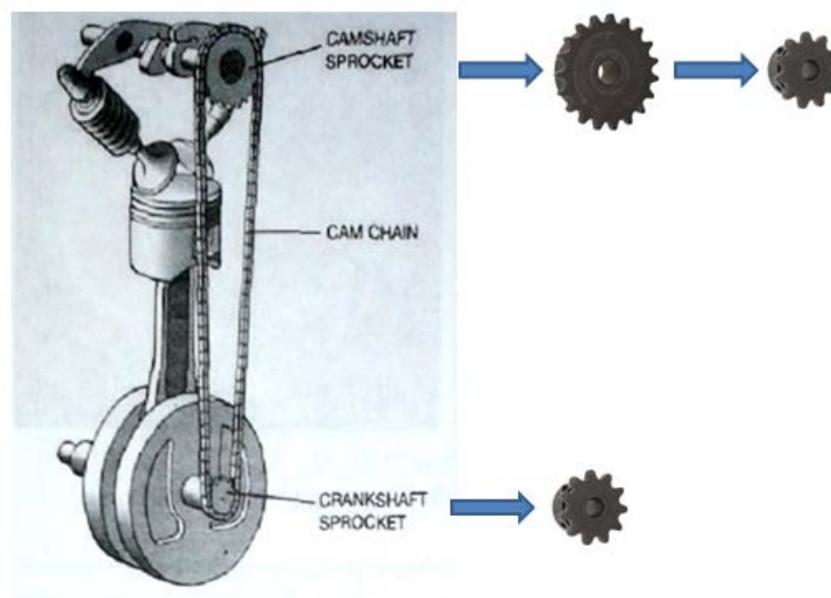
Tekanan Rem (Bar)	Tekanan Udara (Bar)					
	8	7	6	5	4	3
0.4						
0.6						
0.8						
1						
1.2						
1.4						
1.6						
1.8						
2						

Variabel yang diukur dalam penelitian ini antara lain :

1. Tekanan udara pada kompresor yang diukur dengan *pressure gauge*.
2. Beban atau tekanan rem menggunakan *prony brake* yang diukur dengan *pressure gauge*.
3. Putaran mesin yang diukur menggunakan *tachometer*.
4. Torsi dan daya mesin kompresi udara diukur menggunakan rumus persamaan.

### 3.6 Rancangan Penelitian

#### 3.6.1 Prosedur penggantian gigi sentris / *timing gear*



Gambar 3.4 Penggantian Gigi Sentris dengan Perbandingan 1 : 1 Pada  
*Gear Camshaft dan Crankshaft*

Sebelum melakukan pengujian pada mesin tenaga kompresi udara, perlu diketahui pada mesin tenaga kompresi udara perlu menggunakan sistem dua langkah sehingga pada mesin motor standar harus ada

modifikasi pada gigi sentris / *timing gear* yang berada di *cam shaft*. Perbandingan gigi sentris / *timing gear* pada *cam shaft* dan *crank shaft* adalah 2 : 1 pada mesin standar, maka pada penelitian ini perbandingan gigi sentris / *timing gear* pada *cam shaft* dan *crank shaft* diubah menjadi 1 : 1 agar mesin menjadi sistem dua langkah.

Prosedur penggantian gigi sentris / *timing gear* :

1. Buka bagian tutup gigi sentris / *timing gear* dibagian kepala silinder.
2. Lepaskan dua buah baut pada gigi sentris / *timing gear* pada *cam shaft*.
3. Angkat perlahan gigi sentris / *timing gear*.
4. Kemudian pasang gigi sentris / *timing gear* yang sudah dimodifikasi pada *cam shaft*.

### 3.6.2 Perubahan yang Dilakukan Pada Mesin Uji

#### 1. Merubah Derajat Buka Tutup Katup

Tahap pertama yang dilakukan adalah menuntukan konsep dasar pada derajat noken as / *camshaft* untuk mesin kompresi udara dimana hanya ada waktu masuknya dan buangnya udara bertekanan. Karena pada noken as standar pada mesin ini menggunakan sistem empat langkah. Sehingga derajat pada noken as pun dirubah untuk menyesuaikan sistem pada mesin tenaga kompresi udara.



Gambar 3.5 ( A ) Noken as / *Camshaft* Standar ( B ) Noken as / *Camshaft* yang Sudah Diubah

## 2. Pembuatan Kedudukan Gigi Sentris Baru

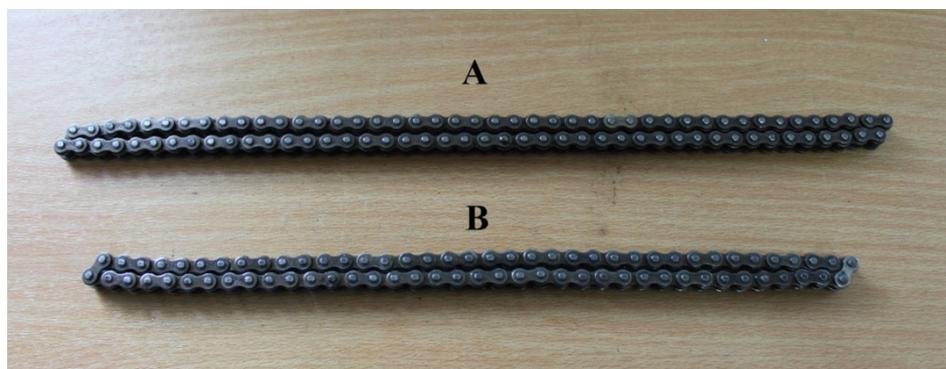
Karena menggunakan gigi sentris pada *crank shaft*, maka pada noken as / *cam shaft* perlu penyesuaian kedudukan gigi sentris tersebut.



Gambar 3.6 ( A ) Posisi Pemasangan Gigi Sentris Standar ( B ) Posisi Pemasangan Gigi Sentris Baru Pada *Camshaft*

## 3. Pemotongan Rantai Gigi Sentris

Pemotongan rantai gigi sentris dilakukan agar rantai tidak kepanjangan dan saat mesin bergerak tenaga yang disalurkan lebih maksimal.



Gambar 3.7 ( A ) Panjang Rantai Keteng yang Masih Standar ( B ) Panjang Rantai Keteng yang Sudah Dipotong

#### 4. Merubah Bentuk Piston

Merubah bentuk piston seperti memapas bagian bawah piston agar gerak piston pada ruang silinder menjadi lebih ringan dan tenaga yang dihasilkan lebih optimal.



( A )



( B )

Gambar 3.8 ( A ) Bentuk Piston Standar ( B ) Bentuk Piston yang Sudah Diubah

#### 5. Merubah bentuk Saluran Masuk / *Inteke Manifold*

Karena pada mesin tenaga kompresi udara ini menggunakan tekanan udara maka bentuk *intake manifold* pun diubah untuk menyesuaikan saluran masuk udara bertekanan.



( A )

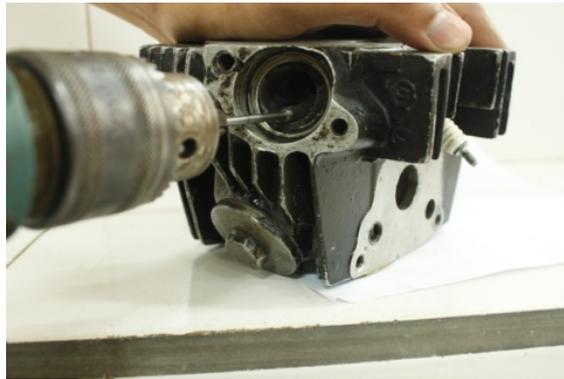


( B )

Gambar 3.9 ( A ) Bentuk *Intake Manifold* Standar ( B ) Bentuk *Intake Manifold* Modifikasi

## 6. Memperbesar Saluran Buang

Pada tahap ini saluran / lubang buang pada kepala silinder diperbesar agar udara yang dibuang lebih lancar dan memperkecil hambatan.



Gambar 3.10 Proses Pembesaran Saluran Buang

## 3.7 Pelaksanaan Pengujian

### 3.7.1 Prosedur pengukuran tekanan udara di dalam kompresor

Sebelum melakukan pengujian pada mesin tenaga kompresi udara, perlu diketahui tekanan udara pada kompresor. Karena tekanan udara adalah faktor utama pada penelitian ini. Untuk mengetahui tekanan udara di dalam kompresor maka digunakan alat ukur *pressure gauge*.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Pasang sistem aliran udara pada kompresor ke mesin tenaga kompresi udara dengan benar
2. Nyalakan mesin kompresor hingga tekanan udara tertinggi.
3. Atur posisi *pressure gauge* atau barometer pada kompresor
4. Masukkan data tekanan udara yang masuk pada tabel yang disiapkan.

