

**PENGARUH VARIASI PERSENTASE INJEKSI UAP MINYAK JARAK PAGAR
PADA INTAKE MANIFOLD TERHADAP IONISASI PEMBAKARAN DAN
KINERJA MESIN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**PANJI DWI APRELIANTO
NIM. 0510623049 - 62**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2010

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI PERSENTASE INJEKSI UAP MINYAK JARAK PAGAR
PADA INTAKE MANIFOLD TERHADAP IONISASI PEMBAKARAN DAN
KINERJA MESIN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**PANJI DWI APRELIANTO
NIM. 0510623049 - 62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19590703 198303 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadirat ALLAH SWT atas segala limpahan kasihNya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., M.T., selaku Ketua Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi, Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya.
4. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang konstruktif dalam menyusun skripsi ini.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin
6. Laboratorium Motor Bakar dan asisten-asisten Motor Bakar, yang telah membantu dalam penelitian
7. Kedua orang tua saya, Bapak Djoko Sugiono dan Ibu Sutarawati, yang telah memberikan dukungan, nasehat dan doa yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
8. Teman-teman satu tim Mirza H, Zamri, serta teman-teman M'05 dan berbagai pihak yang belum disebutkan penulis yang telah banyak membantu dalam kegiatan seminar dan lain-lain.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua terutama warga Teknik Mesin.

Malang, Januari 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Minyak Jarak (<i>Jathropa curcas L</i>).....	4
2.3 Bensin.....	7
2.4 Ionisasi.....	8
2.5 Penguapan.....	9
2.6 Energi Disosiasi.....	9
2.7 Motor Bakar Torak.....	11
2.7.1. Motor Otto.....	12
2.7.2. Siklus Termodinamika Motor Bensin.....	13
2.7.3. Siklus Aktual Motor Otto Empat Langkah.....	15
2.8 Pembakaran.....	17
2.9 Kinerja Motor Bensin.....	18
2.9.1. Ionisasi Pembakaran.....	19
2.9.2. Waktu Pembakaran.....	19
2.9.3. Torsi.....	19
2.9.4. Daya Efektif (Ne).....	20
2.9.5. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe).....	20
2.9.6. Efisiensi Termal Efektif (η_e).....	21

2.9.7. Analisa Emisi Gas CO dan HC.....	22
2.10 Kerangka Pikir Teoritis.....	22
2.11 Hipotesa	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Metode Penelitian	24
3.2. Variabel Penelitian.....	24
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.4. Tabel Data Penelitian.....	25
3.5. Alat Dan Bahan Penelitian.....	25
3.6. Instalasi penelitian	29
3.7. Prosedur Penelitian	30
3.8. Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Data.....	32
4.1.1. Data Hasil Pengujian.....	32
4.1.2. Perhitungan Data.....	35
4.2. Pembahasan	36
4.2.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Ionisasi Pembakaran	37
4.2.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Waktu Pembakaran	38
4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi	39
4.2.4 Hubungan antara Putaran poros dengan Daya Efektif	41
4.2.5 Hubungan antara Putaran poros dengan <i>Specific fuel consumption</i> efektif	43
4.2.6 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi Termal Efektif	44
4.2.7 Hubungan antara Putaran poros dengan emisi gas CO	46
4.2.8 Hubungan antara Putaran poros dengan emisi gas HC	47
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Tanaman jarak pagar	4
Gambar 2.2.	Minyak Jarak Pagar	5
Gambar 2.3.	Rumus struktur kimia minyak jarak pagar (<i>Jatropha Curcas</i>)	7
Gambar 2.4.	Keadaan molekul ketika tertabrak radikal bebas	8
Gambar 2.5.	Skema langkah kerja motor bakar empat langkah	13
Gambar 2.6.	Siklus Otto Teoritis dan Siklus Otto Aktual	14
Gambar 2.7.	Siklus aktual motor Otto empat langkah	16
Gambar 2.8.	Cara reaktan terbakar	18
Gambar 3.1.	Oscilloscope dan Ion Probe	26
Gambar 3.2.	Tabung dan selang infus	27
Gambar 3.3.	Pipa tembaga	28
Gambar 3.4.	Minyak Jarak Murni	28
Gambar 3.5.	Instalasi penelitian	29
Gambar 3.6.	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan ionisasi pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	37
Gambar 4.2.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan waktu pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	38
Gambar 4.3.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	39
Gambar 4.4.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	41
Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan <i>Specific Fuel Consumption efective</i> terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	43
Gambar 4.6.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan efisiensi termal efektif terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	44
Gambar 4.7.	Grafik hubungan antara putaran mesin dengan kandungan gas CO terhadap persentase injeksi uap minyak jarak	46

Gambar 4.8. Grafik hubungan antara putaran mesin dengan kandungan gas HC terhadap persentase injeksi uap minyak jarak



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Gaya	Kilogram atau Kg	F
Panjang	Meter atau m	L
Volume bahan bakar	Liter atau l	b
Kecepatan anguler poros	Radian per sekon atau rad/s	ω
Putaran Poros	Rotation per minute atau rpm	n
Viskositas	Meter kuadrat per sekon atau m^2/s	v
Massa	Kilogram atau Kg	m
Massa jenis atau Densitas	Kilogram per meter kubik atau kg/m^3	ρ
Panas	Kilo kalori atau kkal	Q
Temperatur	Derajat Celcius atau $^{\circ}C$	T
Waktu	Sekon atau s	t



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar	6
Tabel 2.2.	Analisa kimia minyak jarak (<i>jatropha curcas</i>)	6
Tabel 2.3.	Energi ikatan dan jarak ikatan beberapa unsur dan senyawa	10
Tabel 4.1	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah pada kondisi standart	32
Tabel 4.2	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan persentase injeksi uap minyak jarak 5%	33
Tabel 4.3	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan persentase injeksi uap minyak jarak 10%	34
Tabel 4.4	Data hasil emisi gas CO dan HC terhadap motor bensin empat langkah dengan variasi persentase injeksi uap minyak jarak	34



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Proses Ekstraksi Minyak Jarak Pagar
Lampiran 2	Struktur Probe
Lampiran 3	Perangkat Penelitian
Lampiran 4	Grafik Hasil Pengukuran Oscilloscope
Lampiran 5	Program Untuk Mengolah Data



RINGKASAN

Panji Dwi Aprelianto, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2010, *PENGARUH VARIASI PERSENTASE INJEKSI UAP MINYAK JARAK PAGAR PADA INTAKE MANIFOLD TERHADAP IONISASI PEMBAKARAN DAN KINERJA MESIN*, Dosen Pembimbing : Prof.Ir.I.N.G.Wardana, M.Eng., Ph.D.

Dengan menipisnya cadangan bahan bakar fosil saat ini, muncul berbagai pemikiran untuk mengembangkan sumber energi alternatif. Salah satunya adalah pemanfaatan tanaman jarak pagar atau *Jatropha curcas*. Tanaman yang dapat tumbuh di lahan kritis dan tidak membutuhkan banyak air serta pupuk ini ternyata sangat efektif jika buah atau bijinya dikembangkan menjadi biofuel sebagai energi alternatif pengganti minyak bensin (premium), minyak bakar, bahkan minyak tanah (kerosin). Minyak jarak pagar memiliki sifat yang mendekati karakteristik dari bahan bakar cair khususnya minyak bensin. Hal ini mendorong para peneliti melakukan penelitian terhadap minyak jarak untuk menemukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti minyak bumi dengan cara menguapkan minyak jarak lalu menginjeksikan kedalam ruang bakar melalui *Intake Manifold*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi debit injeksi uap minyak jarak pada *intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *true experimental research*, yaitu dengan membandingkan ionisasi pembakaran dan kinerja mesin antara persentase injeksi uap minyak jarak pagar 0%, 5% dan 10% sebagai variabel bebas. Penelitian ini menggunakan variabel terkontrol berupa variasi putaran mesin dengan kecepatan 1200 rpm, 1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm, dan 3200 rpm. Variabel terikatnya adalah Ionisasi Pembakaran (v), Waktu Pembakaran (ms), Torsi (T), Daya efektif (Ne), Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC_e), Efisiensi Termal Efektif (η_e), Emisi gas CO (% vol), Emisi gas HC (% vol)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ionisasi pembakaran dan Kinerja mesin yang paling baik adalah saat diinjeksikan uap minyak jarak dengan persentase 5% pada *Intake Manifold*. Dimana bahan bakar dengan persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai ionisasi pembakaran, nilai torsi, daya efektif yang paling tinggi, memerlukan waktu pembakaran yang paling cepat, dan SFC_e yang paling rendah, serta efisiensi termal yang cenderung stabil di setiap rpm dibandingkan dengan persentase injeksi uap minyak jarak 0% dan 10%. Hal ini disebabkan pada debit injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai campuran bahan bakar dengan udara yang lebih proporsional daripada keadaan standart dan 10%.

Kata Kunci : Variasi Persentase Injeksi Uap Minyak Jarak, Ionisasi Pembakaran, Kinerja Mesin

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Peradaban manusia yang terus berkembang serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan kebutuhan akan sumber energi akan semakin meningkat. Permintaan akan energi yang terus bertambah tidak diiringi dengan penambahan sumber-sumber energi. Sumber energi yang banyak digunakan saat ini adalah bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas alam dan batu bara).

Namun bahan bakar yang berasal dari fosil ini bersifat tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) sehingga keberadaannya akan semakin menipis seiring dengan berjalannya waktu sedangkan kebutuhan akan energi terus meningkat. Untuk itu, sangat diperlukan adanya suatu kegiatan konservasi (pencarian), konversi (perubahan), dan diversifikasi (pengembangan) sumber energi baru yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*) yang tentunya sangat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menemukan sumber-sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, contohnya *biogas*, *biodiesel*, *solar cell* dan lain-lain. Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan salah satu jenis *biofuel* yaitu minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan menggantikan bahan bakar minyak bumi yang bersifat *non-renewable* dengan minyak nabati yang bersifat *renewable*. Yaitu dengan cara menginjeksikan uap minyak nabati pada *intake manifold*, sehingga akan memerlukan lebih sedikit bahan bakar yang akan dipakai.

Minyak nabati merupakan sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*). Bahan baku energi ini dapat diproduksi kembali serta banyak ditemukan dari bahan tumbuh-tumbuhan yang mengandung potensi kadar minyak yang tinggi. Apabila bahan baku tersebut diproses, minyaknya sering disebut dengan *biofuel*.

Dalam penelitian ini jenis minyak yang dipakai adalah minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*). Alasan pemilihan minyak jarak pagar dipakai sebagai sumber energi alternatif karena minyak tersebut memiliki sifat-sifat yang sesuai untuk bahan bakar, bersifat dapat diperbaharui (*renewable*), tidak termasuk minyak pangan, serta proses ekstraksi untuk menghasilkan minyak relatif mudah dan sederhana. Terdapat dua metode untuk memperoleh minyak jarak pagar yaitu: ekstrasi pelarut dan pengepresan

Pada sistem pembakaran terdapat tiga komponen yang sangat penting, yaitu bahan bakar (*fuel*), udara (*air*), dan energi panas (*heat energy*). Tujuan dari proses pembakaran adalah untuk mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas yang selanjutnya dapat digunakan langsung ataupun dapat dikonversikan lagi menjadi bentuk energi yang lain.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai bagaimana pengaruh variasi debit injeksi uap minyak jarak pagar pada *intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin. Tentunya dengan harapan mampu memperkecil pemakaian bahan bakar pada masyarakat serta tanpa mengurangi kinerja dari teknologi yang dipakai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah: bagaimana pengaruh variasi persentase injeksi uap minyak jarak pagar pada *intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak terlalu luas, maka perlu adanya batasan masalah pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan adalah motor bensin 4 langkah
2. Bahan bakar yang digunakan adalah bensin
3. Mesin yang diuji dalam keadaan tidak berjalan (diam)
4. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jarak
5. Putaran mesin yang digunakan adalah 1200 rpm, 1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm dan 3200 rpm
6. Persentase injeksi uap minyak jarak yang digunakan yaitu: 0%, 5%, dan 10% dari volume konsumsi bahan bakar.
7. Karakteristik pembakaran yang diamati adalah ionisasi pembakaran, waktu pembakaran dan kinerja mesin, dimana pengukuran ionisasi pembakaran menggunakan *oscilloscope*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi persentase injeksi uap minyak jarak pada *intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa dapat mengetahui pengaruh variasi persentase injeksi uap minyak jarak pada *intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu dan wawasan kepada masyarakat luas dalam bidang pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif.
3. Sebagai dasar maupun literature penelitian selanjutnya



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Rifandi (2008) , Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar daya elemen pemanas temperatur yang dihasilkan semakin tinggi. Peningkatan temperatur menunjukkan bahwa energi panas untuk mencapai energi aktivasi pembakaran *droplet* meningkat. Sehingga semakin besar daya elemen pemanas, waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran *droplet* akan berjalan lebih singkat.

Rahbi (2008) , Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin rendah viskositas minyak jarak pagar, maka tegangan permukaan yang terjadi didalam droplet minyak jarak semakin tidak stabil yang membentuk pola aliran didalamnya, antara *fatty acid* dan *glycerol*. Jadi akan mempercepat perpindahan massanya yang akan semakin mempercepat reaksi pembakaran yang terjadi. Maka waktu yang dibutuhkan untuk penyalaan bahan bakar droplet minyak jarak akan semakin singkat.

2.2 Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas*)

Minyak jarak merupakan salah satu pengembangan sumber bahan bakar alternatif yang bersifat dapat diperbaharui dan tidak berdampak buruk terhadap kelestarian lingkungan. Minyak jarak adalah minyak nabati yang diperoleh dari ekstraksi biji tanaman jarak (*Ricinus communis*). Tanaman jarak pagar merupakan jenis tanaman tahunan yang hidup di daerah tropis maupun subtropis seperti ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Tanaman jarak pagar

Sumber : [www.wikipedia.org/ Jatropha_curcas.htm](http://www.wikipedia.org/Jatropha_curcas.htm)

Panen tanaman jarak pagar dapat dilakukan ketika kulit buah sudah berwarna kuning. Buah jarak yang masih berkulit dijemur beberapa hari sehingga kulit akan keluar dari cangkangnya. Proses pembuatan minyak jarak pagar ini tergolong sangat sederhana. Daging buah dan biji tanaman jarak pagar dihancurkan dengan menggunakan mesin blender. Setelah itu, daging buah dan biji yang sudah dihancurkan di masukkan ke dalam mesin press hidrolik. Dengan melakukan penekanan dongkrak hidrolis, ampas diperas hingga menghasilkan minyak seperti yang tampak pada lampiran 1. Wujud dari bahan bakar minyak tanaman jarak pagar seperti minyak goreng, baunya tidak mencolok, kental dan licin seperti ditunjukkan gambar 2.2



minyak jarak murni

Gambar 2.2 Minyak Jarak Pagar

Sumber : Erliza, 2007

Ada beberapa hal yang melatarbelakangi mengapa minyak jarak (*Jathropa Curcas*) digunakan sebagai bahan bakar alternatif, antara lain:

- Minyak jarak memiliki sifat fisika dan kimia yang sesuai dengan bahan baku untuk menghasilkan bahan bakar.
- Minyak jarak tidak termasuk minyak pangan.
- Minyak jarak bersifat dapat diperbaharui (*renewable*).
- Tanaman jarak pagar mudah ditemukan karena perkembangbiakannya mudah, tumbuh baik di tanah yang tidak begitu subur, sehingga berpotensi mengubah lahan kritis menjadi lahan yang produktif.

Minyak jarak merupakan minyak yang jika dilihat dari struktur molekulnya mengandung unsur oksigen yang cukup banyak sehingga memungkinkan dalam proses pembakaran yang terjadi akan menjadi lebih sempurna. Sehingga akibatnya gas-gas hasil pembakaran akan lebih ramah terhadap lingkungan. Akan tetapi, nilai kalor yang dimiliki minyak jarak lebih rendah jika dibandingkan dengan bensin. Sehingga tanpa

modifikasi bahan bakar (transesterifikasi) atau mesin terlebih dahulu, minyak jarak tidak bisa langsung digunakan untuk menggantikan bensin.

