PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK DC PADA ELEKTROLISER TERHADAP KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

CANDRA HIMAWAN
NIM. 0410623021

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN
MALANG
2009

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK DC PADA ELEKTROLISER TERHADAP KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

CANDRA HIMAWAN
NIM. 0410623021-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.	**Ir. Bardji Hadi Pranoto**
NIP. 131 411 121	**NIP. 130 935 803**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK DC PADA ELEKTROLISER TERHADAP KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

CANDRA HIMAWAN
NIM. 0410623021-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 10 Februari 2009

Skripsi 1	Skripsi 2
Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M. Eng.	Ir. Marsoedi Wirohardjo, M.MT.
NIP. 132 206 466	NIP. 130 531 861

Komprehensif

Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE.
NIP. 132 048 543

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 132 159 708

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Pengaruh Variasi Arus Listrik DC Pada Elektroliser Terhadap Karakteristik Kinerja Motor Bensin Empat Langkah".**

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung tersusunnya skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, Msc.CSE selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Ir. I Made Gunadiarta sebagai Ketua Kelompok Pengajar Konversi Energi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, waktu dan pengetahuan.
5. Bapak Ir. Bardji Hadi Pranoto selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, diskusi dan pengetahuan.
6. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Teman - teman asisten & laboran laboratorium motor bakar
9. Seluruh teman-teman angkatan 2004
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa ilmu yang dimiliki masih terlalu jauh dari kesempurnaan, begitu pula dengan skripsi ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI ii
DAFTAR TABEL v
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK vi
DAFTAR LAMPIRAN vii
RINGKASAN viii
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 Motor bakar torak 4
2.3 Motor bensin 5
2.3.1 Siklus motor bensin empat langkah 5
2.3.2 Siklus aktual motor bensin empat langkah 8
2.4 Prinsip kerja karburator 9
2.5 Saluran isap (*intake manifold*) 10
2.6 Pembakaran 11
2.6.1 Jenis pembakaran 11
2.6.2 Pembakaran pada motor bensin empat langkah 12
2.7 Karakteristik bahan bakar bensin 13
2.8 Tinjauan terhadap kinerja motor bensin 14
2.8.1 Torsi (T) 14
2.8.2 Daya efektif (Ne) 14
2.8.3 Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) 15
2.8.4 Efisiensi termal efektif (η_{te}) 16
2.9 Pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap

karakteristik kinerja motor bensin empat langkah..... 16
2.10 Hipotesis……... 19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode penelitian …… 20
3.2 Variabel penelitian……... 20
3.3 Alat-alat yang digunakan……... 20
3.3.1 Alat utama…… 20
3.3.2 Peralatan bantu…… 22
3.4 Tempat penelitian……... 23
3.5 Pelaksanaan penelitian……... 23
3.5.1 Penyusunan alat penelitian……... 23
3.5.2 Prosedur penelitian……... 23
3.6 Analisis statistik…… 24
3.7 Diagram alir penelitian……... 29

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis data……... 30
4.1.1 Data hasi pengujian…… 30
4.1.2 Pengolahan data……. 33
4.1.3 Analisis varian…… 34
4.1.3.1 Analisis statistik untuk torsi yang dihasilkan……. 35
4.1.3.2 Analisis statistik untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang dihasilkan…….. 36
4.1.3.3 Analisis statistik untuk daya efektif yang dihasilkan.. 36
4.1.3.4 Analisis statistik untuk efisiensi termal efektif yang dihasilkan……... 37
4.2 Pembahasan……... 37
4.2.1 Hubungan antara putaran dengan torsi…….. 37
4.2.2 Hubungan antara putaran dengan daya efektif……... 39
4.2.3 Hubungan antara putaran dengan konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)……... 40
4.2.4 Hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif….. 42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan…… 45