Tabel 3.3 Tabel Tekanan Udara

Tekanan Rem (Bar)	Tekanan Udara (Bar)					
	8	7	6	5	4	3
0.4						
0.6						
0.8						
1						
1.2						
1.4						
1.6						
1.8						
2						

### 3.7.2 Prosedur pengukuran tekanan rem pada *pronybrake*

Pada pengujian performa mesin tenaga kompresi udara ini menggunakan alat bernama *Prony Brake* sebagai beban untuk mesin kompresi udara dalam mengukur performa mesinnya. Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tekanan rem dengan menggunakan *pressure gauge* yang di pasang pada master rem.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Hubungkan mesin tenaga kompresi udara dengan *prony brake*.
2. Mesin dihidupkan dengan memasukan tekanan udara dari kompresor ke dalam mesin tenaga kompresi udara.
3. Melakukan pemanasan mesin untuk mencapai kondisi operasional  $\pm$  5 menit.
4. Berikan beban pada *prony brake* yang diatur dengan menggunakan tuas rem sehingga mendapatkan beban yang bervariasi.
5. Setelah diberi beban ambil data masing – masing tekanan di tiap beban dengan menggunakan *pressure gauge*.

6. Masukkan data pada tabel yang disiapkan.

Tabel 3.4 Tabel Tekanan Rem

Tekanan Rem (Bar)	Tekanan Udara (Bar)					
	8	7	6	5	4	3
0.4						
0.6						
0.8						
1						
1.2						
1.4						
1.6						
1.8						
2						

### 3.7.3 Prosedur pengukuran putaran mesin kompresi udara

Pada pengujian performa mesin tenaga kompresi udara ini menggunakan alat bernama *Prony Brake* sebagai beban mesin tenaga kompresi udara untuk mengukur pada berbagai tingkat tekanan udara dan putaran mesin.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Hubungkan mesin tenaga kompresi udara dengan *prony brake*.
2. Mesin dihidupkan dengan memasukan tekanan udara dari kompresor ke dalam mesin tenaga kompresi udara.
3. Melakukan pemanasan mesin untuk mencapai kondisi operasional  $\pm$  5 menit.
4. Berikan beban pada *prony brake* yang diatur dengan menggunakan tuas rem sehingga mendapatkan beban yang bervariasi.
5. Setelah diberi beban ambil data putaran mesin kompresi udara dengan menggunakan *tachometer*.

6. Masukkan data pada tabel yang disiapkan.

Tabel 3.5 Tabel Pengukuran Putaran Mesin Kompresi Udara

Tekanan Rem (Bar)	Tekanan Udara (Bar)					
	8	7	6	5	4	3
0.4						
0.6						
0.8						
1						
1.2						
1.4						
1.6						
1.8						
2						

#### 3.7.4 Prosedur pengukuran torsi dan daya mesin

Pada percobaan ini proses pengukuran torsi dan daya mesin kompresi udara ini menggunakan rumus torsi dan daya. Setelah mendapatkan data tekanan udara, tekanan rem dan putaran mesin maka penghitungan torsi dan daya dapat dilakukan. Jika sudah didapat hasilnya maka perhitungan dapat dimasukkan ke dalam tabel torsi dan daya. Proses pengujian putaran mesin tenaga kompresi udara ini menggunakan alat *tachometer* untuk mengetahui berapa jumlah putaran mesin yang dapat dihasilkan pada tiap menitnya.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Ambilah data tekanan udara, tekanan rem dan putaran mesin pada saat percobaan.
2. Setelah data didapat maka hitunglah torsi mesin kompresi udara dengan menggunakan rumus.

3. Setelah perhitungan torsi didapat maka selanjutnya dapat menghitung daya mesin kompresi udara.
4. Setelah semua data didapat maka dapat dimasukkan data ke dalam tabel yang disiapkan.

Table 3.6 Pengukuran Torsi dan Daya Mesin Kompresi Udara

Tekanan Rem (Bar)	Torsi ( Nm )	Daya ( Kw )					
		Tekanan Udara (Bar)					
		8	7	6	5	4	3
0.4							
0.6							
0.8							
1							
1.2							
1.4							
1.6							
1.8							
2							

### 3.8 Teknik Analisis Data dan Pembahasan

Teknik analisis data yang digunakan adalah :

Setelah mendapatkan data dari berbagai variabel yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan analisis data. Secara eksperimental, torsi dan daya mesin yang dihasilkan oleh mesin uji dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = A \cdot P$$

Di mana,  $F$  : Gaya yang mendorong piston (N)

$A$  : Luas penampang piston kaliper rem (m)

$P$  : Tekanan rata-rata (N/m)

$$T = \mu F \cdot K \cdot Rm$$

Di mana,  $T$  : Torsi (Nm)

$\mu F$  : Koefisien gesek dari gaya pengereman  $F_f$  (N)

$K$  : Keausan lapisan (lihat persamaan 2.20)

$Rm$  : Panjang lengan dari pusat piringan cakram  
sampai pusat piston (m)

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{1000}$$

Di mana,  $n$  : Putaran mesin (RPS)

$T$  : Torsi (Nm)

Setelah didapat torsi dan daya mesin selanjutnya dibuat beberapa grafik dan menguji hipotesis dengan uji korelasi hubungan antara dua *variable* dengan menggunakan *software* SPSS untuk mengetahui apakah ada pengaruh yang signifikan atau tidak, diantaranya :

1. Pengaruh antara tekanan rem pada putaran mesin pada beberapa variasi tekanan udara masuk.
2. Pengaruh tekanan rem terhadap daya mesin pada variasi beberapa tekanan masuk.
3. Pengaruh putaran mesin terhadap daya mesin.
4. Pengaruh putaran mesin terhadap torsi mesin.
5. Pengaruh torsi terhadap daya mesin.

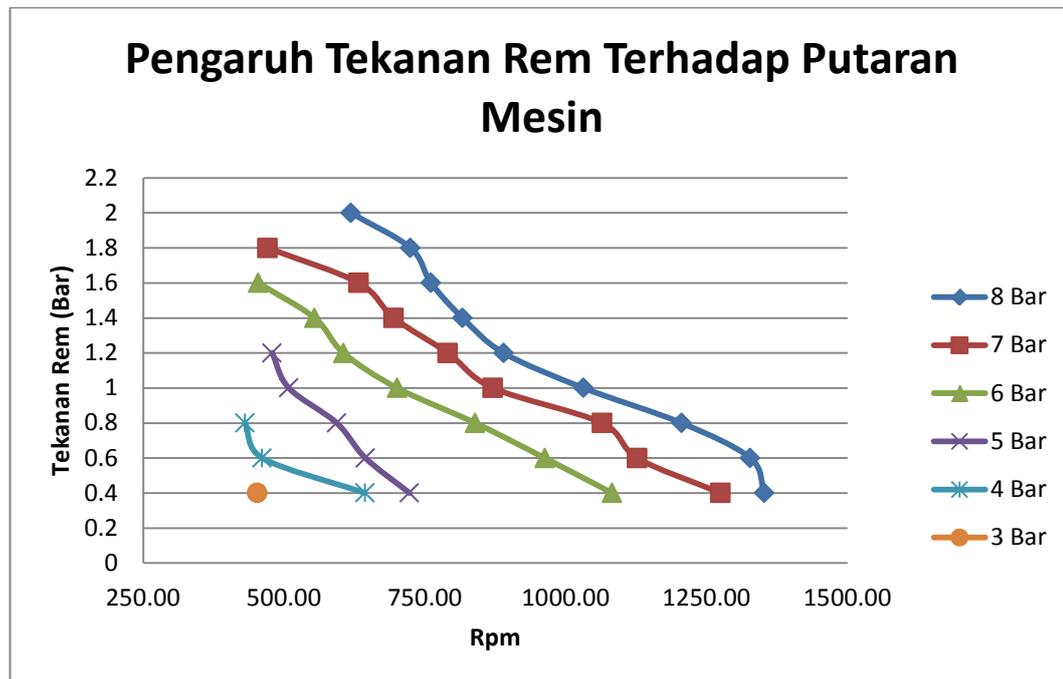
## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

Penelitian eksperimental performa mesin tenaga kompresi udara dengan variasi tekanan udara 2 bar – 8 bar dengan perubahan tekanan udara 1 bar dan variasi tekanan rem berkisar 0,4 bar – 2 bar dengan perubahan tekanan rem 0,2 bar yang selanjutnya dilakukan analisa antara lain :

1. Pengaruh perubahan tekanan rem terhadap putaran mesin.
2. Pengaruh perubahan tekanan rem terhadap daya mesin.
3. Pengaruh putaran mesin terhadap daya mesin.
4. Pengaruh putaran mesin terhadap torsi mesin.
5. Pengaruh torsi dengan daya mesin.