Sifat dan karakteristik minyak jarak (*Jatropha curcas*) dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.1 Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Titik nyala (<i>Flash point</i>)	°C	236
Densitas pada 15° C (<i>Density at 15° C</i>)	g/cm ³	0,9177
Viskositas pada 30° C (<i>Viscosity at 30° C</i>)	mm ² /s	49,15
Residu karbon (<i>Carbon residue (on 10% distillation residue)</i>)	%(m/m)	0,34
Kadar abu sulfat (<i>Sulfated ash content</i>)	%(m/m)	0,007
Titik tuang (<i>Pour point</i>)	°C	-2,5
Kadar air (<i>Water content</i>)	Ppm	935
Kadar sulfur (<i>Sulfur content</i>)	Ppm	<1
Bilangan asam (<i>Acid value</i>)	mg KOH/g	4,75
Bilangan iod (<i>Iodine value</i>)	g iod/100 g minyak	96,5

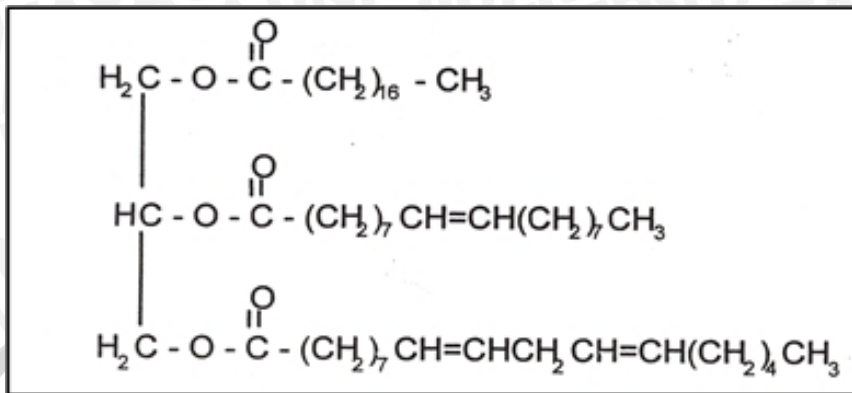
Sumber : Erliza, 2007

Tabel 2.2 Analisa kimia dari minyak jarak (*Jatropha curcas*)

ITEM	VALUE
Acid value	38.2
Saponification value	195.0
Iodine value	101.7
Viscosity (31°C) cp	40.4
Fatty acids composition	
Palmitic acid %	4.2
Stearic acid %	6.9
Oleic acid %	43.1
Linoleic acid %	34.3
Other acids %	1.4

Sumber : www.svlele.com/jatrophaplant.htm

Adapun rumus struktur kimia minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*) adalah seperti pada gambar 2.3 berikut ini



Gambar 2.3 Rumus struktur kimia minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*)
Sumber : Bio-technology Research Center, ITB

2.3 Bensin

Bensin merupakan cairan yang sangat penting, terutama di zaman modern dengan mobilitas manusia yang sangat tinggi. Vitalnya bensin bagi perekonomian suatu Negara sama seperti fungsi darah bagi tubuh manusia. Tanpa bensin (energi), dunia seperti berhenti berdenyut.

Bensin mengandung energi kimia. Energi ini diubah menjadi energi panas melalui proses pembakaran (oksidasi) dengan udara di dalam mesin atau motor bakar. Energi panas ini meningkatkan temperatur dan tekanan gas pada ruang bakar. Gas bertekanan tinggi tersebut kemudian berekspansi melawan mekanisme mekanik mesin. Ekspansi itu diubah oleh mekanisme *link* menjadi putaran *crankshaft* sebagai *output* dari mesin tersebut. Selanjutnya, *crankshaft* dihubungkan ke sistem transmisi oleh sebuah poros untuk mentransmisikan daya atau energi putaran mekanis. Energi ini kemudian dimanfaatkan sesuai dengan keperluan, misalnya untuk menggerakkan roda motor atau mobil.

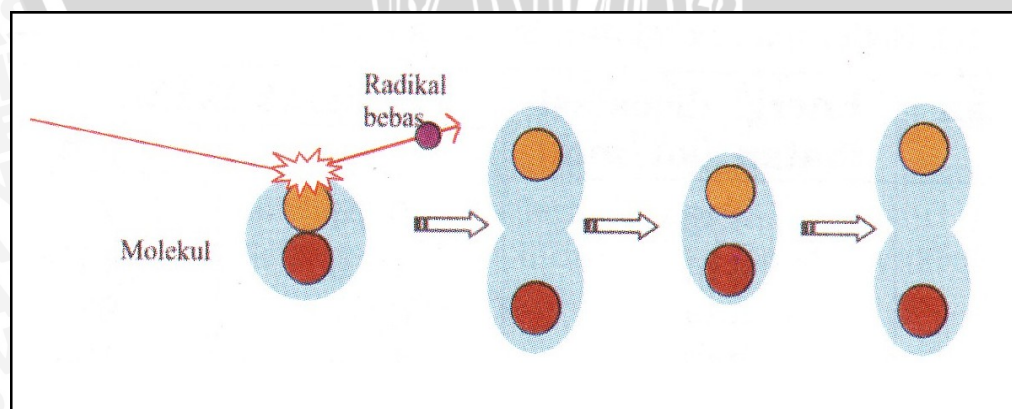
Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, mulai dari C_7 (heptana) sampai dengan C_{11} dengan kata lain, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hydrogen dan karbon saling terikat satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai.

Bensin dibuat dari minyak mentah, yaitu cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut *crude oil*. Cairan ini mengandung hidrokarbon. Atom-atom karbon dalam minyak mentah saling berhubungan, membentuk rantai dengan panjang yang berbeda-beda.

Molekul hidrokarbon dengan panjang rantai yang berbeda memiliki sifat dan kelakuan berbeda pula. CH_4 (metana) merupakan molekul paling ringan, bertambahnya atom C dalam rantai tersebut membuatnya semakin berat. Empat molekul pertama hidrokarbon adalah metana, etana, propana, dan butane. Pada temperature dan tekanan kamar, keempatnya berwujud gas dengan titik didihnya masing-masing -107° , -67° , -43° , dan -18° C. Berikutnya, dari C_5 sampai dengan C_{18} berwujud cair dan mulai dari C_{19} ke atas berwujud padat.

2.4 Ionisasi

Ion merupakan molekul aktif atau molekul-molekul yang bermuatan, sedangkan molekul atau atom bermuatan akibat pemutusan ikatan molekul-molekul disebut radikal bebas. Molekul atau atom bermuatan tersebut sangat mudah bereaksi karena ketidakstabilan muatannya. Ia akan mudah tertarik oleh molekul-molekul dengan muatan berlawanan. Jadi agar reaksi pembakaran bisa berlangsung maka molekul-molekul bahan bakar dibuat bermuatan dengan cara melepaskan satu atau beberapa elektron dari kulit terluar atom atau memutus ikatan rantai molekul. Radikal bebas jika menghantam (menumbuk) molekul lainnya dapat menyebabkan jarak ikatan molekul tersebut merenggang dan mengkerut secara periodik seperti diilustrasikan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Keadaan molekul ketika tertabrak radikal bebas

Sumber : Wardana, 2008

Dengan tambahan sedikit energi dari luar pada saat jarak ikatan atom dalam keadaan merenggang dapat menyebabkan atom-atom dalam molekul terputus dan bermuatan. Jadi radikal bebas sangat berperan membantu proses reaksi dalam pembakaran.

2.5 Penguapan

Penguapan yang dimaksud adalah kemampuan bahan bakar untuk berubah dari fase cair ke fase gas (Suyanto, 1989:129). Kemampuan menguap suatu cairan sangat erat hubungannya dengan titik didihnya, semakin rendah titik didih suatu cairan maka semakin tinggi kemampuannya menguap, karena bahan bakar yang masuk ke silinder harus dalam bentuk gas yang bercampur dengan udara maka sifat mudah menguap bahan bakar sangat diperlukan. Tingkat kemudahan penguapan bahan bakar untuk motor bensin harus sesuai dengan kebutuhan motor itu sendiri, yaitu:

- Mudah distater (*high volatility*) meskipun dalam keadaan luar yang dingin.
- Tidak terjadi *vapour lock* yaitu adanya uap bahan bakar pada saluran bahan bakar yang akan mengganggu aliran bahan bakar.
- Pemanasan yang cepat, yaitu pemanasan motor sebelum digunakan.
- Akselerasi yang halus, yaitu percepatan yang sesuai kebutuhan tanpa menimbulkan getaran pada mesin.
- Pemakaian bahan bakar yang efisien, yaitu penggunaan bahan bakar tiap liter dapat mencapai jarak tempuh yang semaksimal mungkin atau km/liternya cukup tinggi
- Bebas dari pengotoran ruang bakar.

2.6 Energi Disosiasi

Energi disosiasi ikatan didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk memutuskan satu mol ikatan kimia suatu zat dalam fase gas. Satuan SI (standart internasional) untuk energi ikatan adalah kilojoule per mol ikatan (kJ/mol). Dengan demikian kekuatan suatu ikatan kimia ditentukan oleh energi ikatan yang besarnya tergantung pada sifat ikatan antar atom-atom, yaitu ikatan ganda dua yang ikatannya lebih kuat dibandingkan dengan ikatan tunggal dan ikatan ganda tiga yang ikatannya lebih

kuat dibandingkan dengan ikatan ganda dua. Selain itu terdapat hubungan antara energi disosiasi ikatan dan jarak ikatan, yaitu jarak antara inti dari atom-atom yang berikatan. Dimana semakin pendek jarak ikatannya, semakin kuat suatu ikatan kimia tersebut. Adapun data dari energi ikatan dan jarak ikatan untuk sejumlah ikatan kimia ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Energi ikatan dan jarak ikatan beberapa unsur dan senyawa

Ikatan	Energi ikatan, kJ/mol	Jarak ikatan		Ikatan	Energi ikatan kJ/mol	Jarak ikatan	
		Å	pm			Å	pm
H—H	435	0,74	74	C—O	360	1,43	143
H—C	414	1,10	110	C=O	736	1,23	123
H—N	389	1,00	100	C—Cl	326	1,77	177
H—O	464	0,97	97	N—N	163	1,45	145
H—F	565	1,01	101	N=N	418	1,23	123
H—Cl	431	1,36	136	N≡N	946	1,09	109
H—Br	364	1,51	151	F—F	155	1,28	128
H—I	297	1,70	170	Cl—Cl	243	1,99	199
C—C	347	1,54	154	Br—Br	192	2,28	228
C=C	611	1,34	134	I—I	151	2,66	266
C≡C	837	1,20	120				
C—N	305	1,47	147				
C=N	615	1,28	128				
C≡N	891	1,16	116				

Sumber: Petrucci, 1996 : 293

Karena energi disosiasi ikatan sangat tergantung pada lingkungan, yakni bagian-bagian dari molekul yang berdekatan dengan ikatan, maka nilai dari energi disosiasi ikatan merupakan harga rata-rata. Umumnya pada sebuah molekul, energi disosiasi ikatan bersifat kumulatif, yaitu energi disosiasi ikatan sebuah molekul merupakan penjumlahan masing-masing ikatan antar atom-atom didalam molekul tersebut.

Pembakaran adalah reaksi kimia eksotermis. Dengan demikian secara lebih fundamental bisa didefinisikan bahwa pembakaran adalah proses lepasnya ikatan-ikatan kimia lemah bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar menjadi atom-atom bermuatan yang aktif kemudian bereaksi dengan oksigen membentuk ikatan molekul-molekul kuat yang menghasilkan panas dalam jumlah sangat besar dan cahaya.

Ada banyak cara yang dipakai untuk melepas ikatan atom dalam molekul atau membuat molekul bermuatan salah satunya yaitu dengan pemanasan. Gerakan molekul-molekul bahan bakar dan pengoksidasi menjadi lebih cepat dan tumbukan molekul-

molekul menjadi sangat keras. Akibatnya beberapa atom dengan ikatan lemah lepas. Dengan demikian molekul bahan bakar akan bermuatan dan menjadi aktif. Karena tumbukan sangat keras maka terjadi dua peristiwa misalnya pada metana, sebuah atom H meloncat meninggalkan molekul sehingga setelah tumbukan metana menjadi bermuatan positif (CH_3^+) karena ditinggalkan oleh sebuah elektron sedangkan atom hidrogen menjadi positif karena diikuti oleh elektron (H^+). Molekul metana dan atom hidrogen yang bermuatan seperti ini disebut radikal. Radikal tersebut terbentuk karena H ditinggal oleh sebuah elektron sehingga menjadi kekurangan elektron atau kelebihan proton dan muatannya menjadi positif. Di lain pihak, CH_3 (metana) karena menarik elektron yang lepas pada H maka ada dua elektron ikut pada molekul tersebut sehingga metana menjadi kelebihan 2 buah elektron yang bermuatan negatif sehingga muatannya menjadi 2^- . Di lain pihak oksigen juga pecah menjadi dua. Secara sederhana pembentukan ion adalah sebagai berikut. Elektron mengikuti CH_3 karena masanya jauh lebih besar dari H sehingga secara logika hukum tarik menarik dua masa menyebabkan elektron akan tertarik ke masa yang lebih besar yang dimiliki oleh CH_3 . Peristiwa terbentuknya radikal bebas di api menyebabkan api bermuatan listrik. Ini adalah dasar yang bisa dipakai untuk mendiagnosis api yakni dengan mengukur daya hantar listrik sehingga bisa mengetahui karakteristik dari api. Atau dengan melihat warna dari api sehingga akan diketahui ion apa saja yang sebetulnya terbentuk selama proses pembakaran. Warna api adalah panjang gelombang dari getaran ion yang dominan di api. Warna api bahan bakar hidrokarbon hasil dari pembakaran sempurna umumnya berwarna biru yang menandakan bahwa proses pembakaran didominasi pembentukan ion CH . Jika pembakaran tidak sempurna karena kekurangan oksigen, maka sebagian karbon tidak terbakar dan bergetar pada panjang gelombang tertentu sehingga api menjadi berwarna merah kekuningan.

Dengan adanya ikatan yang panjang dan ikatan rangkap pada struktur kimia minyak jarak, diperlukan sejumlah energi dari luar yang dapat membantu memutuskan ikatan-ikatan kimia tersebut, sehingga proses pembakaran terjadi lebih cepat. Yaitu dengan memberikan energi panas dari luar pada minyak jarak diharapkan dapat mempengaruhi ikatan kimia antar atom, sehingga ikatannya menjadi lemah.

2.7 Motor Bakar Torak

Motor bakar torak termasuk salah satu jenis penggerak mula yang mengubah energi kimia bahan bakar kedalam bentuk energi panas atau potensial gas hasil pembakaran untuk melakukan kerja mekanik. Proses ini berlangsung dalam ruangan

yang dibatasi dinding silinder, kepala silinder, dan puncak torak, sehingga motor bakar ini termasuk dalam mesin pembakaran dalam (*Internal combustion engine*). Gas yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut berfungsi sebagai fluida kerja yang digunakan untuk menggerakkan torak yang oleh batang penghubung dihubungkan dengan poros engkol. Gerak translasi dari torak mengakibatkan terjadinya gerak rotasi atau putaran pada poros engkol dan begitu juga sebaliknya gerak rotasi dan poros engkol mengakibatkan gerak translasi pada torak.

Berdasarkan jenis penyalannya motor bakar di bagi 2 macam, yaitu :

1. *Spark Ignition Engines* (SIE), proses penyalan bahan bakar dengan bantuan loncatan bunga api listrik diantara dua elektroda busi, yaitu pada motor bensin.
2. *Compression Ignition Engines* (CIE), proses penyalan bahan bakar terjadi dengan sendirinya karena adanya tekanan dan temperatur yang tinggi dalam silinder, yaitu pada motor diesel.

Selain berdasarkan jenis penyalannya, motor bakar torak dapat juga dibedakan berdasarkan jumlah langkahnya tiap siklus, yakni motor bakar dua langkah dan motor bakar empat langkah. Motor bakar dua langkah adalah motor bakar yang memerlukan dua kali langkah torak dalam satu kali siklus kerjanya. Sedangkan motor bakar empat langkah adalah motor bakar yang dalam satu kali siklus kerjanya memerlukan empat kali langkah torak. Satu kali langkah torak adalah gerak torak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya.