#### 4.1 Pengaruh Perubahan Tekanan Rem Terhadap Putaran Mesin.



Gambar 4.1 Pengaruh Tekanan Rem Pada Putaran Mesin Pada Beberapa Variasi Tekanan Udara Masuk

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penambahan tekanan rem dapat mempengaruhi putaran mesin tenaga kompresi udara, semakin besar tekanan rem yang diberikan kepada piringan cakram maka menimbulkan penurunan putaran mesin pada mesin kompresi udara karena semakin besar pemberian penambahan tekanan rem maka semakin besar gesekan yang diterima piringan cakram yang merupakan sebagai pengganti beban untuk mesin agar mengetahui performanya. Tekanan rem yang diberikan kepada piringan cakram berkisar 0,4 bar sampai 2 bar dengan perubahan tekanan rem 0.2 bar. Berdasarkan gambar 4.1 didapatkan beberapa informasi antara lain :

##### A. Tekanan Udara 8 bar

Pada tekanan udara 8 bar merupakan tekanan udara tertinggi pada percobaan ini sehingga menghasilkan putaran mesin bermula pada 1352,33

rpm yang merupakan putaran mesin yang tertinggi dengan tekanan rem 0,4 bar dikarenakan pada tekanan udara 8 bar ini udara yang berada pada tabung kompresor masih termampatkan dan aliran udara yang cepat sehingga tekanan udara yang menuju ruang silinder dapat mendorong piston dengan keras dan berakhir di 618,67 rpm pada tekanan rem 2 bar dikarenakan pada tekanan udara 8 bar merupakan tekanan tertinggi pada percobaan ini sehingga butuh tekanan rem yang sangat besar untuk memperlambat putaran mesin udara hingga berhenti.

B. Tekanan Udara 7 bar

Pada tekanan udara 7 bar putaran mesin bermula pada 1082,33 rpm dengan tekanan rem 0,4 bar dan berakhir di 471,00 rpm pada tekanan rem 1,8 bar.

C. Tekanan Udara 6 bar

Pada tekanan udara 6 bar putaran mesin bermula pada 1082,33 rpm dengan tekanan rem 0,4 bar dan berakhir di 454,33 rpm pada tekanan rem 1,6 bar.

D. Tekanan Udara 5 bar

Pada tekanan udara 5 bar putaran mesin bermula pada 722,67 rpm dengan tekanan rem 0,4 bar dan berakhir di 478,67 rpm pada tekanan rem 1,2 bar.

E. Tekanan Udara 4 bar

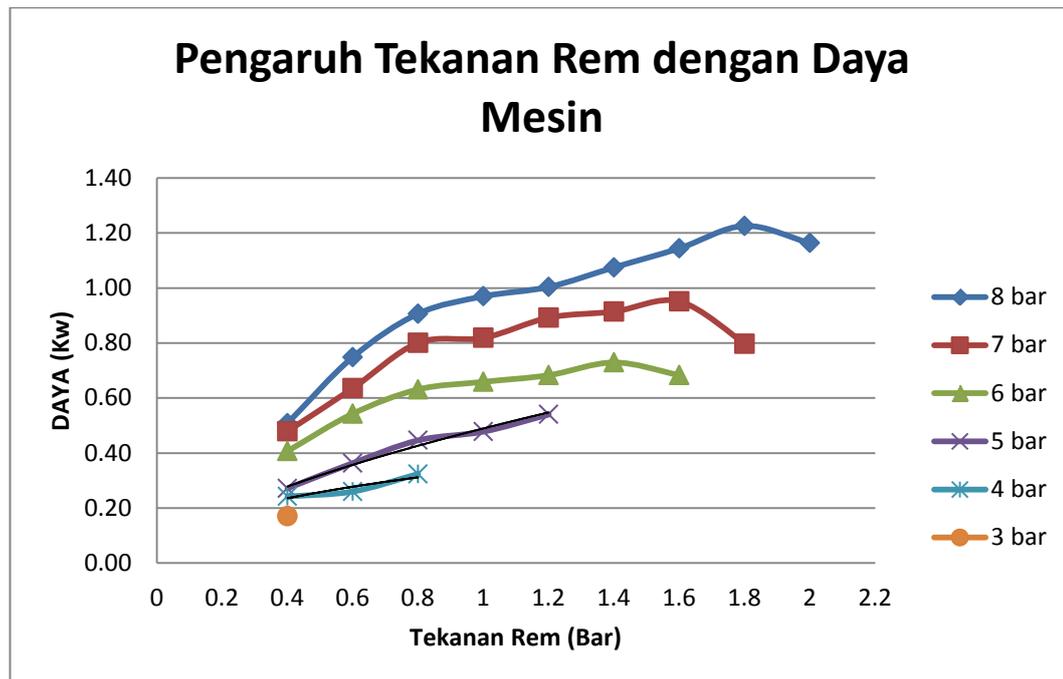
Pada tekanan udara 4 bar putaran mesin bermula pada 643,67 rpm dengan tekanan rem 0,4 bar dan berakhir di 430,67 rpm pada tekanan rem 0,8 bar.

#### F. Tekanan Udara 3 bar

Pada tekanan udara 3 bar merupakan tekanan udara yang paling rendah pada percobaan ini sehingga menghasilkan putaran mesin 452,67 rpm dengan tekanan rem 0,4 bar dikarenakan udara yang berada di dalam tabung kompresor menurun sehingga tidak mampu menggerakkan mesin tenaga kompresi udara jika diberi beban pada tekanan rem 0,4 bar.

Dapat dilihat pada gambar 4.1 pada tekanan udara 5 bar diawali dengan putaran mesin 722.67 rpm yang turun secara drastis dari tekanan - tekanan udara sebelumnya yang diawali pada putaran di atas 1000 rpm hal ini diakibatkan karena tekanan udara yang ada di dalam tabung kompresor sudah mengalami penurunan tekanan udara, sehingga aliran udara dari kompresor menuju mesin tenaga kompresi udara ikut menurun. Pada percobaan ini tekanan udara yang dapat digunakan untuk kinerja mesin kompresi udara ialah tekanan udara di atas 3 bar jika mesin kompresi udara diberikan beban. Sedangkan putaran mesin rata – rata terhenti di bawah 500 rpm jika di beri beban / tekanan rem pada piringan cakram, karena pada mesin kompresi udara disetiap putaran mesin 500 rpm menerima beban yang besar pada setiap masing – masing tekanan udara sehingga pada putaran mesin dibawah 500 rpm harus dinaikan tekanan udaranya agar mesin kompresi udara dapat berputar lebih cepat lagi. Jika dilihat pada gambar 4.1 menunjukkan arah grafik yang menurun atau negatif ( - ) yang artinya ada pengaruh langsung negatif antara tekanan rem terhadap putaran mesin.