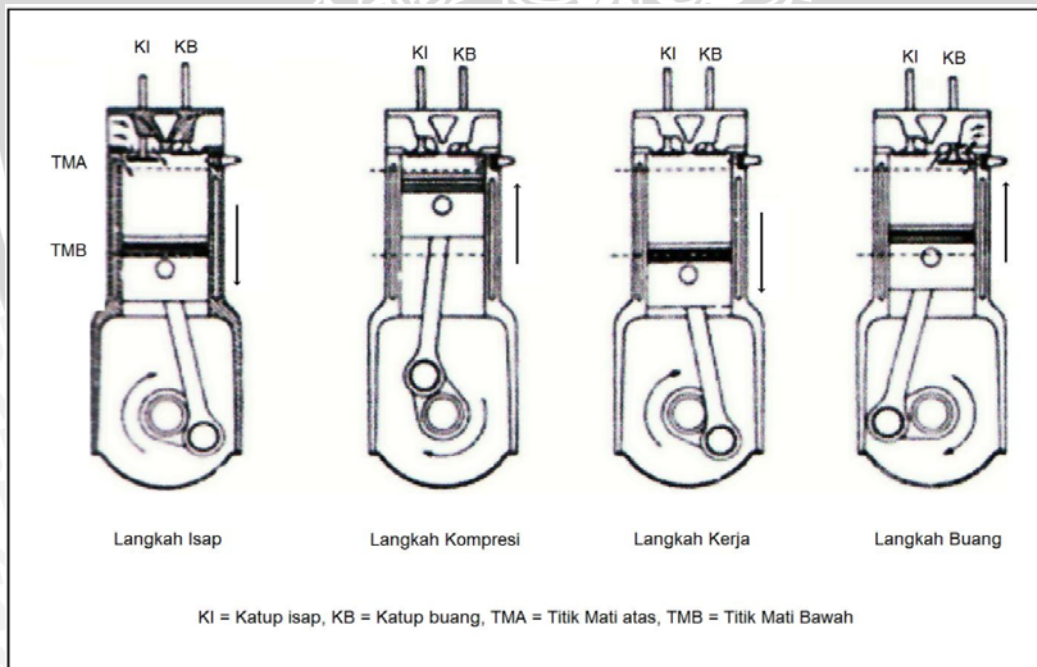
2.7.1. Motor Otto

Motor Otto atau lebih dikenal dengan motor bensin dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi digunakan untuk menyalakan campuran bahan bakar dan udara. Karburator adalah tempat percampuran bahan bakar dengan udara, dimana bahan bakar tersebut disemprotkan melalui *pilot* dan *main jet* akibat perbedaan tekanan pada lubang venturi yang dialiri oleh udara. Campuran tersebut kemudian masuk kedalam ruang bakar melalui *intake manifold* dan dibakar oleh percikan bunga api listrik dari busi menjelang langkah kompresi, sehingga menghasilkan gas pembakaran sebagai fluida kerja yang digunakan untuk melakukan kerja.

2.7.2 Siklus Termodinamika Motor Bensin

Proses termodinamika dan kimia yang terjadi di dalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisis menurut teori. Untuk memudahkan analisis perlu membayangkan bahwa proses tersebut sebagai suatu keadaan yang ideal, akan tetapi dengan sendirinya akan semakin jauh menyimpang dari keadaan yang sebenarnya. Pada mesin yang ideal proses pembakaran yang menghasilkan gas bertekanan dan bertemperatur tinggi tersebut dimisalkan sebagai proses pemasukan panas ke dalam fluida kerja di dalam silinder.

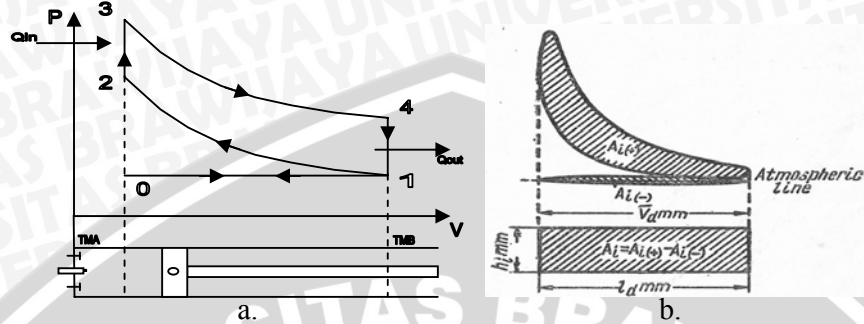
Pada motor Otto empat langkah torak bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), dimana setiap kali bergerak dari TMA ke TMB ataupun dari TMB ke TMA dihitung satu kali langkah. Oleh karena itu pada motor bakar empat langkah pada setiap siklusnya terdiri dari empat kali gerakan torak atau dua kali putaran poros engkol. Untuk memperjelas prinsip kerja motor *Otto* empat langkah tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Skema langkah kerja motor bakar empat langkah.

Sumber : Arismunandar, 2002 : 8

Dengan siklus termodinamika atau siklus udara standar dipergunakan udara sebagai fluida kerja dalam sebuah sistem tertutup, seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Siklus Otto Teoritis (a) dan Siklus Otto Aktual (b)

1. Langkah isap (*Suction Stroke*) (0-1)

Langkah isap terjadi pada proses isobarik. Langkah isap dimulai pada TMA, yakni bila torak mulai bergerak ke bawah menuju TMB. Pada aktualnya katup isap sudah terbuka sebelum torak mencapai TMA, hal ini untuk menghasilkan lubang isap yang luas pada langkah isap volumenya semakin besar tetapi nilai tekanannya tidak konstan seperti yang terjadi pada siklus ideal. Pada langkah isap aktual nilai tekanan lebih rendah dari tekanan atmosfer agar udara dapat masuk kedalam ruang silinder.

2. Langkah kompresi (*Compression Stroke*) (1-2)

Torak bergerak dari posisi TMB ke TMA, dengan KI dan KB tertutup, sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperature di dalam sinder. Ketika langkah kompresi proses yang seharusnya terjadi adalah isentropik (*adiabatic* dan *reversible*), tetapi pada aktualnya tidak terjadi adibatik karena adanya perpindahan panas.

3. Langkah pembakaran (2-3)

Pada siklus ideal proses yang terjadi adalah isokhorik. Pada siklus ideal pembakaran dimulai dengan percikan bunga api ketika torak berada pada TMA, tetapi pada siklus aktual pembakaran dimulai sebelum mencapai titik TMA, hal ini karena jika busi dinyalakan ketika TMA maka ada kemungkinan denotasi yang dapat menyebabkan *knocking*, karena bahan bakar tidak mampu menahan kompresi yang tinggi. Didalam siklus Otto ideal berbagai kondisi operasi puncak lebih tinggi. Dalam siklus aktual puncak terpancung, karena proses pembakaran

bukanlah penambahan panas pada volume tetap, yaitu pada TMA, tetapi suatu reaksi kimia yang berlangsung dalam suatu periode waktu mencakup bagian akhir langkah kompresi dan bagian langkah kerja mesin.

4. Langkah ekspansi (*Expansion Stroke*) (3-4)

Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA dan berakhir pada posisi TMB saat KB mulai terbuka pada awal langkah buang. Langkah ekspansi pada proses ini sering disebut dengan *power stroke* atau langkah kerja. Langkah ekspansi pada aktual tidak isentropik seperti siklus ideal, hal ini karena terjadi perpindahan panas.

5. Langkah buang (4-1)

Langkah buang dimulai pada TMB, yaitu ketika torak menuju TMA dengan kondisi katup buang terbuka dan katup isap tertutup. Pada langkah buang aktual tidak terjadi proses volume konstan seperti siklus ideal, hal ini karena katup buang terbuka sebelum torak mencapai TMB setelah proses ekspansi.

2.7.3. Siklus Aktual Motor Otto Empat Langkah

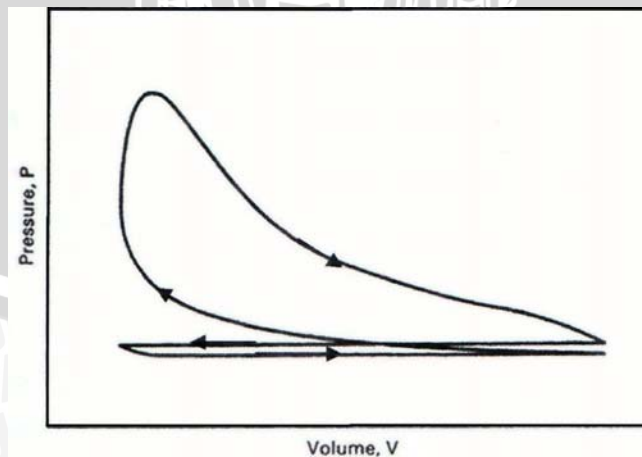
Proses langkah kerja motor Otto empat langkah dalam kenyataannya tidak dapat bekerja dalam kondisi ideal. Menurut Arismunandar, W (2002:29), penyimpangan dari siklus ideal itu terjadi karena dalam keadaan sebenarnya terjadi kerugian yang antara lain disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup tidak sempurna.
2. Katup tidak dibuka dan ditutup tepat di TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja.
3. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung.
4. Pada motor bakar torak yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Kenaikan tekanan dan temperatur fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder.
5. Proses pembakaran memerlukan waktu, tidak berlangsung sekaligus. Akibatnya proses pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar

yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian proses pembakaran harus sudah dimulai beberapa saat sebelum torak mencapai TMA dan berakhir beberapa saat setelah torak meninggalkan TMA menuju TMB. Jadi proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume konstan atau pada tekanan konstan.

6. Terdapat kerugian kalor yang disebabkan oleh perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, terutama pada langkah kompresi, ekspansi dan pada waktu gas buang meninggalkan silinder. Perpindahan kalor tersebut terjadi karena terdapat perbedaan temperatur antara fluida kerja dengan fluida pendingin. Fluida pendingin diperlukan untuk mendinginkan bagian mesin yang menjadi panas, untuk mencegah kerusakan.
7. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitar. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik.
8. Terjadi kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

Dalam siklus udara standar, langkah buang dan langkah isap tidak diperlukan karena fluida kerja udara tetap berada di dalam silinder. Apabila tekanan gas dan volume silinder secara bersamaan pada setiap posisi torak dapat diukur maka dapat digambarkan siklus aktual motor Otto, yang bentuknya seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Siklus aktual motor Otto empat langkah

Sumber : Pulkrabek, 2004 : 48

Berdasarkan semua hal tersebut maka bentuk diagram P – V dari siklus yang sebenarnya tidak sama dengan bentuk diagram siklus ideal. Pada siklus yang sebenarnya tidak pernah terjadi suatu dengan volume konstan atau tekanan konstan. Karena semua penyimpangan diatas menimbulkan kerugian energi, maka sebaiknya diusahakan agar siklus yang sebenarnya dapat mendekati siklus yang ideal.

2.8. Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar dengan bantuan energi dari luar (energi aktivasi) disertai dengan timbulnya cahaya (*flame*) dan menghasilkan kalor (Turns, 1996:12). Energi tersebut berfungsi sebagai pemutus ikatan-ikatan molekul bahan bakar menjadi radikal bebas (ion) yang sangat reaktif. Ion-ion akan bereaksi dengan oksigen membentuk ikatan yang lebih kuat dan kelebihan-kelebihan energi ikatan akan dilepas sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang sangat tinggi.

Pada proses pembakaran terdapat dua peristiwa utama yang terjadi, yaitu:

1. Komposisi spesies campuran berubah terhadap waktu dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler.
2. Ikatan-ikatan molekul yang lemah terlepas, kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikat akan dilepas ke dalam sistem yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur.

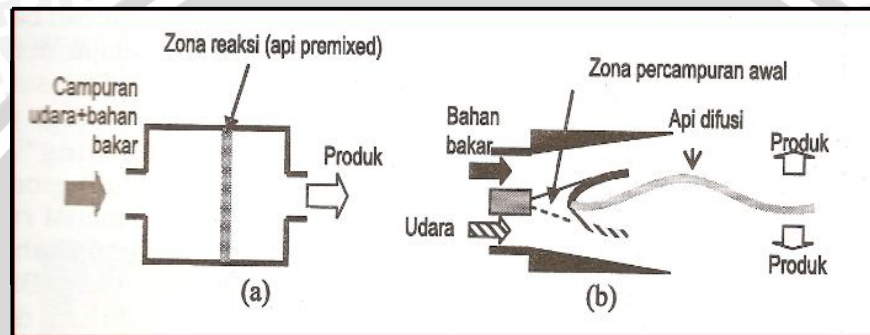
Berdasarkan dua peristiwa di atas terdapat dua hal yang sangat penting yang harus dipenuhi agar proses pembakaran bisa berlangsung, antara lain kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi. Kesetimbangan massa yang diperlukan disebut stoikiometri sedangkan kesetimbangan energi yang diterapkan ketika proses pembakaran berlangsung diturunkan dari prinsip-prinsip termokimia (Wardana, 1996:11).

Berdasarkan kondisi campuran bahan bakar dengan oksigen, pembakaran dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Pembakaran difusi yaitu proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur sendiri secara alami melalui proses difusi selanjutnya baru terjadi pembakaran. Pembakaran difusi lebih didominasi oleh pengadukan (*mixing*) reaktannya dan reaksi terjadi pada jarak antara bahan bakar dan oksidator.

2. Pembakaran *premixed* adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) sebagai pengoksidasi sudah bercampur terlebih dahulu secara mekanik sebelum terjadi pembakaran. Keberhasilan dari pembakaran *premixed* dipengaruhi oleh faktor homogenitas campuran udara dan bahan bakar, dimana pembakaran pada campuran udara dan bahan bakar yang tidak homogen menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna dan tekanan yang dihasilkan tidak maksimal.

Seperti tampak pada gambar 2.8 dibawah ini



Gambar: 2.8 Cara reaktan terbakar. (a) pembakaran premix; (b) Pembakaran difusi

Sumber: Wardana, 2008 : 149

Pada proses pembakaran selalu diusahakan untuk terjadinya pembakaran yang sempurna, karena itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Penguapan yang efisien dari bahan bakar.
2. Digunakan cukup udara .
3. Harus terjadi campuran yang homogen antara bahan bakar dan udara.
4. Temperatur pembakaran harus cukup tinggi.

Jika salah satu syarat ini tidak dipenuhi maka tidak akan terjadi pembakaran sempurna. (Soetiari Tj,1990:35).

2.9. Kinerja Motor Bensin

Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri. Parameter-parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam penelitian ini meliputi:

1. Ionisasi Pembakaran (v)
2. Waktu Pembakaran (ms)
3. Torsi (T)

4. Daya efektif (Ne)
5. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)
6. Efisiensi Termal Efektif (η_e)
7. Emisi gas CO
8. Emisi gas HC

2.9.1. Ionisasi Pembakaran

Ionisasi Pembakaran merupakan ion – ion yang terbentuk dari hasil pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar. Untuk mengetahui besarnya ionisasi pembakaran dalam ruang bakar digunakan ion probe yang dihubungkan dengan *oscilloscope*, dimana pada *oscilloscope* akan dihasilkan sebuah grafik yang mana besarnya ionisasi pembakaran ditentukan oleh sumbu y atau arah vertical.

2.9.2. Waktu Pembakaran

Waktu pembakaran ialah lama waktu yang dibutuhkan untuk membakar campuran bahan bakar dengan udara didalam ruang bakar. Untuk mengetahui lama waktunya digunakan ion probe yang dihubungkan dengan *oscilloscope*, dimana pada *oscilloscope* akan dihasilkan sebuah grafik yang mana besarnya waktu pembakaran ditentukan oleh sumbu x atau arah horizontal

2.9.3. Torsi

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut dynamometer, yang akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman ada poros, sehingga harga torsi dapat dicari dari hubungan antara perkalian besarnya beban pengereman dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Besarnya torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F \cdot L \text{ [Kg.m]} \quad (2 - 1)$$

dengan :

T = torsi yang dihasilkan (kg.m)

F = besarnya beban pengereman (Kg)

L = panjang lengan dynamometer = 0,358 (m)

2.9.3. Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak, dimana sebagian dari daya ini digunakan untuk mengatasi gesekan mekanis, misalnya gesekan antara torak dan dinding silinder, gesekan antara poros dan bantalan, untuk menggerakkan peralatan bantu (pendingin, kipas radiator, dsb), dan lainnya.

Daya efektif didapatkan dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan anguler poros (ω). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi n}{60 \cdot 72} = \frac{Tn}{716.2} \text{ [PS]} \quad (2 - 2)$$

dengan :

N_e = daya efektif (PS)

T = torsi (Kg.m)

ω = kecepatan anguler poros ($\text{rad} \cdot \text{detik}^{-1}$)

n = putaran poros (rpm)

2.9.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1PS selama 1 jam. Konsumsi bahan bakar diukur dengan menggunakan tabung ukur yang telah diketahui volumenya. Bahan bakar akan dialirkan melalui tabung ukur ini kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut pada saat mesin bekerja. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan ke dalam satuan kg/jam, maka akan diperoleh rumusan :

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \gamma_f \cdot \frac{3600}{1000} \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]} \quad (2 - 3)$$

dengan :

F_c = konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

b = volume bahan bakar selama t detik (ml)

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b ml (dt)

γ_f = berat spesifik bahan bakar (kg.lt⁻¹)

Dari nilai konsumsi bahan bakar (F_c) di dapat *Specific Fuel Consumption effective* (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut :

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ [kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}] \quad (2-4)$$

dengan :

SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg.PS⁻¹.jam⁻¹)

Fc = konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

Ne = daya efektif (PS)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif dapat dijadikan ukuran ekonomis dan tidaknya pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang rendah menunjukkan efisiensi termal efektif yang tinggi karena efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik tersebut.

2.9.6. Efisiensi Termal Efektif (η_e)

Efisiensi termal efektif merupakan perbandingan antara kalor yang dirubah menjadi daya efektif dengan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Efisiensi termal efektif merupakan suatu ukuran untuk mengetahui ekonomis atau tidaknya dalam pemakaian bahan bakar, karena nilai dari efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik. Jadi jika konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin turun, maka efisiensi termal efektif akan meningkat. Besarnya efisiensi termal efektif dihitung dengan rumus:

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{0,92 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{0,92}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \text{ (%) } \quad (2-5)$$

dengan :

η_e = efisiensi termal efektif (%)

Qe = jumlah kalor yang digunakan untuk daya efektif (kkal.kg⁻¹)

Qb = jumlah kalor pembakaran bahan bakar dan udara (kkal.kg⁻¹)

LHV_{bb} = nilai kalor rendah bahan bakar (kkal.kg⁻¹)

2.9.7. Analisa Emisi Gas CO dan HC

Sisa hasil pembakaran pada motor bakar adalah berupa gas CO₂, O₂, CO, HC dan polutan-polutan lain. Namun sebagian besar kandungan gas buang tersebut adalah CO₂, CO, HC, O₂, dan N₂. Emisi gas buang yang dianalisis pada penelitian ini adalah gas CO dan HC karena gas CO merupakan salah satu indikator sempurna atau tidaknya pembakaran yang terjadi. Kadar emisi gas CO dan HC dapat diukur dengan menggunakan *gas analyzer*.

2.10. Kerangka Pemikiran Teoritis

Minyak jarak pagar itu memiliki struktur kimia dengan rantai yang panjang dan beberapa ikatan rangkap, yang menyebabkan rantai sulit putus jika ada panas, sehingga sulit terbakar. Untuk mengatasi hal tersebut maka minyak jarak perlu diberikan perlakuan terlebih dahulu untuk melemahkan ikatan rantai tersebut agar mudah terbakar. Perlakuan yang diberikan adalah dengan memberikan panas sebelum minyak jarak dimasukkan ke ruang bakar hingga minyak jarak berubah wujud menjadi uap. Dengan makin banyaknya panas yang diberikan, maka semakin besar tumbukan elektron dalam molekul minyak jarak. Sehingga rantai struktur kimia minyak jarak pagar, ikatannya semakin melemah. Dengan semakin melemah ikatannya, maka uap minyak jarak menjadi mudah terbakar. Sehingga pada akhirnya, karakteristik minyak jarak pagar mendekati karakteristik bensin.

Minyak jarak murni atau CJO (*Crude Jatropha Oil*) merupakan minyak yang terdiri dari dua unsur pembentuk yaitu FFA (*Free Fatty Acid*) dan *Glycerol*, dimana *Flash Point* atau titik nyala dari kedua unsur tersebut berbeda. *Glycerol* mempunyai titik nyala yang jauh lebih tinggi dari pada FFA, jika minyak jarak dipanaskan maka tegangan permukaan *Fatty Acid* makin melemah terlebih dahulu yang dikarenakan titik didih yang rendah daripada *Glycerol*. Dengan melemahnya *Fatty Acid* terlebih dahulu maka terjadi perbedaan tegangan permukaan antara *Fatty Acid* dengan *Glycerol* yang mempunyai titik didih lebih tinggi. Dengan adanya perbedaan tegangan tersebut maka ikatan molekul pada minyak jarak akan semakin lemah sehingga akan semakin mudah terbakar.

2.11.Hipotesa

Semakin besar persentase uap minyak jarak yang ditambahkan dengan cara memberi panas akan melemahkan ikatan kimianya, seiring dengan naiknya tekanan dan temperatur saat langkah kompresi pada ruang bakar sehingga ionisasi yang terjadi lebih intensif mengakibatkan pembakaran berlangsung sempurna serta kinerja mesin akan meningkat tetapi akan menurun jika ditambahkan secara berlebihan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental. Metode ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung untuk mengetahui pengaruh variasi debit injeksi uap minyak jarak pagar pada *Intake manifold* terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin.

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*independent variable*)

Variabel bebas ialah variabel yang besarnya kita tentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase uap minyak jarak terhadap volume bahan bakar yaitu sebesar 0%, 5%, dan 10%.

2. Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Ionisasi Pembakaran (v)
2. Waktu Pembakaran (ms)
3. Torsi (T)
4. Daya efektif (Ne)
5. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCE)
6. Efisiensi Termal Efektif (η_e)
7. Emisi gas CO (% vol)
8. Emisi gas HC (% vol)

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya di buat konstan atau tetap pada waktu penelitian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah Putaran mesin (rpm) yaitu 1200rpm, 1700rpm, 2200rpm, 2700rpm, 3200rpm.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan oktober 2009 sampai selesai. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang. untuk mendapatkan Ionisasi pembakaran dan kinerja mesin yang akan dibahas sebagai hasil penelitian.

3.4 Tabel Data Penelitian

Tabel data penelitian dengan melibatkan satu variabel yaitu variasi bensin dan uap minyak jarak, dimana:

Data hasil pengujian terhadap motor bensin 4 langkah dengan penambahan uap minyak jarak pada setiap prosentase (0%, 5%, dan 10%)

Putaran (Rpm)	F (kg)	P ₁ -P ₂ (mmH ₂ O)	Tud (°C)	Teg (°C)	Tw _i (°C)	Two (°C)	Ww (Ltr/jm)	T (detik)	b (ml)
1200									
1700									
2200									
2700									
3200									

3.5 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian :

1. Motor bakar torak

Mesin yang digunakan :

- Merk/tipe : Datsun
- Model : 9WE-80-100-HS-Av
- Negara pembuat : Jepang
- Siklus : Empat langkah

- Jumlah silinder : 4 (empat)
- Diameter silinder : 78 mm
- Panjang langkah torak : 82 mm
- Volume langkah torak : 1567 cm^3
- Perbandingan kompresi : 9 : 1
- Pendingin : Air
- Daya poros : 80 BHP / 5000 rpm

2. Dinamometer

Alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya gaya pengereman (BHP), untuk menghitung besarnya torsi.

3. Stopwatch

Alat yang digunakan untuk mengetahui waktu penggunaan bahan bakar per satuan waktu

4. Tachometer

Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar mesin, satuan yang digunakan adalah rpm (*rotation per minute*)

5. Oscilloscope dan Ion Probe

Oscilloscope dan Ion Probe berfungsi untuk mengukur sinyal ion. Seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 : Oscilloscope dan Ion Probe

Sumber : Dokumentasi Pribadi

6. Gelas Stainless Steel

Berfungsi untuk ruang penguapan minyak jarak dengan cara dipanaskan.

Untuk membantu proses penguapan, ditambahkan *ball bearing*

7. Kompor Gas

Berfungsi sebagai pemanas ruang penguapan atau gelas stainless steel untuk menguapkan minyak jarak.

8. Tabung dan Selang infus

Tabung infus berguna sebagai tempat menampung minyak jarak dan selang infus berguna mengatur debit minyak jarak menuju tempat penguapan dengan mekanisme keran seperti tampak pada gambar 3.2



Gambar 3.2 : Tabung dan selang infus

9. Pipa tembaga

Pipa tembaga berfungsi sebagai penyalur uap minyak jarak dari ruang penguapan menuju ke arah *intake manifold*. Agar tidak ada panas yang keluar pada pipa, ditambahkan isolator sepanjang pipa tembaga yang berbahan dasar dari asbes seperti tampak pada gambar 3.3



Gambar 3.3 : Pipa tembaga

Bahan yang digunakan adalah :

1. Bensin sebagai bahan bakar utama yang diperoleh dari SPBU
2. Minyak jarak murni sebagai minyak yang akan diuapkan dan diinjeksikan ke *intake manifold* seperti tampak pada gambar 3.4 dibawah ini



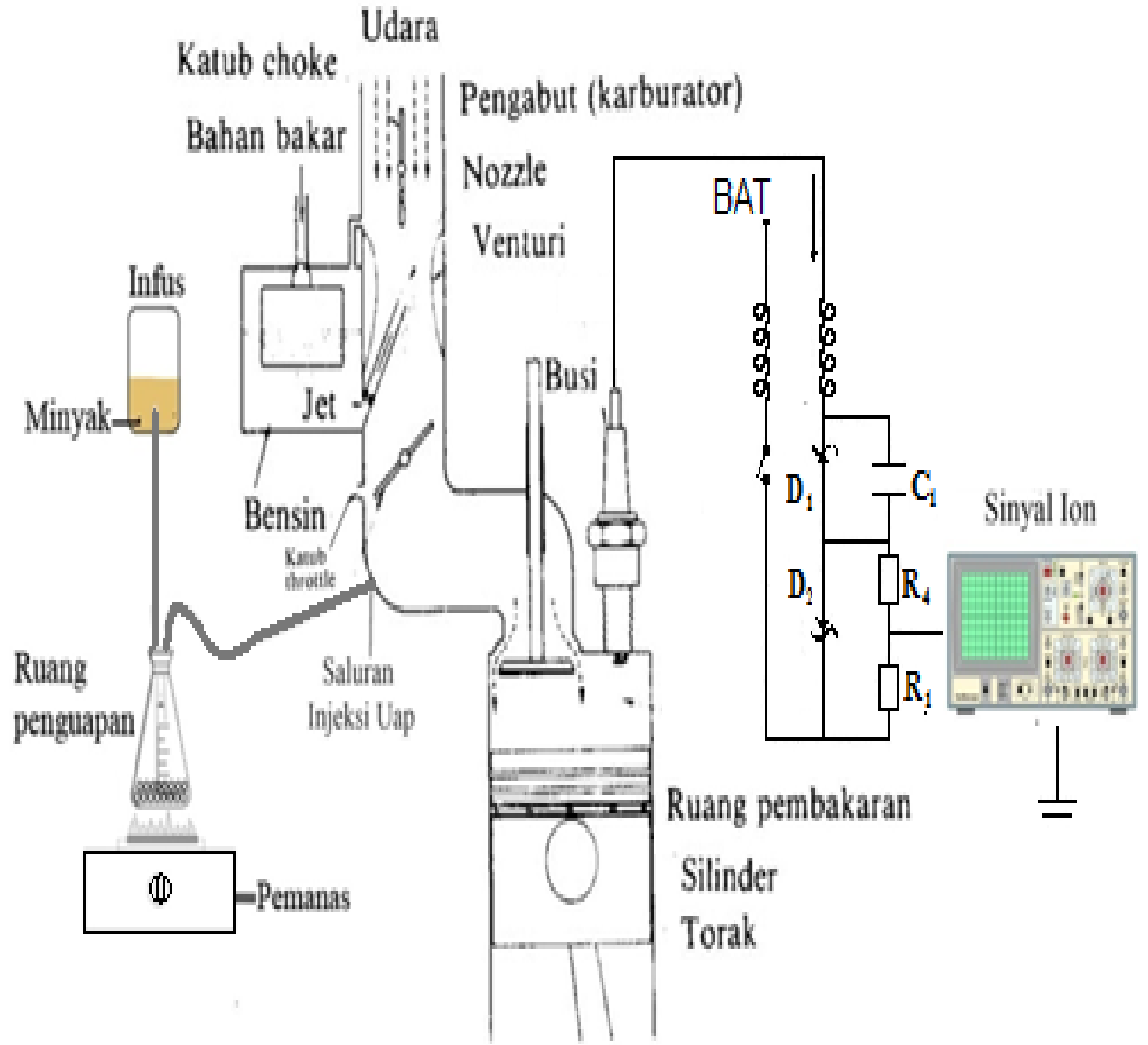
minyak jarak murni

Gambar 3.4 : Minyak Jarak Murni

Sumber : Erliza., 2007.

3.6 Instalasi penelitian

Instalasi penelitian yang dirancang adalah seperti pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 : Instalasi penelitian

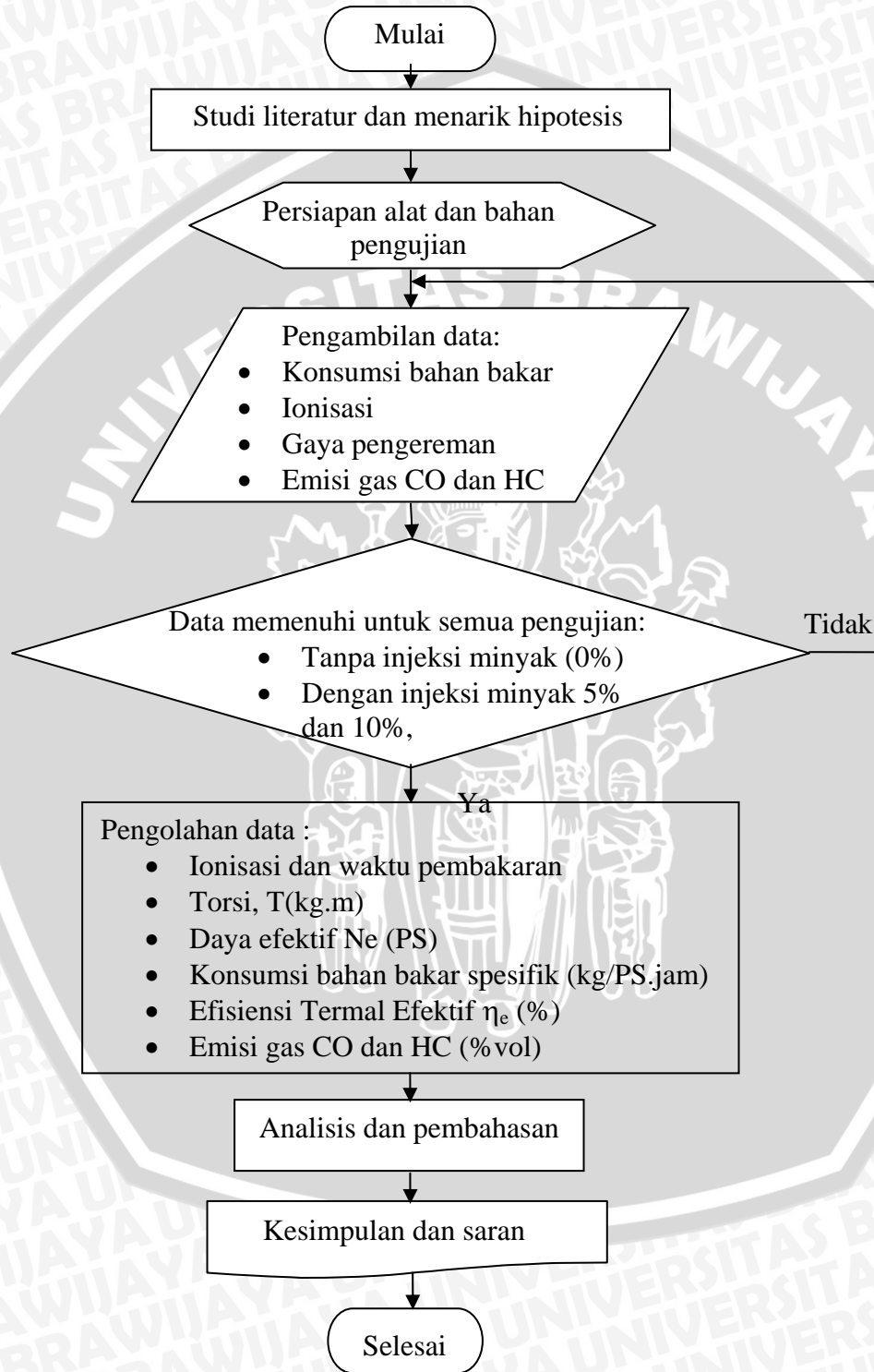
3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin bensin yang akan di uji dan alat alat ukur yang akan digunakan
2. Mempersiapkan sensor ion (ion probe) yang dihubungkan dengan *Oscilloscope*. seperti tampak pada lampiran 2 dan lampiran 3
3. Mengambil data nilai *specific fuel consumption* masing masing rpm yang akan dipakai (1200rpm, 1700rpm, 2200rpm, 2700rpm, 3200rpm) pada keadaan normal.
4. Mengatur debit minyak kapuk sesuai dengan prosentase yang akan dipakai pada pengujian yaitu 0%, 5%, dan 10%. Dimulai dengan 0% terlebih dahulu pada 1200rpm, kemudian dilanjutkan pada 1700rpm, 2200rpm, 2700rpm, 3200rpm
5. Mengambil data pada masing-masing rpm antara lain Ionisasi dan Waktu Pembakaran, Torsi (T), Daya efektif (N_e), Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe), Efisiensi Termal Efektif (η_e), Emisi gas CO dan HC
6. Setelah pengujian dengan prosentase 0 % selesai maka dilanjutkan dengan prosentase 5%, dan 10% dengan menggunakan cara yang sama.
7. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dilakukan pembahasan lalu diambil kesimpulan