#### 4.2 Pengaruh Perubahan Tekanan Rem Terhadap Daya Mesin.

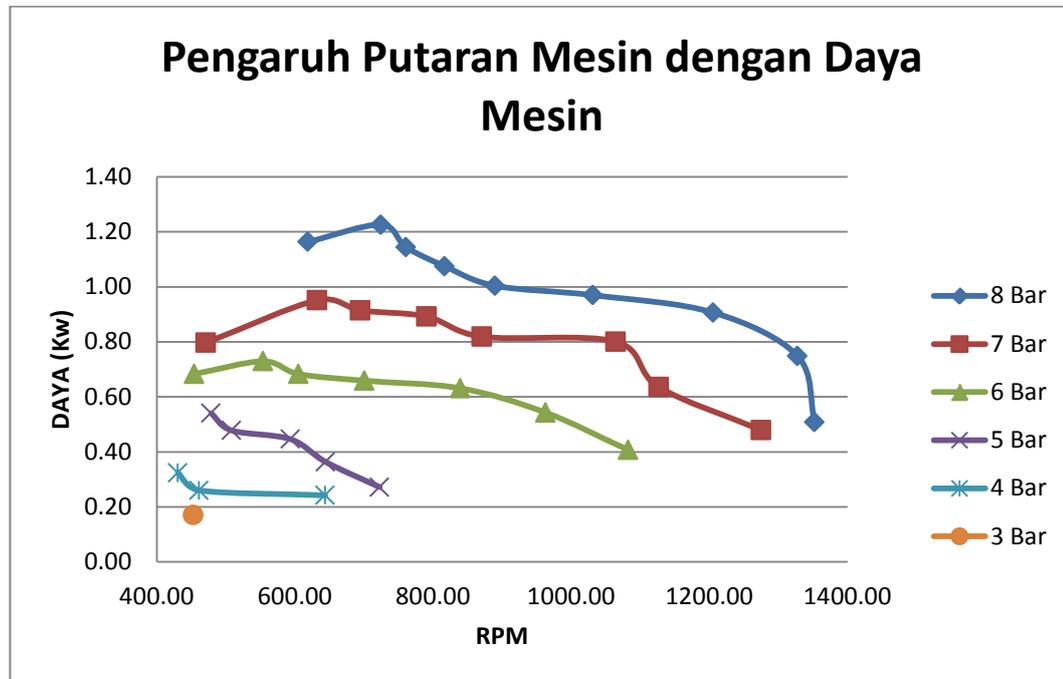


Gambar 4.2 Pengaruh Tekanan Rem Terhadap Daya Mesin Pada Variasi Beberapa Tekanan Udara Masuk

Gambar 4.2 menggambarkan pengaruh tekanan rem pada piringan cakram yang terhubung pada poros *crankshaft* adalah untuk mengetahui besarnya daya mesin tenaga kompresi udara yang dihasilkan. Dapat dilihat pada gambar 4.2 daya tertinggi mesin tenaga kompresi udara adalah 1,23 Kw pada tekanan udara 8 bar dan daya terendah 0,17 Kw pada tekanan udara 3 bar. Pada tekanan udara 8 bar, 7 bar dan 6 bar mesin tenaga kompresi udara mendapatkan daya puncaknya pada putaran mesin optimal, sedangkan pada tekanan udara 5 bar, 4 bar dan 3 bar belum sampai daya puncak pada mesin tenaga kompresi udara karena pada tekanan – tekanan tersebut tekanan udara di dalam tabung kompresor sudah menurun atau tekanan udara sisa sehingga tekanan udara yang menuju ruang silinder sudah tidak terlalu optimal untuk mendorong piston untuk turun. Jika dilihat pada gambar 4.2 menunjukkan arah grafik yang meningkat atau positif (+)

yang artinya ada pengaruh langsung positif antara tekanan rem terhadap daya mesin.

#### 4.3 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin.



Gambar 4.3 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin

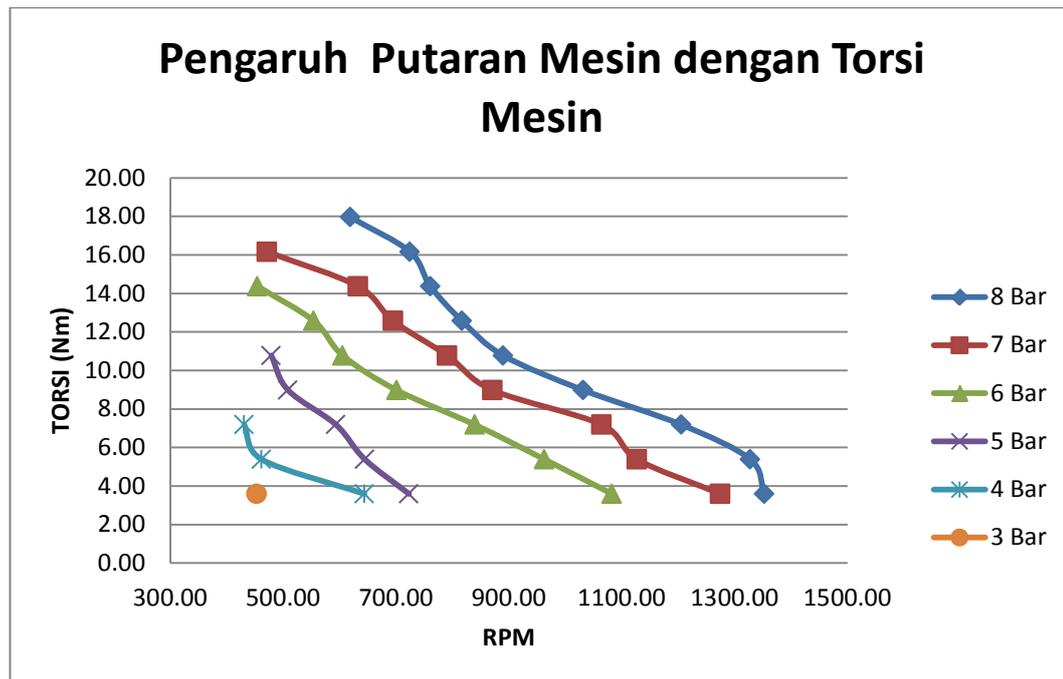
Tabel 4.1 Hasil Dari Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin

Tekanan Udara (Bar)	Putaran Mesin (Rpm)	Daya (Kw)
8 Bar	724,33	1,23
7 Bar	632,33	0,95
6 Bar	554,00	0,73
5 Bar	-	-
4 Bar	-	-
3 Bar	-	-

Untuk mengetahui daya mesin tenaga kompresi udara maka diperlukan putaran mesin yang optimal untuk mengetahui daya maksimal mesin kompresi udara berada pada putaran mesin berapa pada setiap masing – masing tingkat

tekanan udara yang berada di dalam kompresor. Daya berkembang pada sebelum tercapainya putaran mesin (rpm) maksimum dan menentukan kemampuan kecepatan maksimum. Dari gambar 4.3 dapat dijelaskan daya tertinggi berada pada tekanan udara 8 bar yang bermula pada putaran mesin 618,67 rpm yang menghasilkan daya sebesar 1,16 Kw dan daya puncak pada putaran mesin 724,33 rpm yang menghasilkan daya sebesar 1,23 Kw, pada saat inilah mesin menerima beban yang besar untuk menuju putaran mesin yang lebih tinggi. Setelah mendapatkan putaran mesin yang tinggi dan stabil maka daya yang dihasilkan mesin pun menurun dan berakhir pada putaran 1352,33 rpm dan daya yang dihasilkan 0,51 Kw. Namun pada tekanan udara 5 bar ke bawah yang berada di dalam tabung kompresor mesin tidak dapat menghasilkan daya maksimum karena pada percobaan ini udara merupakan faktor utama untuk menggerakkan mesin tenaga kompresi udara, pada tekanan udara di bawah 5 bar tekanan udara yang berada di dalam tabung kompresor sudah menurun sehingga udara yang menuju ke mesin tenaga kompresi udara pun ikut menurun. Jika dilihat pada gambar 4.3 menunjukkan arah grafik yang menurun atau negatif ( - ) yang artinya ada pengaruh langsung negatif antara putaran mesin terhadap daya mesin.