3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan seperti tampak pada gambar 3.6 berikut



Gambar 3.6 : Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh selama pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pengujian : Variasi Putaran
2. Bukaannya *throttle* : 20%
3. Temperatur Bola kering : 30
4. Temperatur Bola basah : 28.5
5. Kelembapan relatif : 78%
6. Tekanan udara : 716 mmHg
7. Volume bahan bakar : 30 ml
8. LHV bahan bakar
 - a. Bensin : 11000 kal/gram
 - b. Minyak Jarak : 9470 kal/gram

Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dapat dilihat pada tabel 4.1 sampai tabel 4.4 berikut ini

Tabel 4.1 Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah pada kondisi standart

Putaran (Rpm)	F (kg)	P ₁ -P ₂ (mmH ₂ O)	Tud (°C)	Teg (°C)	Twi (°C)	Two (°C)	Ww (Ltr/jm)	T (detik)	b (ml)
1200	20	3,5	33	580	26	55	400	24,44	30
	20	3,5	33	580	26	55	400	24,51	30
	20	3,5	33	570	26	55	400	24,55	30
1700	19	6	33	610	26	55	400	18,73	30
	19	6	33	610	26	55	440	18,69	30
	19	6	33	610	26	55	440	18,70	30
2200	18,5	9	33	640	27	58	480	15,77	30
	18,5	9	33	650	27	58	480	15,88	30

	18,5	9	33	650	27	58	480	15,59	30
2700	15,5	11	33,5	670	27	60	540	13,76	30
	15,5	11	33,5	670	27	60	540	13,89	30
	15,5	11	33,5	670	27	60	540	14,15	30
3200	12,5	13	34	690	27	61	550	12,75	30
	12,5	13	34	690	27	61	550	12,86	30
	12,5	13	34	690	27	61	550	12,93	30

Tabel 4.2 Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan persentase injeksi uap minyak jarak 5%

Putaran (Rpm)	F (kg)	P ₁ -P ₂ (mmH ₂ O)	Tud (°C)	Teg (°C)	Tw _i (°C)	Two (°C)	Ww (Ltr/jm)	T (detik)	b (ml)
1200	20,5	3,5	33	540	29	54	400	24,19	30
	20,5	3,5	33	540	29	54	400	24,54	30
	20,5	3,5	33	540	29	56	400	24,01	30
1700	19,5	6	33,5	600	29,5	57	440	18,49	30
	19,5	6	33,5	600	29,5	57	440	18,46	30
	19,5	6	33,5	600	29,5	57	440	18,71	30
2200	19	8	33,5	650	29,5	58	480	15,22	30
	19	8	33,5	640	29,5	58	480	15,44	30
19	8	33,5	650	29,5	58	480	15,24	30	
2700	15,5	10	33,5	660	29,5	59	520	13,85	30
	15,5	10	33,5	660	29,5	59	520	14,04	30
	15,5	10	33,5	660	29,5	59	520	13,97	30
3200	12	11	33,5	680	29,5	60	560	12,19	30
	12	11	33,5	680	29,5	60	560	13,25	30
	12	11	33,5	680	29,5	60	560	13,15	30

Tabel 4.3 Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan persentase injeksi uap minyak jarak 10%

Putaran (Rpm)	F (kg)	P ₁ -P ₂ (mmH ₂ O)	Tud (°C)	Teg (°C)	Tw _i (°C)	Two (°C)	Ww (Ltr/jm)	T (detik)	b (ml)
1200	20,5	3,5	34	600	30	64	400	23,84	30
	20,5	3,5	34	600	30	64	400	24,09	30
	20,5	3,5	34	600	30	64	400	23,93	30
1700	20	6	34	640	30	64	440	18,15	30
	20	6	34	640	30	64	440	18,49	30
	20	6	34	640	30	64	440	18,48	30
2200	18,5	7,5	34	640	30	62	460	15,95	30
	18,5	7,5	34	640	30	62	460	15,95	30
	18,5	7,5	34	650	30	62	460	16,03	30
2700	14,5	9	34,5	660	30	63	500	14,20	30
	14,5	9	34,5	660	30	63	500	14,30	30
	14,5	9	34,5	660	30	63	500	14,52	30
3200	11	10	35	660	30	65	540	13,34	30
	11	10	35	660	30	65	540	13,32	30
	11	10	35	660	30	65	540	13,20	30

Tabel 4.4 Data hasil emisi gas CO dan HC terhadap motor bensin empat langkah dengan variasi persentase injeksi uap minyak jarak

RPM	Gas Buang											
	CO			CO ₂			HC			O ₂		
	0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%
1200	1,356	1,924	2,078	10,10	9,08	8,35	186	171	128	5,19	6,13	5,56

1700	1,098	1,530	1,498	8,58	8,09	6,96	141	112	116	7,43	7,85	8,13
2200	1,186	1,957	1,765	8,64	9,14	8,02	147	119	127	7,31	6,01	6,13
2700	1,587	2,247	2,007	10,37	9,84	8,52	170	142	138	4,67	4,60	5,19
3200	1,843	2,509	2,574	10,830	9,93	7,90	156	116	241	3,660	4,38	5,53

4.1.2 Perhitungan Data

Dari data pengujian dapat dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh perhitungan, diambil data dari pengujian pada kondisi mesin standart terhadap torsi, daya efektif, efisiensi termal efektif dan konsumsi bahan bakar spesifik. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Putaran mesin (n) = 1200 rpm
2. Besar beban pengereman (F) = 20 kg
3. Panjang lengan *dynamometer* (L) = 0,358 m
4. Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 24,5
5. Debit air pendinginan (Ww) = 400
6. Temperatur air pendinginan masuk (Twi) = 26
7. Temperatur air pendinginan keluar (Two) = 55
8. Temperatur udara masuk (Tud) = 33
9. Temperatur gas buang (Teg) = 580
10. Berat spesifik bahan bakar (γ_f) = 0,710 kg.liter⁻¹
11. Nilai kalor rendah bahan bakar (LHV) = 11000 kcal/jam

Dari hasil data pengujian motor bakar empat langkah pada tabel 4.1 didapatkan nilai dari:

1. Torsi (T)

$$T = F \cdot L \text{ [kg.m]}$$

$$T = 20 \times 0,358$$

$$\text{Torsi (T)} = 7,16 \text{ [kg.m]}$$

2. Daya Efektif (Ne)

$$Ne = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ [PS]}$$

$$N_e = \frac{7,16 (1200)}{716,2}$$

$$N_e = 11,996 \text{ [PS]}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)

$$F_c = \frac{b}{e} \cdot \gamma_f \cdot \frac{8000}{1000} \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$F_c = \frac{80}{24,8} \times 0,710 \times \frac{8000}{1000} \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$F_c = 3,1298 \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$\text{SFCe} = \frac{F_c}{N_e} \text{ [kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{]}$$

$$\text{SFCe} = \frac{3,1298}{11,996}$$

$$\text{SFCe} = 0,2609 \text{ [kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{]}$$

4. Efisiensi termal efektif (η_e)

$$\eta_e = \frac{482}{\text{SFCe} \cdot \text{LHV}_{bb}} \times 100\%$$

$$\eta_e = \frac{482}{0,2609 \times 11000} \times 100\%$$

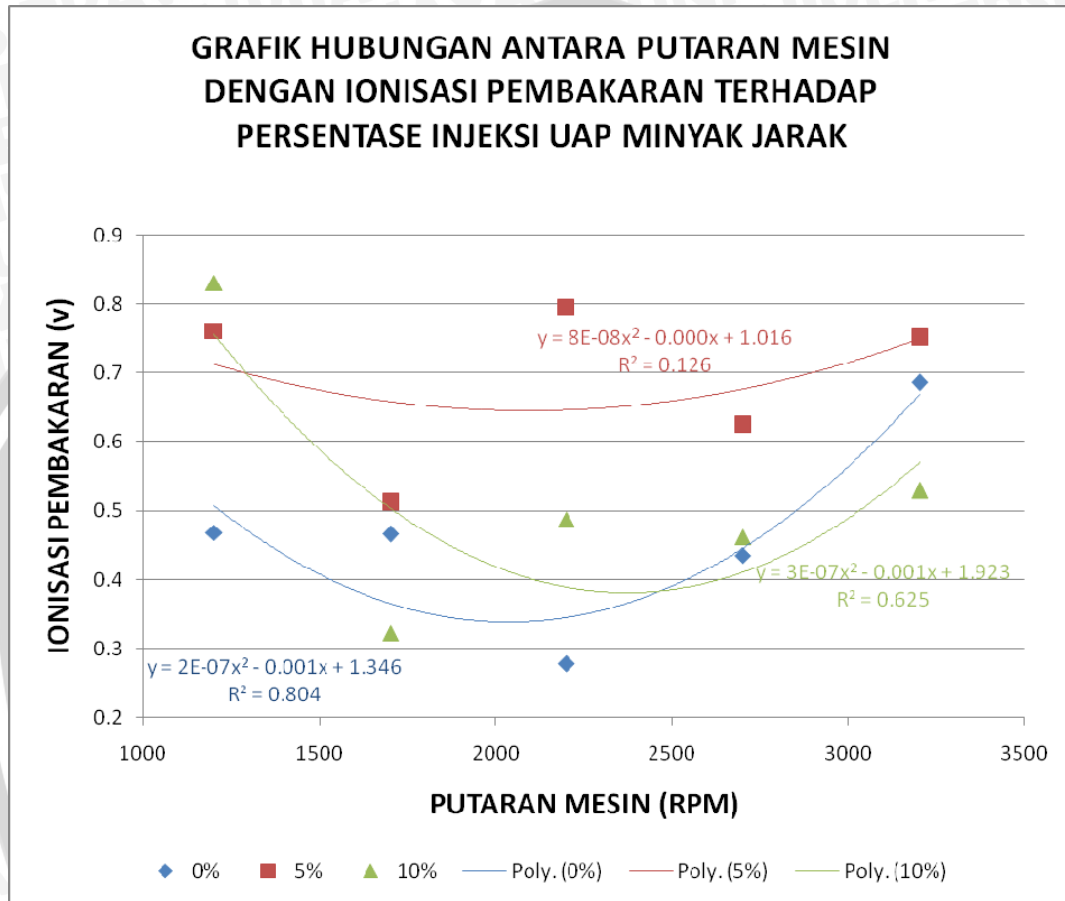
$$\eta_e = 22,022 \%$$

4.2 Pembahasan

Hasil pengolahan data pada pengujian motor bensin empat langkah ini dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara putaran mesin dengan karakteristik kinerja motor bensin yang meliputi ionisasi pembakaran, waktu pembakaran, torsi, daya efektif, *specific fuel consumption*, efisiensi termal efektif serta kandungan gas buang CO dan HC dimana pengukuran ionisasi pembakaran dan waktu pembakaran menggunakan *oscilloscope* yang hasilnya dapat dilihat pada lampiran 4 lalu diolah menjadi data numerik menggunakan sebuah program komputer yang *layout*-nya dapat kita lihat pada lampiran 5.

4.2.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Ionisasi Pembakaran

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan ionisasi pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan ionisasi pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

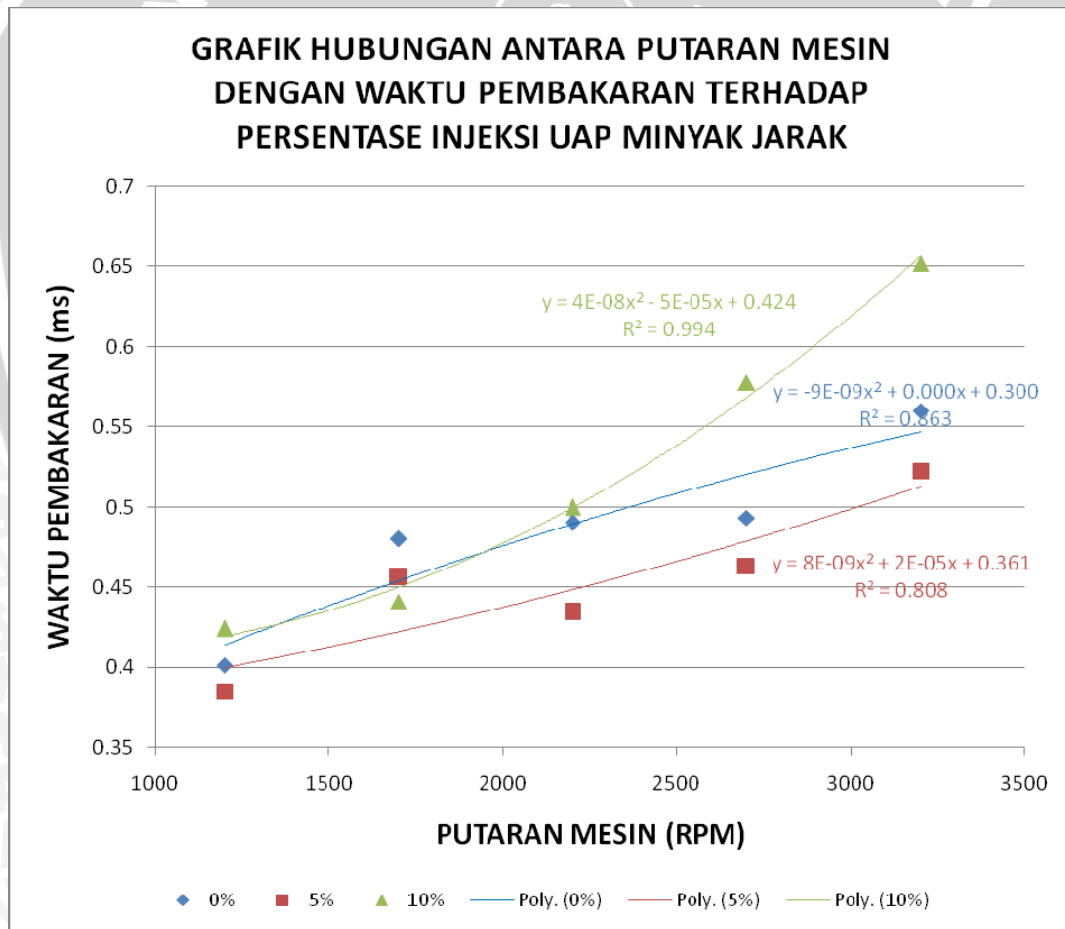
Dari grafik 4.1 menunjukkan bahwa pada putaran 1200-2200 ionisasi pembakaran yang dihasilkan cenderung menurun kemudian meningkat pada putaran 2200-3200. Hal ini disebabkan karena pada putaran 1200-2200, campuran bahan bakar dengan udara tidak sepenuhnya terbentuk ion-ion sehingga pembakaran yang terjadi kurang sempurna. Tetapi apabila putaran poros terus bertambah antara 2200-3200 maka ion-ion yang terjadi semakin banyak karena seiring dengan bertambahnya putaran maka tekanan dan panas dalam ruang bakar semakin meningkat sehingga membantu memecah

molekul-molekul campuran bahan bakar tersebut agar terpecah menjadi ion-ion. Oleh karena itu ionisasi pembakaran yang terjadipun semakin meningkat.