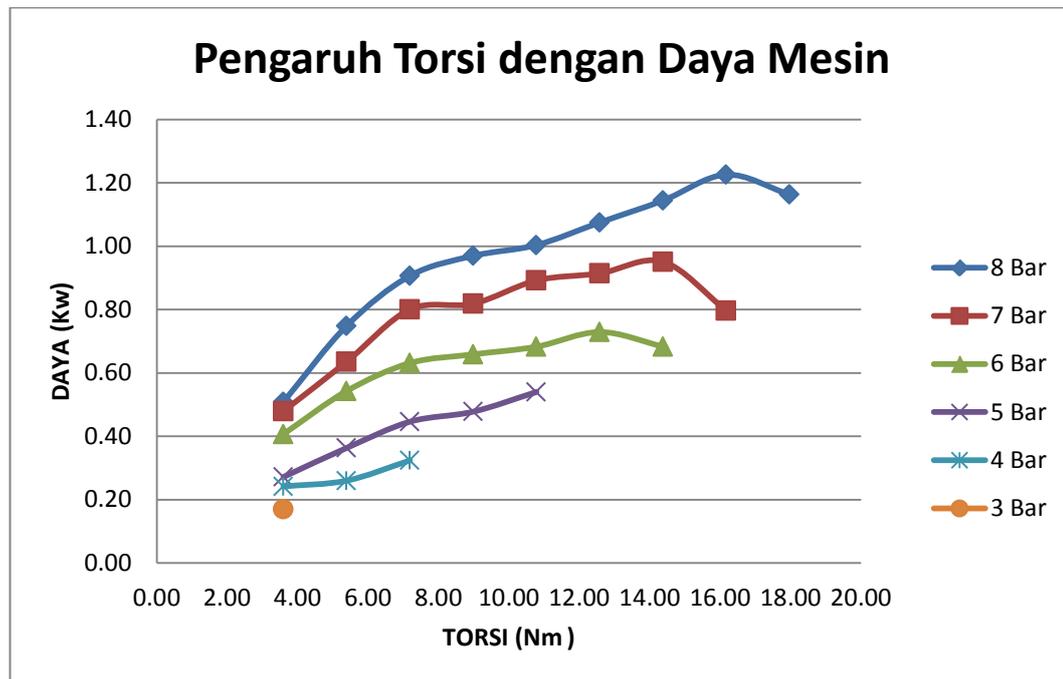
#### 4.4 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi Mesin.



Gambar 4.4 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi Mesin

Dapat kita ketahui torsi ialah gaya yang bekerja pada poros engkol (*crankshaft*) atau bagian sistem penggerak yang mengirimkan gaya ke roda-roda dari titik pusat poros engkol. Torsi maksimum biasanya digunakan saat mesin mulai bergerak dan saat mendapatkan beban berat. Torsi berkembang di putaran mesin yang rendah dan menentukan kemampuan akselerasi kendaraan dan dapat diingat torsi berbanding terbalik terhadap putaran mesin. Torsi maksimum dapat dicapai pada putaran mesin yang rendah, hal ini dapat kita lihat pada gambar 4.4. Torsi tertinggi yang didapat oleh mesin tenaga kompresi udara ialah 17,96 Nm pada putaran mesin 618,67 rpm di tekanan udara 8 bar. Jika dilihat pada gambar 4.4 menunjukkan arah grafik yang menurun atau negatif ( - ) yang artinya ada pengaruh langsung negatif antara putaran mesin terhadap torsi mesin.

#### 4.5 Pengaruh Torsi Terhadap Daya Mesin

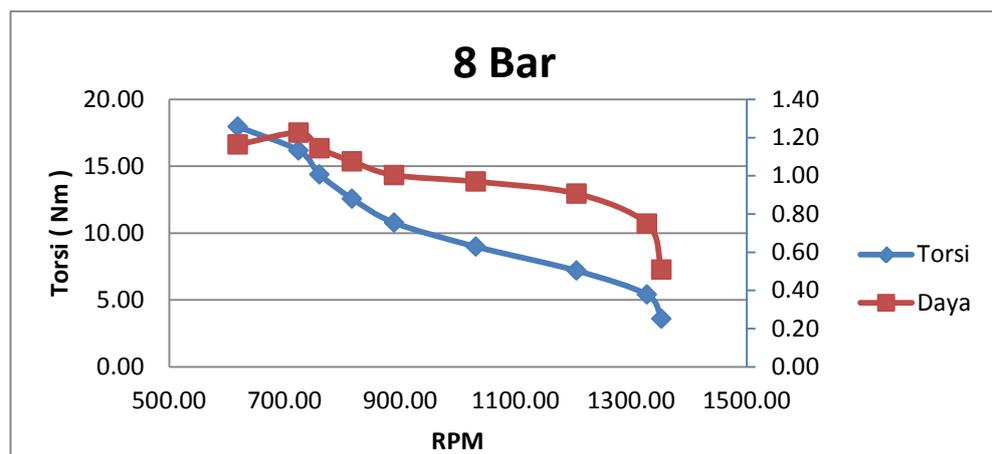


Gambar 4.5 Pengaruh Torsi Terhadap Daya

Torsi adalah besaran pengukuran sedangkan daya adalah besaran perhitungan dari rumus yang didasarkan pada torsi pada putaran mesin (rpm) poros engkol tertentu. Daya selalu merupakan fungsi torsi dan kecepatan putaran mesin. Daya berbanding lurus dengan putaran mesin sedangkan torsi berbanding terbalik dengan putaran mesin. Torsi dan daya bukan ukuran yang saling terpisah, tetapi saling mempengaruhi. Saat mulai menjalankan kendaraan dari posisi berhenti, diperlukan torsi yang besar. Torsi yang besar lebih mudah diperoleh pada putaran mesin rendah jika menggunakan gigi rendah yaitu gigi 1 karena torsi berbanding terbalik dengan putaran mesin. Seiring dengan meningkatnya kecepatan, maka gigi dapat dipindahkan lebih tinggi. Untuk meningkatkan kecepatan diperlukan daya yang besar. Power yang besar ini lebih mudah diperoleh pada RPM tinggi saat menggunakan gigi yang lebih tinggi yaitu gigi 2, 3, 4, dst karena daya berbanding lurus dengan putaran mesin. Pada gambar 4.5

dapat dilihat bahwa daya berbanding lurus dengan torsi, semakin meningkat torsi maka semakin berkembang daya yang dihasilkan. Penurunan daya pada saat torsi maksimum diimbangi penurunan putaran mesin. Akibatnya perkalian antara torsi dan putaran tetap menghasilkan daya yang tinggi. Dapat kita lihat daya tertinggi yang dihasilkan mesin kompresi udara ialah 1,23 Kw dengan torsi sebesar 16,17 Nm pada tekanan udara 8 bar. Jika dilihat pada gambar 4.5 menunjukkan arah grafik yang meningkat atau positif ( + ) yang artinya ada pengaruh langsung positif antara torsi mesin terhadap daya mesin. Dapat dilihat perbandingan torsi dengan daya yang dipengaruhi oleh putaran mesin :

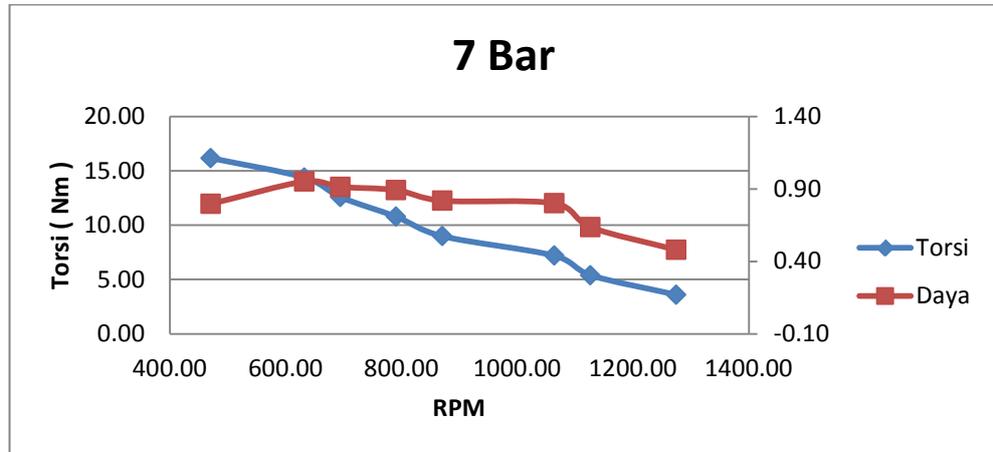
#### A. Tekanan Udara 8 Bar



Gambar 4.6 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 8 Bar

Pada tekanan udara 8 bar mesin tenaga kompresi udara mendapatkan daya puncak pada putaran mesin 724,33 rpm dengan daya sebesar 1,23 Kw dan torsi 16,17 Nm. Setelah melewati daya puncak maka daya mesin tenaga kompresi udara turun kembali dengan diimbangi oleh turunya torsi dan meningkatnya putaran mesin yang berakhir di putaran 1352,33 rpm pada daya 0,51 Kw dan torsi 3,59 Nm.

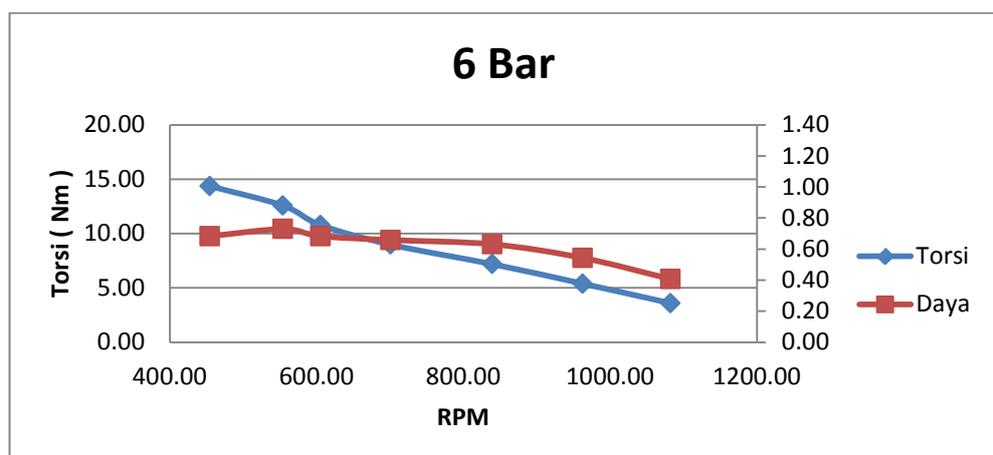
### B. Tekanan Udara 7 Bar



Gambar 4.7 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 7 Bar

Pada tekanan udara 7 bar mesin tenaga kompresi udara mendapatkan daya puncak pada putaran mesin 643,33 rpm dengan daya sebesar 0,95 Kw dan torsi 14,37 Nm. Setelah melewati daya puncak maka daya mesin tenaga kompresi udara turun kembali dengan diimbangi oleh turunya torsi dan meningkatnya putaran mesin yang berakhir di putaran 1274,67 rpm pada daya 0,48 Kw dan torsi 3,59 Nm.

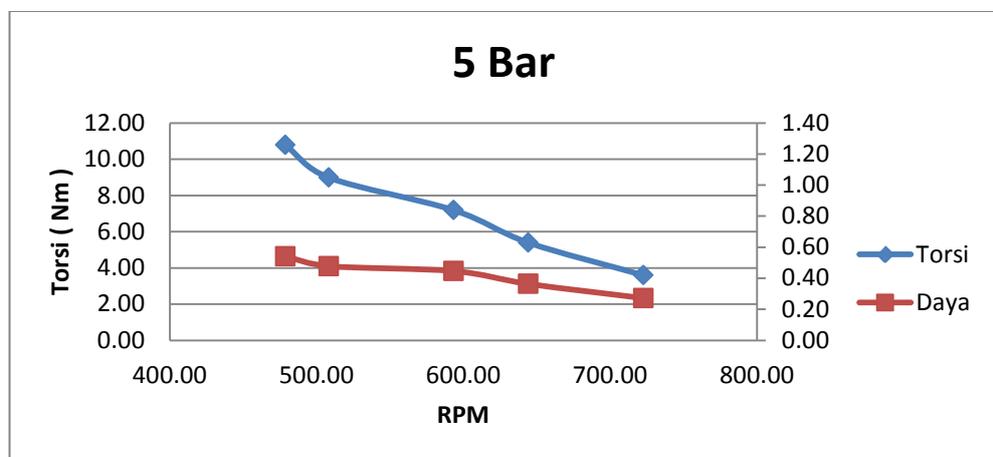
### C. Tekanan Udara 6 Bar



Gambar 4.8 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 6 Bar

Pada tekanan udara 6 bar mesin tenaga kompresi udara mendapatkan daya puncak pada putaran mesin 554,00 rpm dengan daya sebesar 0,73 Kw dan torsi 12,57 Nm. Setelah melewati daya puncak maka daya mesin tenaga kompresi udara turun kembali dengan diimbangi oleh turunya torsi dan meningkatnya putaran mesin yang berakhir di putaran 1082,33 rpm pada daya 0,41 Kw dan torsi 3,59 Nm.

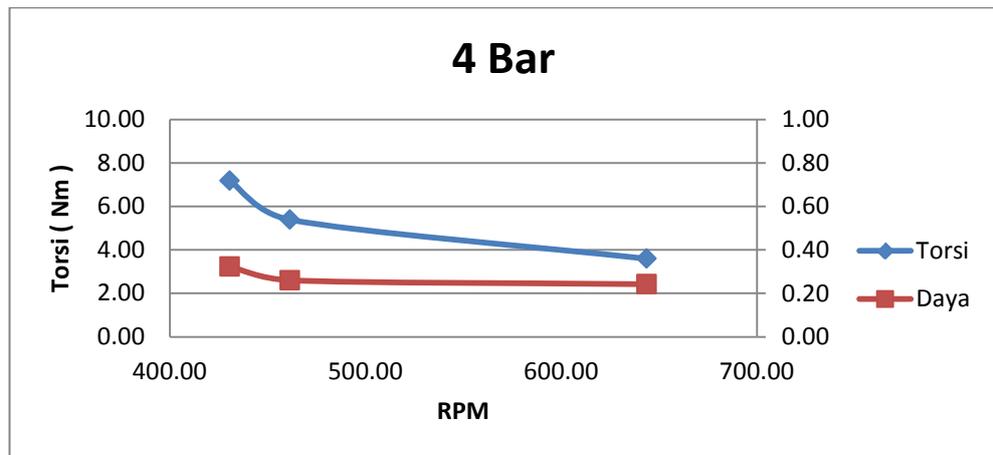
#### D. Tekanan Udara 5 Bar



Gambar 4.9 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 5 Bar

Pada tekanan udara 5 bar mesin tenaga kompresi udara belum mendapatkan daya puncaknya, sehingga hanya mendapatkan daya tertinggi pada putaran mesin 478,67 rpm dengan daya sebesar 0,54 Kw dan torsi 10,78 Nm yang kemudian daya mesin tenaga kompresi udara turun dengan diimbangi oleh turunya torsi dan meningkatnya putaran mesin yang berakhir di putaran 722,67 rpm pada daya 0,27 Kw dan torsi 3,59 Nm.