Bahan bakar dengan persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai ionisasi pembakaran yang paling tinggi dibandingkan dengan persentase injeksi uap minyak jarak 0% dan 10%. Hal ini disebabkan pada persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai campuran bahan bakar dan udara yang lebih proporsional daripada keadaan standart dan 10%.

4.2.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Waktu Pembakaran

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan waktu pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut



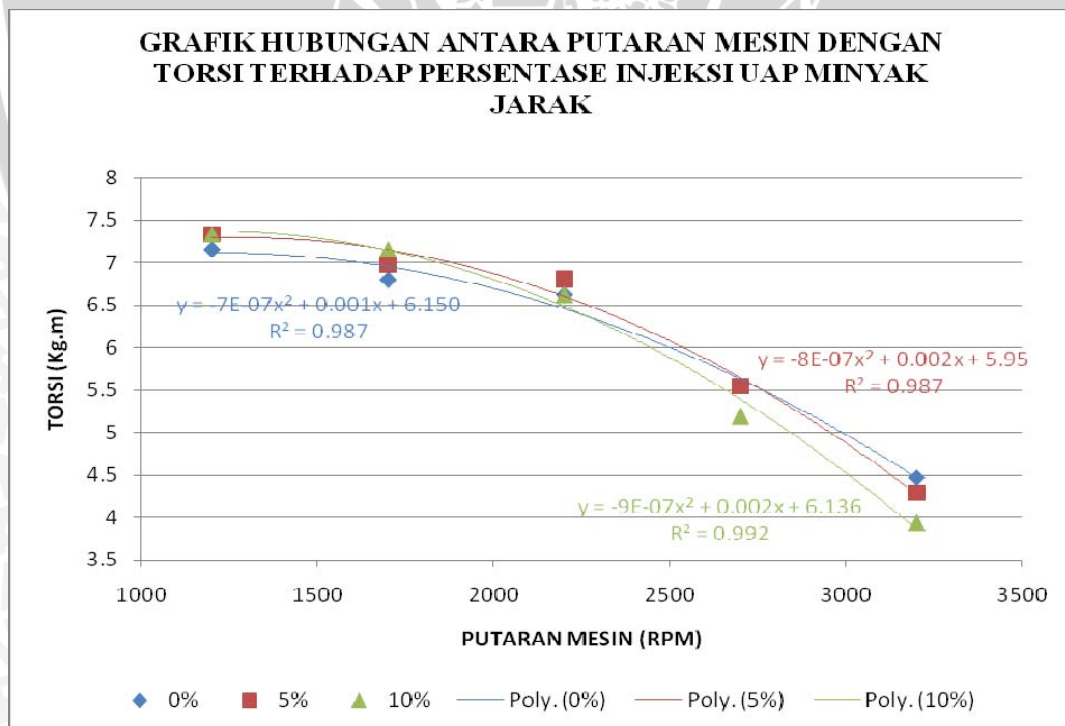
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan waktu pembakaran terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

Dari grafik 4.2 menunjukkan bahwa pada putaran 1200-3200 waktu pembakaran yang terjadi cenderung meningkat seiring bertambahnya putaran mesin. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran, campuran bahan bakar dengan udara semakin sulit terbakar karena pembakaran yang terjadi membutuhkan waktu yang lama. Selain itu pada putaran tinggi akan menyebabkan tekanan akhir yang dihasilkan dan gaya dorong pada piston akan semakin kecil karena mekanisme buka tutup katup masuk yang semakin cepat, sehingga waktu pembakaran yang terjadi juga semakin lama.

Bahan bakar dengan persentase injeksi uap minyak jarak 5% memerlukan waktu pembakaran yang paling cepat dibandingkan dengan persentase injeksi uap minyak jarak 0% dan 10%. Hal ini disebabkan pada persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai campuran bahan bakar dan udara yang lebih proporsional serta terbentuk ion-ion yang mudah terbakar daripada keadaan standart dan 10%.

4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

Hubungan antara putaran mesin bensin empat langkah dengan torsi pada variasi injeksi uap minyak jarak dengan persentase 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.3. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya putaran poros mesin torsi akan semakin menurun, hal ini disebabkan karena untuk memperbesar putaran poros mesin adalah dengan cara mengurangi gaya pengereman sehingga pada putaran tinggi, gaya pengereman akan semakin kecil. Torsi berbanding lurus dengan gaya pengereman, seperti pada rumus berikut:

$$T = F \cdot L \text{ [kg.m]}$$

Dimana: $T = \text{Torsi [kg.m]}$

$F = \text{Gaya pengereman [Kg]}$

$L = \text{Lengan gaya [m]}$

Selain itu, semakin banyak siklus yang terjadi menyebabkan gesekan ring piston dengan dinding silinder akan semakin banyak, hal ini akan menambah kerugian mekanis pada motor. Selain gesekan, semakin kecil campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder pada putaran tinggi akan menyebabkan tekanan akhir yang dihasilkan dan gaya dorong pada piston akan semakin kecil sehingga torsi yang terjadi juga kecil.

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan pada persentase injeksi uap minyak jarak 5% relatif lebih tinggi daripada persentase injeksi uap minyak jarak dengan keadaan standart dan 10%. Pada persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai torsi yang optimal dikarenakan, pada kondisi ini mempunyai nilai oktan yang sesuai untuk perbandingan kompresi mesin yang dipakai yaitu 9:1. Sehingga dengan karakter bensin dan persentase uap 5% minyak jarak pada mesin tersebut, bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna dan menghasilkan gaya dorong yang besar pada piston yang mengakibatkan torsi yang dihasilkan menjadi besar.

Pada persentase injeksi uap minyak jarak 10%, nilai torsi cenderung lebih rendah daripada pada persentase injeksi uap minyak jarak 5%. Hal ini disebabkan pada injeksi 10% terlalu banyak uap yang dimasukkan ke dalam ruang bakar dan menyebabkan pembakaran yang terjadi semakin lambat, sehingga torsi akan menurun. Namun, walaupun nilai torsi cenderung lebih kecil daripada persentase uap 5%, persentase injeksi uap 10% mempunyai nilai torsi yang cenderung lebih tinggi daripada keadaan standart pada putaran mesin rendah yaitu antara 1200 rpm – 2200 rpm.

4.2.4 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya Efektif

Daya Efektif adalah daya yang di tirnbulkan oleh poros engkol. Daya Efektif berbanding lurus dengan putaran dan torsi. Jadi semakin tinggi putaran, daya efektif yang dihasilkan semakin tinggi. Hal itu terbukti dengan rumus:

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi n}{60 \cdot 60} = \frac{T \pi}{7102} \text{ [PS]}$$

dengan :

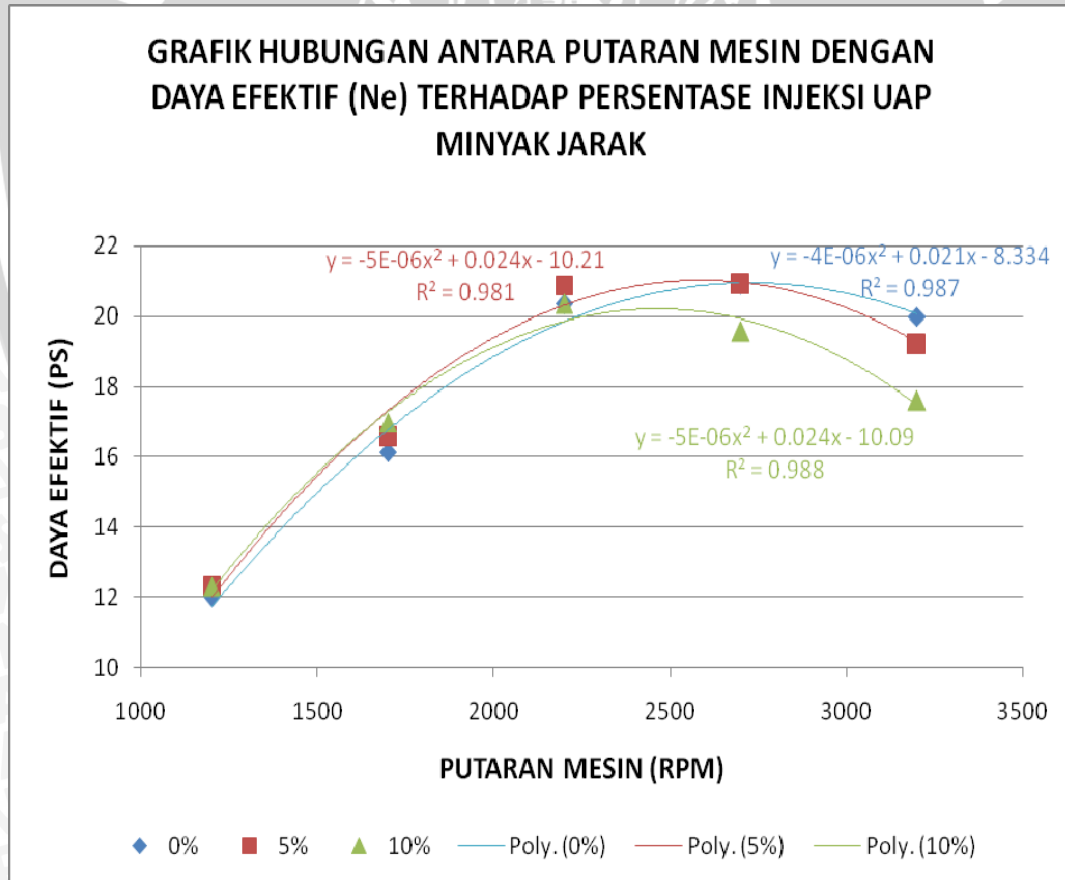
T = Torsi (Kg.m)

ω = Kecepatan angular poros (rad . detik⁻¹)

n = Putaran poros (rpm)

1PS = 75 kg.m/detik

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif (Ne) terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

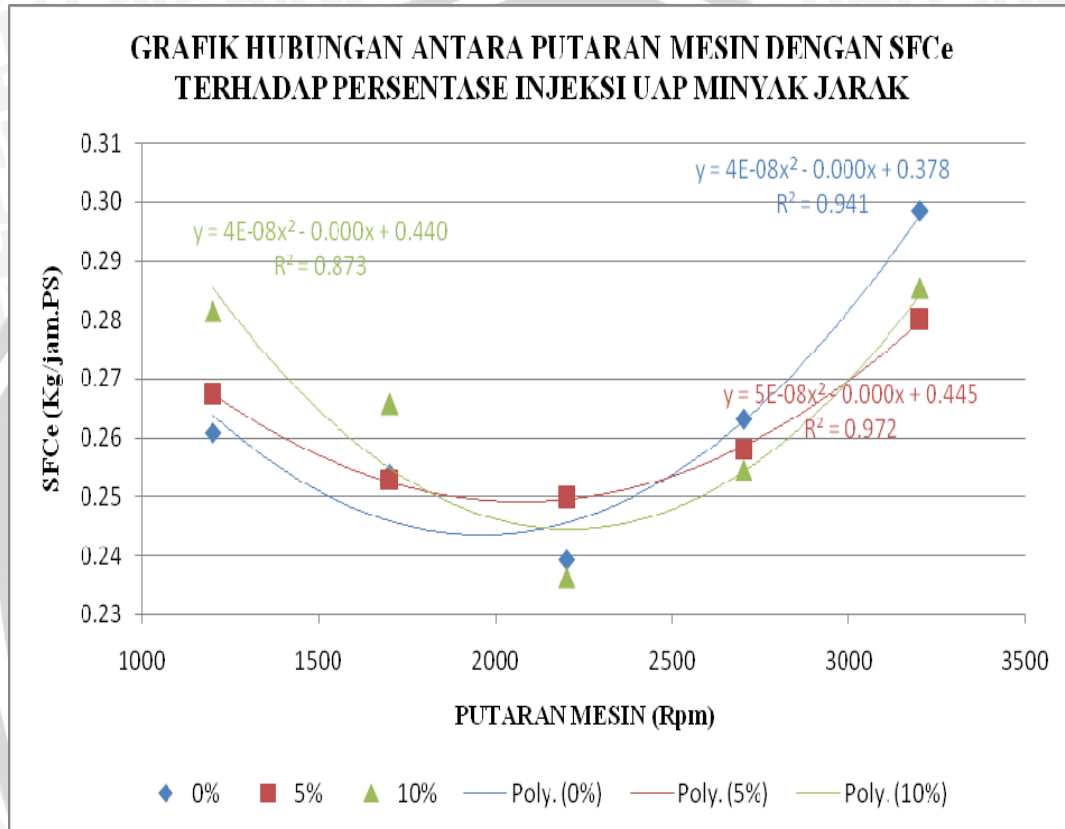
Hubungan antara putaran poros motor bensin empat langkah dengan daya efektif pada pemakaian variasi persentase injeksi uap minyak jarak 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.4. Secara umum dari grafik dapat dilihat bahwa daya efektif akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya putaran poros. Tetapi pada putaran sekitar 2700 rpm daya efektif akan semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran poros, kerugian-kerugian yang terjadi akan semakin besar pula, seperti kerugian pada gesekan ring piston dengan dinding silinder atau kerugian pada air pendinginan. Selain itu semakin tingginya putaran poros, menyebabkan semakin kecil campuran udara dan bahan bakar yang masuk yang mengakibatkan panas yang dihasilkan akan semakin kecil pula.

Dari grafik hubungan antara Putaran poros dengan Daya Efektif terhadap debit Injeksi uap minyak jarak, terlihat bahwa persentase injeksi uap 5% mempunyai daya yang paling optimal. Hal ini disebabkan karena campuran bahan bakar dan udara pada injeksi uap minyak 5% mempunyai torsi yang paling besar daripada debit injeksi uap keadaan standart dan 10%. Sedangkan injeksi uap 10% cenderung lebih tinggi daripada keadaan standart pada putaran mesin antara 1200 rpm sampai 2200 rpm. Dari hasil pengujian, daya optimal yang dihasilkan oleh bahan bakar dengan injeksi uap 5% yaitu sebesar 20,91916 PS pada putaran 2700 rpm dan cenderung konstan pada 3200 rpm.



4.2.5 Hubungan antara Putaran Mesin dengan *Specific fuel consumption* Efektif

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan SFCE terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan *Specific Fuel Consumption effective* terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif 1 PS selama 1 jam. Terjadi korelasi antara daya efektif dengan SFCE yaitu semakin tinggi daya efektif yang dihasilkan, maka SFCE akan semakin kecil, Hal ini dapat dibuktikan dengan rumus berikut :

$$SFCE = \frac{F_c}{N_e} \text{ [kg.PS}^{-1}.\text{jam}^{-1}\text{]}$$

dengan :

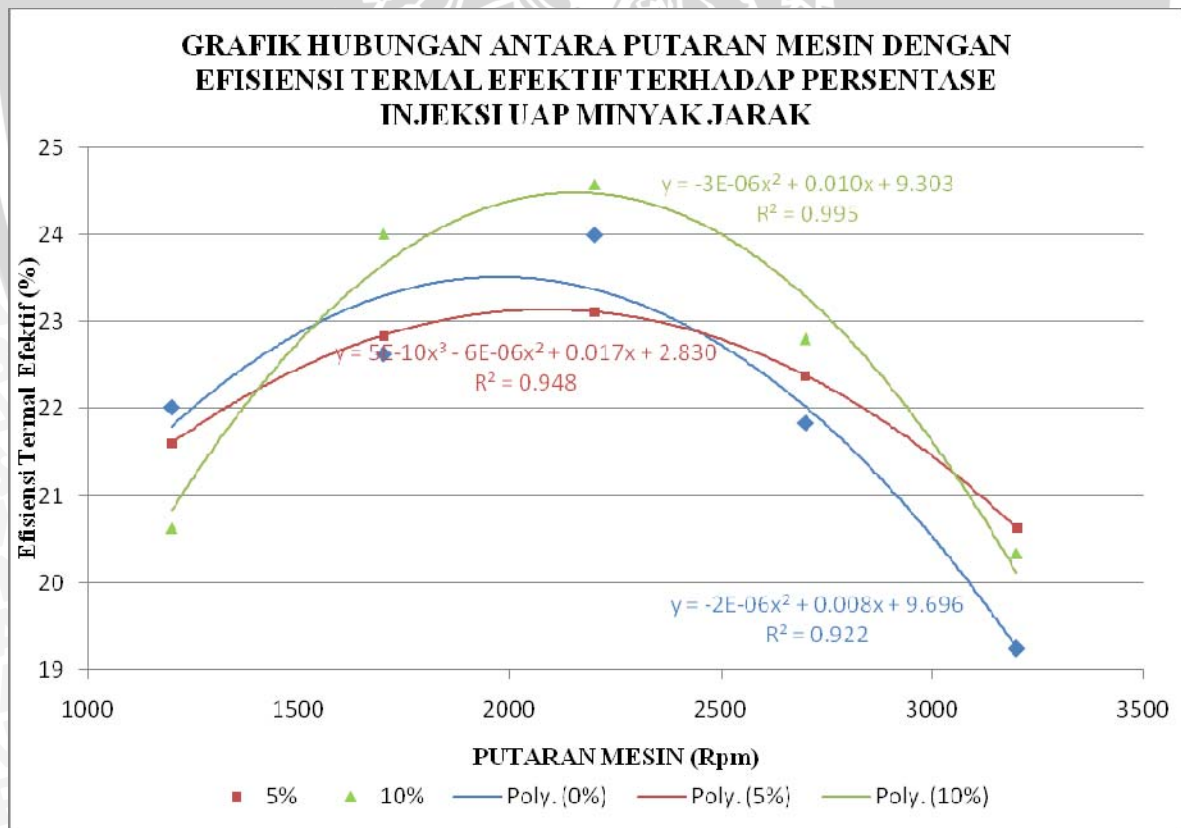
F_c = Konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

N_e = Daya efektif (PS)

Hubungan antara putaran poros motor bensin empat langkah dengan SFCe pada variasi persentase injeksi uap minyak jarak 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.5. dari grafik dapat dilihat bahwa dengan penambahan injeksi uap minyak jarak dengan persentase 5% cenderung lebih rendah dari pada persentase injeksi uap 0% dan 10%. Hal ini disebabkan karena dengan semakin meningkatnya putaran mesin menyebabkan semakin bertambahnya kebutuhan akan bahan bakar selama proses pembakaran oleh karena itu perlu adanya penambahan uap minyak jarak pada *intake manifold* agar sebagian kebutuhan bahan bakar tersebut tergantikan oleh uap minyak yang telah diinjeksikan ke dalam *intake manifold*, Sehingga konsumsi bensin sebagai bahan bakar fosil dapat lebih hemat.

4.2.6 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi Termal Efektif

Grafik hubungan antara putaran mesin dengan efisiensi termal efektif terhadap persentase injeksi uap minyak jarak dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan efisiensi termal efektif terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

Efisiensi termal efektif bisa didefinisikan sebagai hasil bagi antara panas hasil pembakaran yang dirubah menjadi daya efektif dengan panas hasil pembakaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari rumus berikut :

$$\eta_e = \frac{0,72}{LHV_{bb} \cdot SFCE} (\%)$$

dengan:

LHV_{bb} = *Low heating value* bahan bakar [kal/kg]

$SFCE$ = *Specific fuel consumption effective* [kg.PS⁻¹.jam⁻¹]

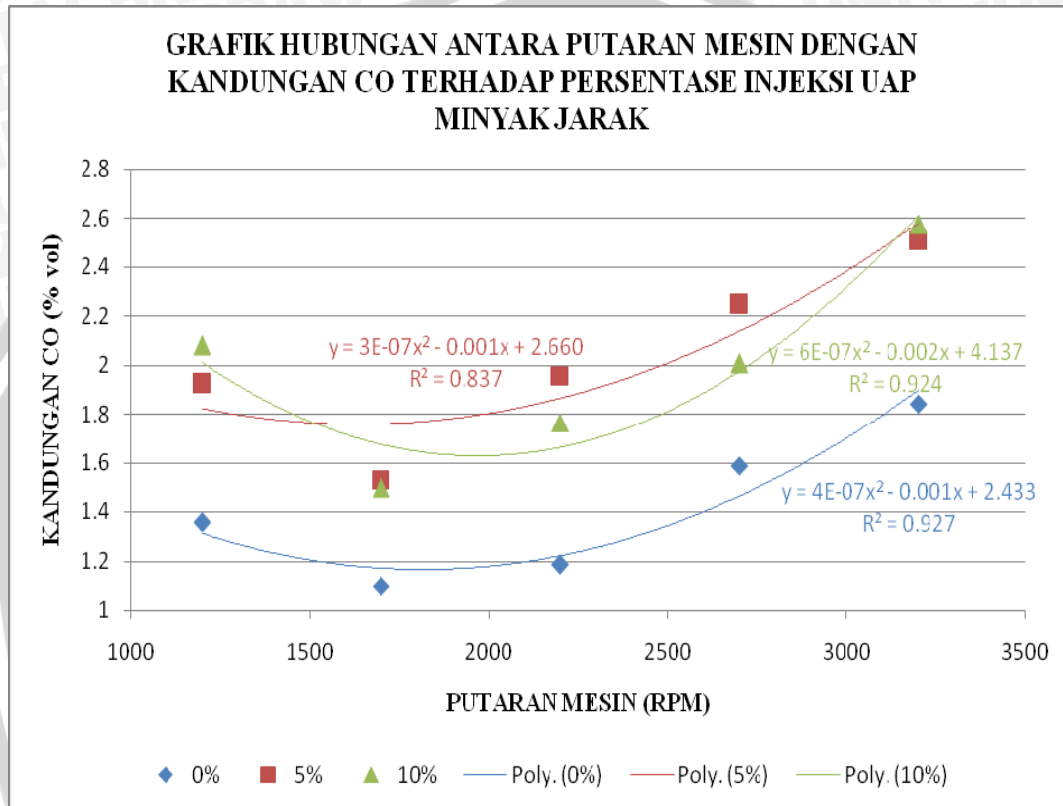
Dilihat dari rumus bahwa efisiensi termal berbanding terbalik terhadap $SFCE$ dan berbanding lurus terhadap daya efektif. Jadi semakin tinggi daya efektif maka efisiensi termal efektif semakin tinggi pula dan sebaliknya jika $SFCE$ semakin tinggi maka efisiensi termal efektifnya akan semakin turun.

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan Efisiensi Termal Efektif pada injeksi uap minyak jarak dengan persentase 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.6. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran poros maka nilai efisiensi termal efektifnya menjadi semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran kerugian mekanis yang ditimbulkan oleh gesekan piston dan dinding piston semakin tinggi yang menyebabkan daya efektif yang dihasilkan juga semakin turun, selain itu juga semakin tinggi putaran campuran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder semakin kecil yang disebabkan mekanisme buka tutup katup masuk yang semakin cepat sehingga kalor yang dihasilkan oleh proses pembakaran semakin kecil dan daya efektif juga semakin kecil, yang menyebabkan semakin kecil efisiensi termalnya.

Dari grafik dapat dilihat bahwa motor bensin pada variasi persentase injeksi uap minyak jarak 0% mempunyai nilai yang cenderung sama dengan persentase injeksi uap 5%, berbeda dengan injeksi uap 10% yang berada diatas keduanya. Tetapi pada injeksi uap 10% mengalami penurunan efisiensi termal yang kurang stabil dari rpm rendah ke rpm tinggi daripada pada persentase 0% dan 5% yang cenderung lebih stabil dari rpm rendah ke rpm yang lebih tinggi.

4.2.7 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Emisi Gas CO

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan kandungan emisi gas CO pada persentase debit injeksi uap minyak jarak 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada grafik 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan kandungan gas CO terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

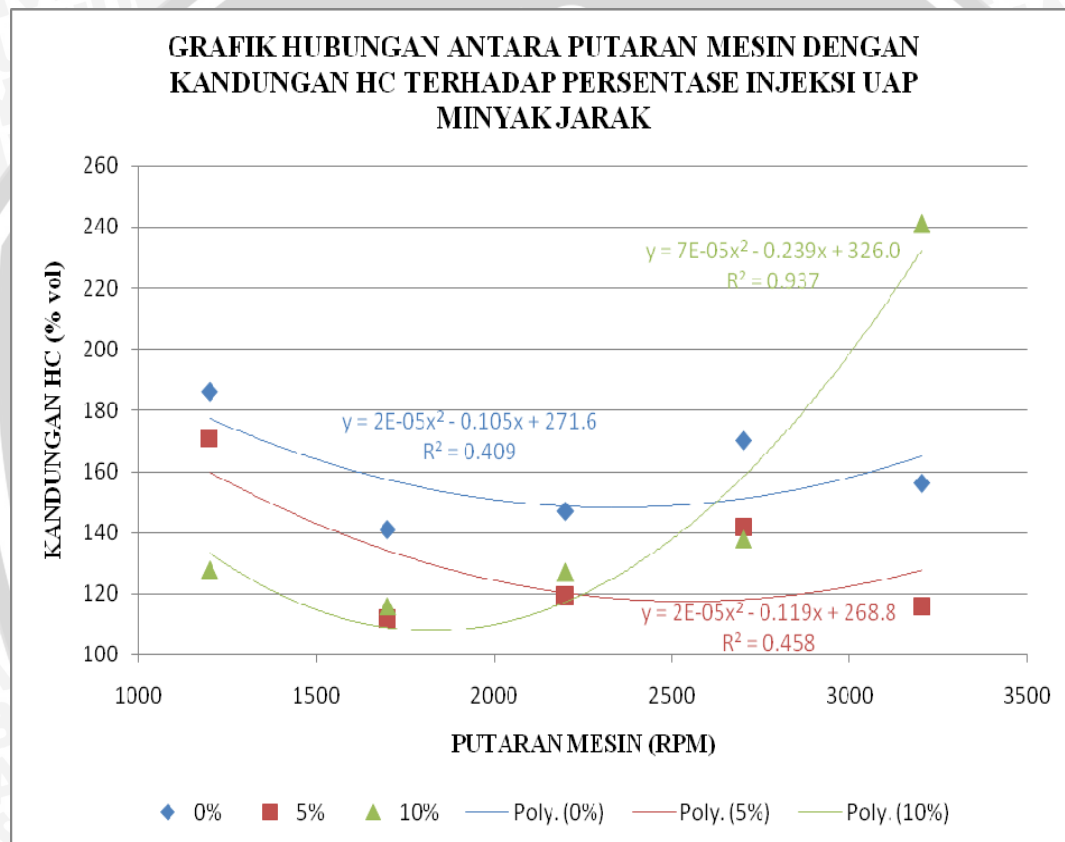
Dari grafik 4.7 menunjukkan bahwa pada putaran 1200-3200 emisi kadar CO yang dihasilkan cenderung menurun kemudian meningkat seiring bertambahnya putaran poros. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran, campuran bahan bakar dengan udara akan semakin homogen sehingga pembakaran yang terjadi akan semakin sempurna. Tetapi apabila putaran poros terus bertambah campuran yang terjadi adalah campuran kaya, sehingga emisi gas CO akan meningkat.

Bahan bakar dengan persentase uap 0% atau keadaan standart mempunyai emisi gas CO yang paling sedikit dibandingkan dengan injeksi uap minyak jarak 5% dan 10%. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya bahan bakar yang masuk sehingga pembakaran

yang terjadi kurang sempurna serta sisa hasil pembakaran uap minyak jarak yang mengandung carbon yang tinggi.

4.2.8 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Emisi Gas HC

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan kandungan emisi gas HC pada persentase injeksi uap minyak jarak 0%, 5% dan 10% dapat dilihat pada grafik 4.8 dibawah ini:



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan kandungan gas HC terhadap persentase injeksi uap minyak jarak

Dari grafik 4.8 menunjukkan bahwa pada putaran 1200-3200 emisi kadar HC yang dihasilkan cenderung menurun kemudian meningkat seiring bertambahnya putaran mesin. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran, campuran bahan bakar dengan udara akan semakin homogen sehingga pembakaran yang terjadi akan semakin

sempurna. Tetapi apabila putaran poros terus bertambah campuran yang terjadi adalah campuran kaya, sehingga emisi gas HC akan meningkat.

Bahan bakar dengan persentase injeksi uap 5% mempunyai emisi gas HC yang paling sedikit dibandingkan dengan injeksi uap minyak jarak 0% dan 10%. Hal ini disebabkan pada injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen daripada keadaan standart dan 10%.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengamatan dan analisis terhadap grafik hasil percobaan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum motor bensin empat langkah dengan penambahan persentase injeksi uap minyak jarak 5% mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan motor bensin pada keadaan standart dan injeksi uap 10%. Hal ini disebabkan karena dengan injeksi uap 5% pada *intake manifold* reaksi pembakaran berlangsung sempurna dimana seiring dengan naiknya tekanan dan temperatur saat langkah kompresi pada ruang bakar, yang menyebabkan nilai dari ionisasi, waktu pembakaran, torsi, daya efektif, SFCE, efisiensi termal efektif dan Kandungan gas HC menjadi yang paling baik
2. Dengan diberinya penambahan uap minyak jarak pada ruang bakar melalui *intake manifold*, ionisasi selama pembakaran menjadi meningkat. Tetapi kurangnya oksigen sebagai oksidator pada udara selama pembakaran terjadi, menyebabkan peningkatan pada Kandungan gas buang CO, terutama pada motor dengan persentase injeksi uap minyak jarak 10%

5.2 Saran

1. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan uap minyak nabati yang lain terhadap ionisasi pembakaran dan kinerja mesin.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang macam-macam perlakuan yang diberikan pada minyak nabati sebelum dimasukkan ke dalam ruang bakar.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan kondisi mesin yang berjalan.
4. Pada proses aplikasinya, panas yang digunakan untuk penguapan minyak jarak diambil dari panas gas buang melalui *exhaust* guna menghemat energi

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdian Rahbi; 2008: *Pengaruh Temperatur Minyak Terhadap Sifat Fisik Dan Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak Pagar (jatropha curcas) Berdiameter Besar*
- Arismunandar, W; 1988: *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB, Bandung.
- Arismunandar, W dan Tsuda, K; 1975: *Motor Diesel Putaran Tinggi*; Pradnya Paramita, Jakarta.
- Fajar Rifandi; 2008: *Pengaruh Daya Elemen Pemanas Terhadap Karakteristik Pembakaran Campuran Minyak Jarak Pagar Dengan Etanol*
- Fox, Robert W; 1985: *Introduction to Fluid Mechanics*; John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Hambali, Erliza., *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*, Jakarta, Penebar Swadaya, 2007.
- Holman, J.P; 1984: *Metode Pengukuran Teknik*; Erlangga, Jakarta.
- Kuo, Keneth K; 2005: *Principles of Combustion*; John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Petrovsky, N; 1968: *Marine Internal Combustion Engines*; MIR, Moscow
- Pulkrabek, Willard W; 1997: *Engineering Fundamental of The Internal Combustion Engine*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Soetiari, Tj; 1990: *Bahan Bakar dan Proses-Proses Kimia Pembakaran*; Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Streeter, Victor L; 1988: *Mekanika fluida jilid II* ; Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Suyanto, W; 1989: *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Dekdibud. Dirjen PendidikanTinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Turns, Stephen; 1996: *An Introduction to Combustion*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Wardhana, ING; 2008: *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*; PT.Danar Wijaya Brawijaya University Press, Malang.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Ion>. (tanggal akses 11 Agustus 2009)
- [www.wikipedia.org/ Jatropha_curcas.htm](http://www.wikipedia.org/Jatropha_curcas.htm) (tanggal akses 11 Agustus 2009)
- www.svlele.com/jatrophaplant.htm (tanggal akses 13 Agustus 2009)



LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Ekstraksi Minyak Jarak Pagar



Tanaman jarak pagar



Biji jarak



Biji jarak dihancurkan dengan blender

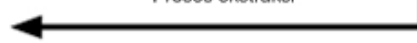


Biji jarak yang telah di blender



Mesin hidrolis

Proses ekstraksi



Minyak hasil ekstraksi hidrolis

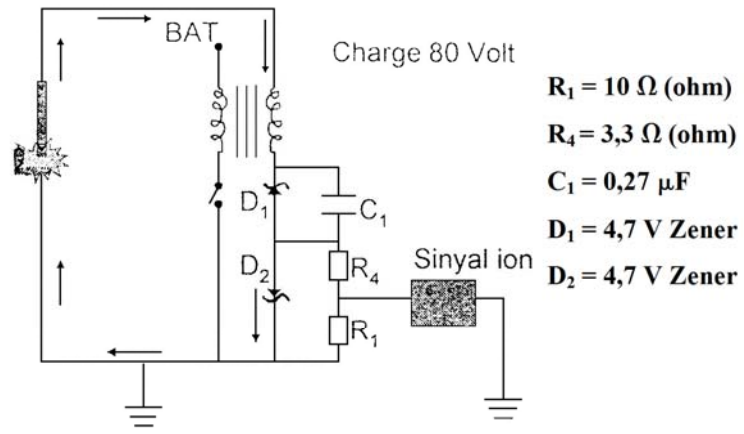
Proses penyaringan



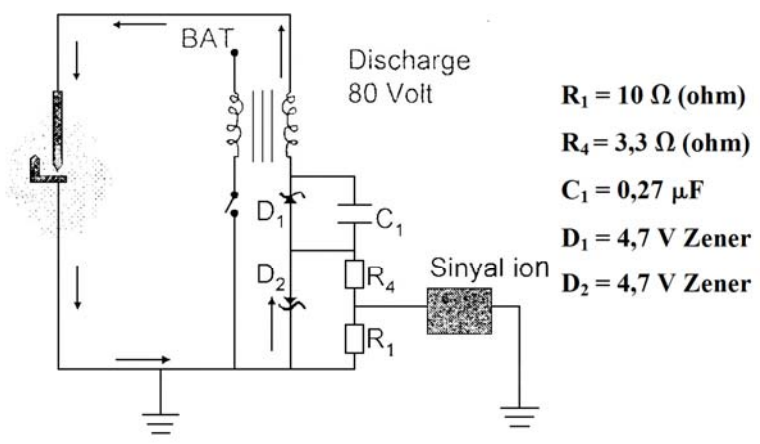
Minyak mentah jarak pagar

Lampiran 2. Struktur Probe

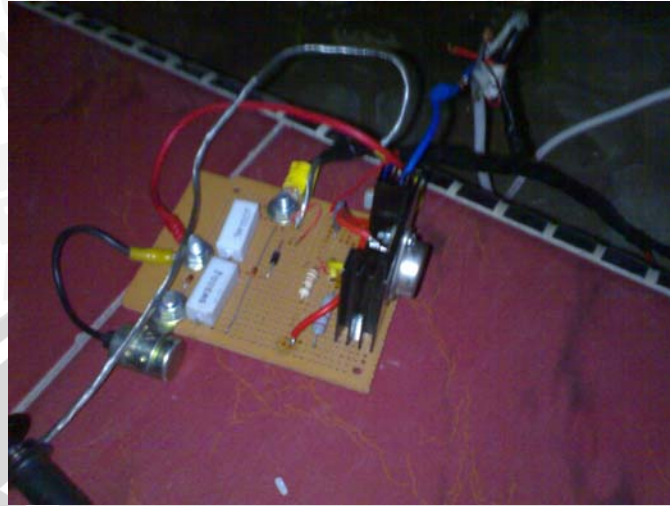
STRUKTUR PROBE SAAT SPARK



STRUKTUR PROBE SAAT PEMBAKARAN



Lampiran 3. Perangkat Penelitian



Ion Probe

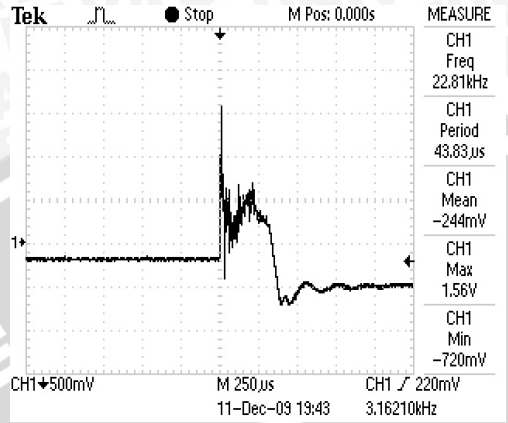


Oscilloscope

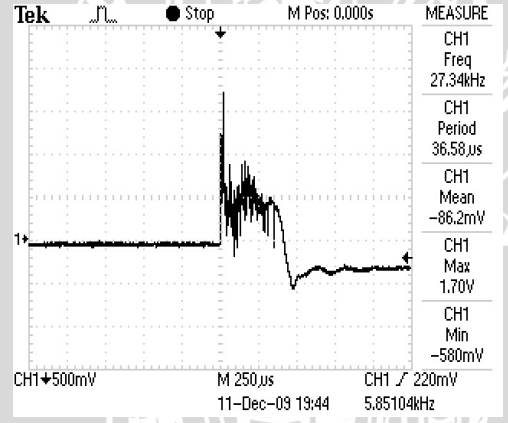


Lampiran 4. Grafik Hasil Pengukuran Oscilloscope

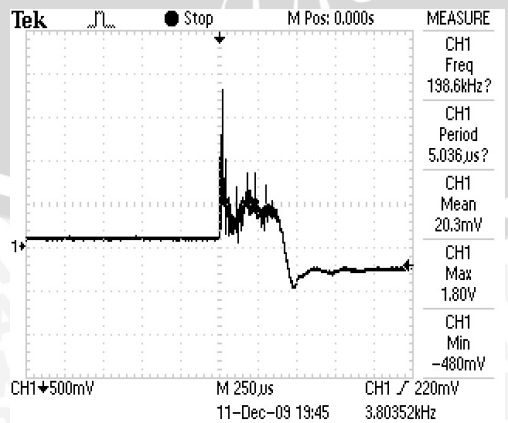
Injeksi Uap Minyak Jarak 0% (Standart)



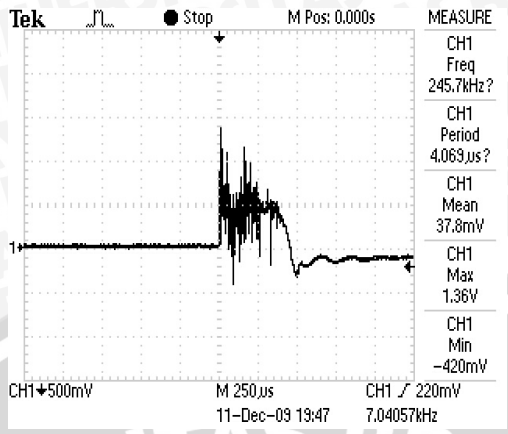
Rpm 1200



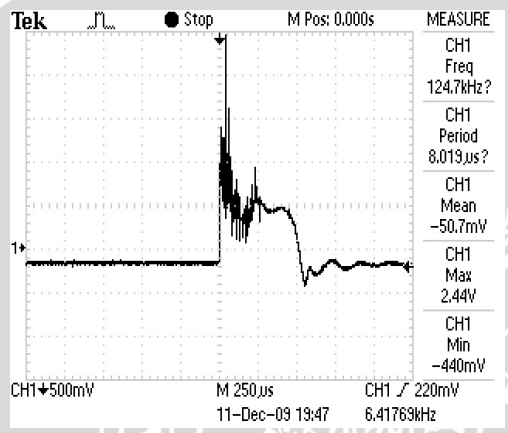
Rpm 1700



Rpm 2200

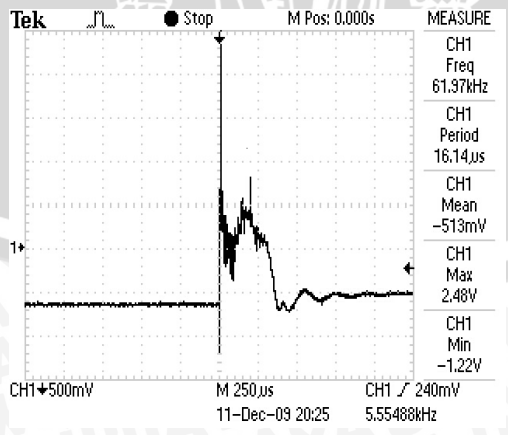


Rpm 2700

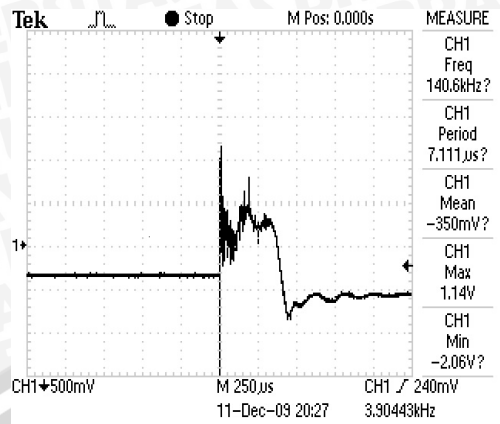


Rpm 3200

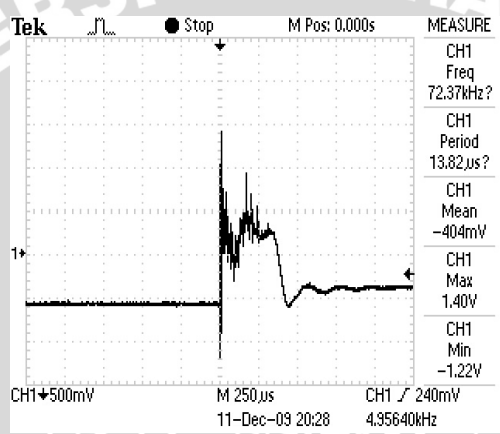
Injeksi Uap Minyak Jarak 5%



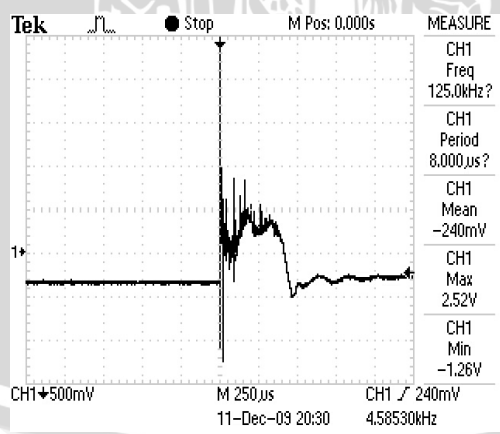
Rpm 1200



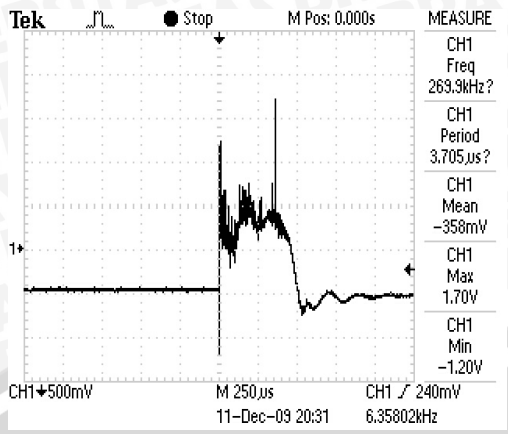
Rpm 1700



Rpm 2200

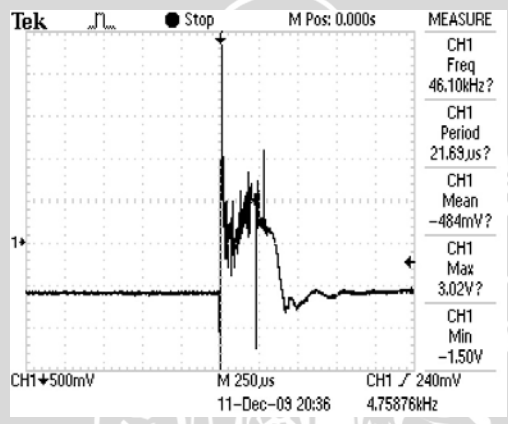


Rpm 2700

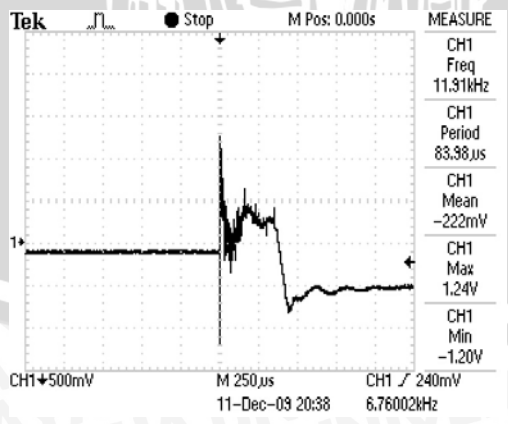


Rpm 3200

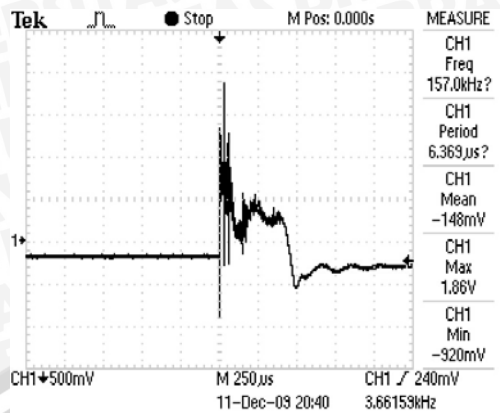
Injeksi Uap Minyak Jarak 10%



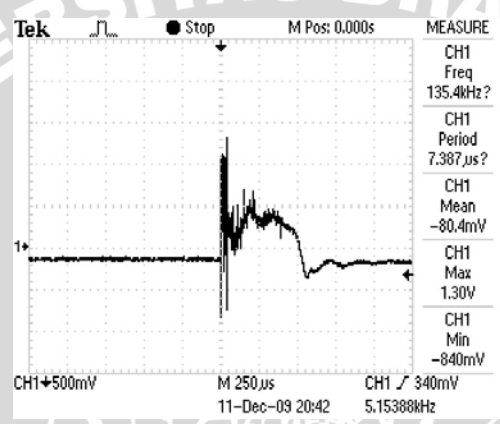
Rpm 1200



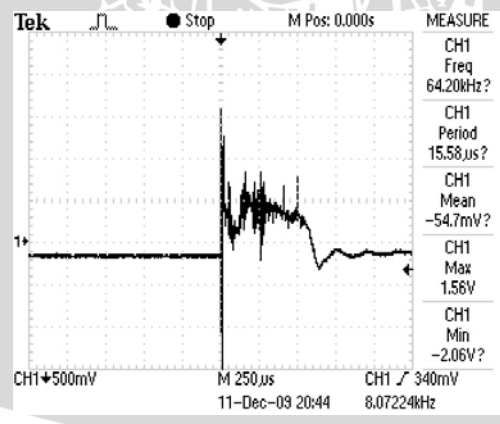
Rpm 1700



Rpm 2200



Rpm 2700



Rpm 3200

Lampiran 5. Program Untuk Mengolah Data