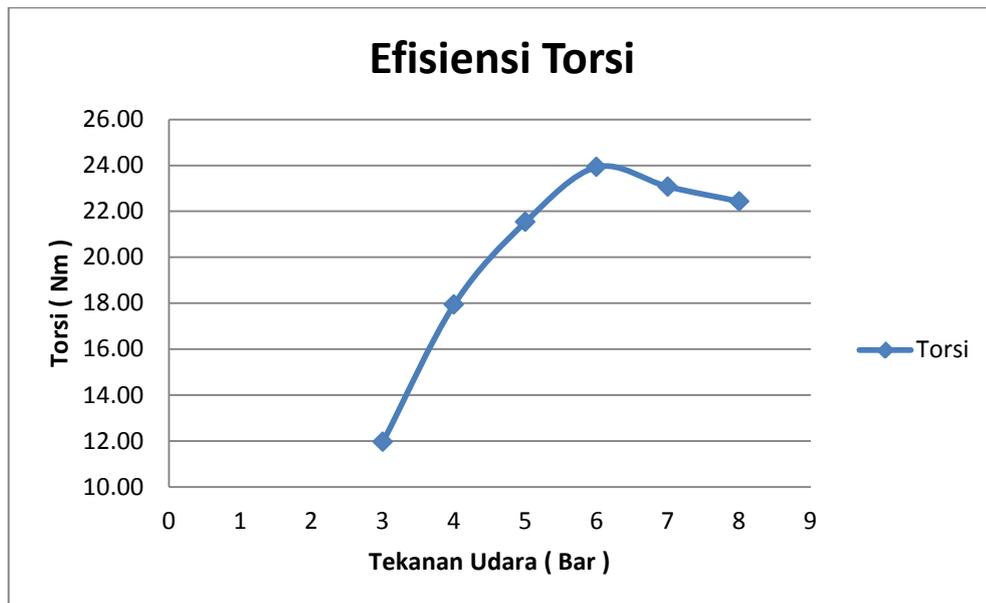
## E. Tekanan Udara 4 Bar



Gambar 4.10 Perbandingan Torsi dan Daya Pada Tekanan Udara 4 Bar

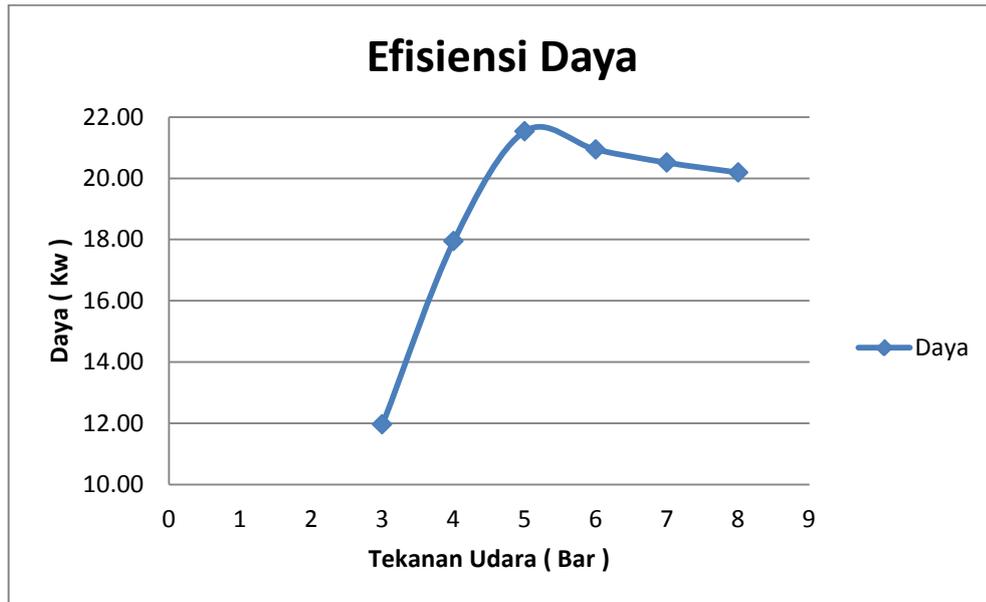
Pada tekanan udara 4 bar mesin tenaga kompresi udara belum mendapatkan daya puncaknya, sehingga hanya mendapatkan daya tertinggi pada putaran mesin 430,67 rpm dengan daya sebesar 0,32 Kw dan torsi 7,19 Nm yang kemudian daya mesin tenaga kompresi udara turun dengan diimbangi oleh turunya torsi dan meningkatnya putaran mesin yang berakhir di putaran 643,67 rpm pada daya 0,24 Kw dan torsi 3,59 Nm.

#### 4.6 Efisiensi Torsi dan Daya Mesin Tenaga Kompresi Udara



Gambar 4.11 Efisiensi Torsi Mesin Kompresi Tenaga Udara

Pada gambar 4.11 mesin tenaga kompresi udara efisiensi tekanan udara terhadap torsi mesin tenaga kompresi udara bukan pada tekanan udara tertinggi yaitu 8 bar, tetapi efisiensi torsi mesin tenaga kompresi udara terjadi pada tekanan udara 6 bar. Dikerenakan pada tekanan 6 bar udara yang di kompresikan ke dalam silinder mesin kompresi udara lebih setabil.



Gambar 4.12 Efisiensi Daya Mesin Tenaga Kompresi Udara

Pada gambar 4.12 mesin tenaga kompresi udara efisiensi tekanan udara terhadap daya mesin tenaga kompresi udara bukan pada tekanan udara tertinggi yaitu 8 bar, tetapi efisiensi torsi mesin tenaga kompresi udara terjadi pada tekanan udara 5 bar. Namun dapat dilihat sebelumnya pada Gambar 4.3 bahwa pada tekanan udara 5 bar mesin belum mendapatkan daya puncaknya hanya mendapatkan daya tertinggi. Jadi efisiensi tekanan udara terhadap daya mesin terjadi pada tekanan udara 6 bar.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data uji kinerja pada performa mesin tenaga kompresi udara, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Mesin tenaga kompresi udara dapat dijadikan sebagai mesin yang ramah lingkungan, karena pada mesin tenaga kompresi udara hanya membutuhkan tekanan udara murni sebagai tenaga utama. Semakin tinggi tekanan udara maka semakin meningkat unjuk kerja mesin tenaga kompresi udara.
2. Pengaruh tekanan rem yang diberikan pada piringan cakram yang terhubung pada poros *crankshaft* adalah untuk mengetahui besarnya performa mesin tenaga kompresi udara yang dihasilkan. Performa terbaik yang dihasilkan mesin tenaga kompresi udara ialah pada tekanan udara 8 bar dengan daya 1,23 Kw pada putaran mesin 724,33 rpm dengan torsi 16,17 Nm, tetapi torsi tertinggi yang di dapat ialah 17,96 Nm di putaran mesin 618,67 rpm.
3. Efisiensi torsi dan daya ditunjukkan pada tekanan udara 6 bar bukan pada tekanan tertinggi yaitu 8 bar. Hal tersebut dikarenakan pada tekanan udara 6 bar udara yang dimasukkan ke dalam mesin kompresi udara lebih stabil, tidak terlalu tinggi dan terlalu rendah.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini penulis memiliki saran untuk mereka yang melakukan penelitian lebih lanjut terhadap studi eksperimental performa mesin tenaga kompresi udara. Adapun saran tersebut :

1. Variasi perubahan tekanan udara sangat mempengaruhi performa mesin kompresi udara. Sehingga kedepannya dibutuhkan variasi tekanan udara yang lebih tinggi dan tekanan udara yang dapat diatur agar mengetahui lebih lanjut karakter mesin kompresi udara.
2. Pada penelitian ini, pembacaan alat ukur tekanan udara di dalam silinder belum bekerja dengan baik, sehingga untuk kedepannya dibutuhkan alat ukur yang lebih baik dan akurat agar data yang diambil oleh peneliti lebih akurat.
3. Dibutuhkannya alat ukur untuk mesin ( *dyno engine* ) agar kedepannya saat pengambilan data lebih praktis dan mendapatkan data yang akurat.

**DAFTAR PUSTAKA**

<http://green.kompasiana.com/polusi> (diakses 2 Febuari 2014)

Yung Huang, Chih, *et. al.* 2013. *Experimental Investigation on the Performance of a Compressed-Air Driven Piston Engine. Energies* 2013,6 : 1731-1745

Hidayat, Wahyu. 2012. Motor Bensin Modern. Jakarta: Rineka Cipta.

Krist, Thomas. 1993. Dasar-Dasar Pneumatik. Jakarta: Erlangga.

Tahara, Haruo dan Sularso. 2000. Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Arends, BPM. 1997. Motor Bensin. Jakarta: Erlangga

Harahap, Gandhi. 1984. Perencanaan Teknik Mesin. Jakarta: Erlangga

Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 1991. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

## Lampiran 1

**Tabel Pengaruh Tekanan Rem Pada Putaran Mesin Pada Beberapa Variasi  
Tekanan Udara Masuk**

Putaran Mesin (RPM)						
Tekanan Rem (Bar )	Tekanan Udara ( Bar )					
	8	7	6	5	4	3
0.4	1352.33	1274.67	1082.33	722.67	643.67	452.67
0.6	1327.33	1126.67	962.67	644.33	461.33	
0.8	1205.33	1064.33	839.33	593.33	430.67	
1	1031.33	870.67	700.67	508.33		
1.2	889.67	790.67	605.33	478.67		
1.4	816.67	694.67	554.00			
1.6	760.67	632.33	454.33			
1.8	724.33	471.00				
2	618.67					

## Lampiran 2

**Tabel Pengaruh Tekanan Rem Terhadap Daya Mesin Pada Variasi  
Beberapa Tekanan Udara Masuk**

Daya (Kw)						
Tekanan Rem	Tekanan Udara (Bar)					
	8	7	6	5	4	3
0.4	0.51	0.48	0.41	0.27	0.24	0.17
0.6	0.75	0.64	0.54	0.36	0.26	
0.8	0.91	0.80	0.63	0.45	0.32	
1	0.97	0.82	0.66	0.48		
1.2	1.00	0.89	0.68	0.54		
1.4	1.07	0.91	0.73			
1.6	1.14	0.95	0.68			
1.8	1.23	0.80				
2	1.16					

## Lampiran 3

**Tabel Torsi Mesin Kompresi Udara**

<b>Torsi (Nm)</b>						
<b>Tekanan Rem ( Bar )</b>	<b>Tekanan Udara ( Bar )</b>					
	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>0.4</b>	<b>3.59</b>	<b>3.59</b>	<b>3.59</b>	<b>3.59</b>	<b>3.59</b>	<b>3.59</b>
<b>0.6</b>	<b>5.39</b>	<b>5.39</b>	<b>5.39</b>	<b>5.39</b>	<b>5.39</b>	
<b>0.8</b>	<b>7.19</b>	<b>7.19</b>	<b>7.19</b>	<b>7.19</b>	<b>7.19</b>	
<b>1</b>	<b>8.98</b>	<b>8.98</b>	<b>8.98</b>	<b>8.98</b>		
<b>1.2</b>	<b>10.78</b>	<b>10.78</b>	<b>10.78</b>	<b>10.78</b>		
<b>1.4</b>	<b>12.57</b>	<b>12.57</b>	<b>12.57</b>			
<b>1.6</b>	<b>14.37</b>	<b>14.37</b>	<b>14.37</b>			
<b>1.8</b>	<b>16.17</b>	<b>16.17</b>				
<b>2</b>	<b>17.96</b>					

## Lampiran 4

**Tabel Torsi dan Daya Terhadap Putaran Mesin pada Masing – masing  
Tekanan Udara**

<b>8 Bar</b>		
<b>Rpm</b>	<b>Torsi</b>	<b>Daya</b>
<b>1352.33</b>	<b>3.59</b>	<b>0.51</b>
<b>1327.33</b>	<b>5.39</b>	<b>0.75</b>
<b>1205.33</b>	<b>7.19</b>	<b>0.91</b>
<b>1031.33</b>	<b>8.98</b>	<b>0.97</b>
<b>889.67</b>	<b>10.78</b>	<b>1.00</b>
<b>816.67</b>	<b>12.57</b>	<b>1.07</b>
<b>760.67</b>	<b>14.37</b>	<b>1.14</b>
<b>724.33</b>	<b>16.17</b>	<b>1.23</b>
<b>618.67</b>	<b>17.96</b>	<b>1.16</b>

<b>7 Bar</b>		
<b>Rpm</b>	<b>Torsi</b>	<b>Daya</b>
<b>1274.67</b>	<b>3.59</b>	<b>0.48</b>
<b>1126.67</b>	<b>5.39</b>	<b>0.64</b>
<b>1064.33</b>	<b>7.19</b>	<b>0.80</b>
<b>870.67</b>	<b>8.98</b>	<b>0.82</b>
<b>790.67</b>	<b>10.78</b>	<b>0.89</b>
<b>694.67</b>	<b>12.57</b>	<b>0.91</b>
<b>632.33</b>	<b>14.37</b>	<b>0.95</b>
<b>471.00</b>	<b>16.17</b>	<b>0.80</b>

<b>6 Bar</b>		
<b>Rpm</b>	<b>Torsi</b>	<b>Daya</b>
<b>1082.33</b>	<b>3.59</b>	<b>0.41</b>
<b>962.67</b>	<b>5.39</b>	<b>0.54</b>
<b>839.33</b>	<b>7.19</b>	<b>0.63</b>
<b>700.67</b>	<b>8.98</b>	<b>0.66</b>
<b>605.33</b>	<b>10.78</b>	<b>0.68</b>
<b>554.00</b>	<b>12.57</b>	<b>0.73</b>
<b>454.33</b>	<b>14.37</b>	<b>0.68</b>

<b>5 Bar</b>		
<b>Rpm</b>	<b>Torsi</b>	<b>Daya</b>
<b>722.67</b>	<b>3.59</b>	<b>0.27</b>
<b>644.33</b>	<b>5.39</b>	<b>0.36</b>
<b>593.33</b>	<b>7.19</b>	<b>0.45</b>
<b>508.33</b>	<b>8.98</b>	<b>0.48</b>
<b>478.67</b>	<b>10.78</b>	<b>0.54</b>

<b>4 Bar</b>		
<b>Rpm</b>	<b>Torsi</b>	<b>Daya</b>
<b>643.67</b>	<b>3.59</b>	<b>0.24</b>
<b>461.33</b>	<b>5.39</b>	<b>0.26</b>
<b>430.67</b>	<b>7.19</b>	<b>0.32</b>

## Lampiran 5

**Tabel Efisiensi Torsi dan Daya Mesin Tenaga Kompresi Udara**

Tekana Angin	Percobaan (aktual)		Teoritis (ideal)		Efisiensi %	
	Torsi (Nm)	Daya (Kw)	Torsi (Nm)	Daya (Kw)	Torsi	Daya
8	17.96	1.23	80.08	6.07	22.43	20.19
7	16.17	0.95	70.07	4.64	23.07	20.51
6	14.37	0.73	60.06	3.48	23.93	20.94
5	10.78	0.54	50.05	2.51	21.53	21.53
4	7.19	0.32	40.04	1.80	17.95	17.95
3	3.59	0.17	30.03	1.42	11.96	11.96

**Perhitungan Efisiensi**

$$\eta = \frac{\text{Data percobaan (aktual)}}{\text{Data teoritis (ideal)}} \times 100\%$$

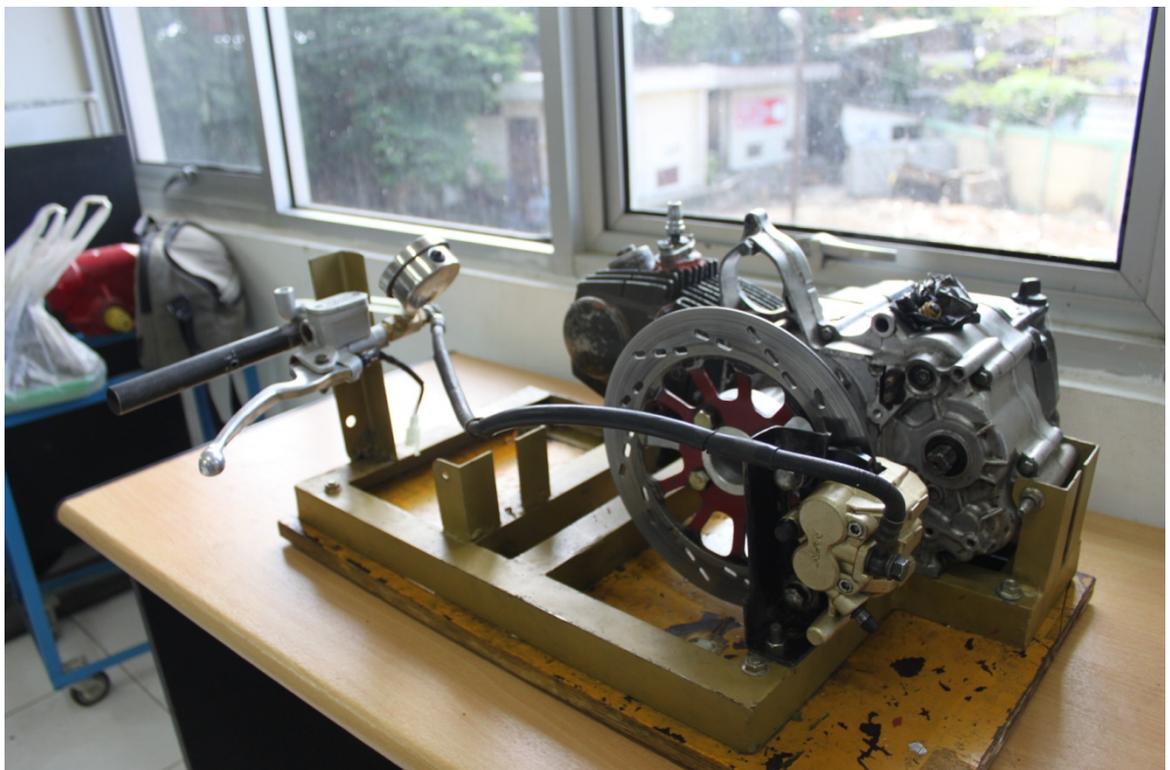
Lampiran 6

**Gambar Mesin Tenaga Kompresi Udara**



Lampiran 7

**Gambar alat ukur *pronny brake***



## **RIWAYAT HIDUP PENULIS**



Mohammad Joko Triyanto, lahir di Bekasi pada tanggal 20 Oktober 1991. Anak ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Edy Heriyanto dan Ibu Zulfa Triyuni Anies. Bertempat tinggal di Jalan Anggrek IV Blok E 12 No. 1 Rt 004 Rw 013 Kel/Kec Bekasi Jaya, Bekasi Timur. Joko adalah panggilan akrab penulis menempuh pendidikan di SDN Bekasi Jaya IX selama 6 tahun, lulus dari SMPN 3 Kota Bekasi pada tahun 2006 lalu melanjutkan tingkat sekolah menengah atas di SMAN 1 Kota Bekasi dan melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin pada tahun 2009.