5.2 Saran…….. 45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

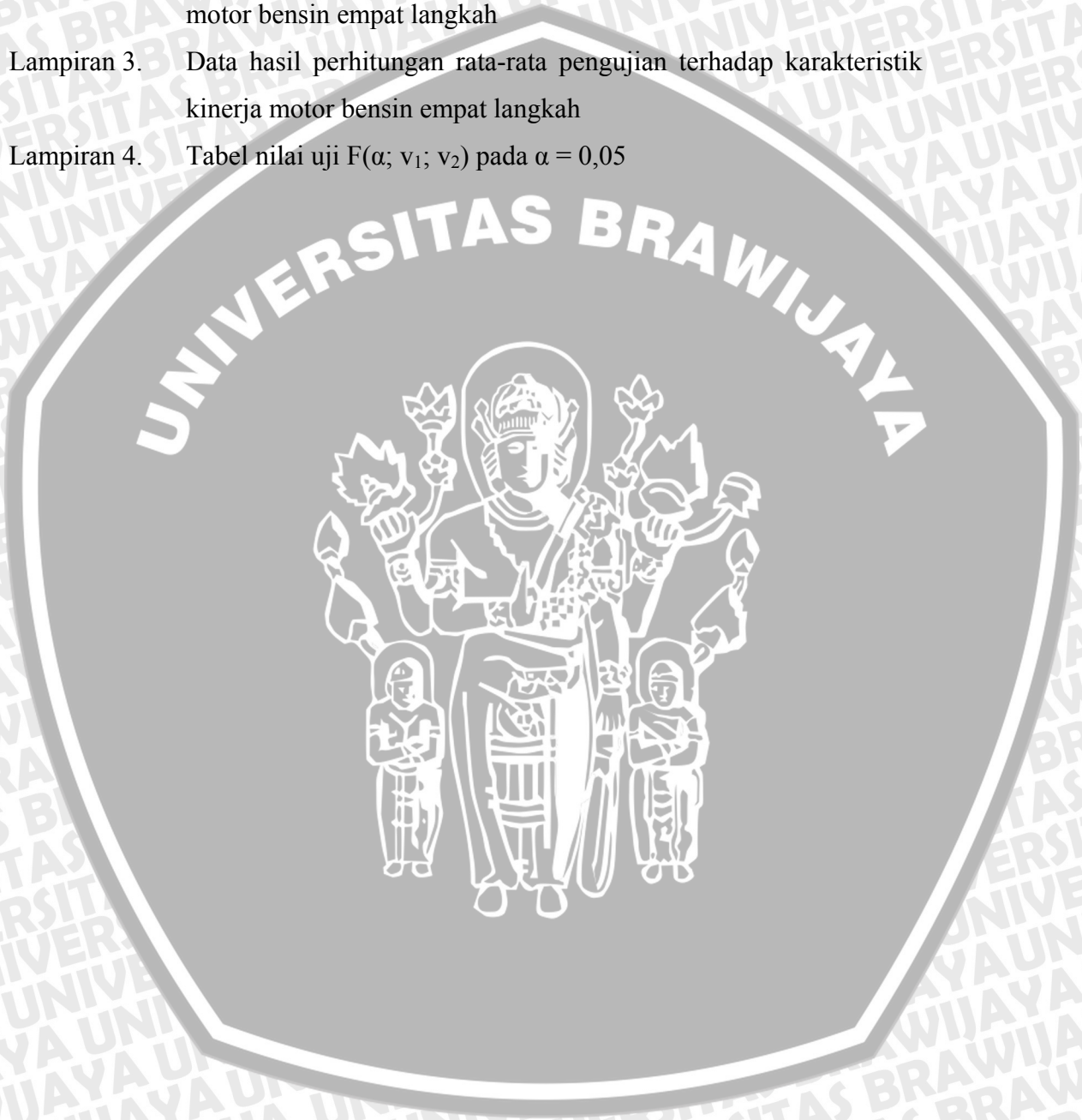
No	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan …….....	25
Tabel 3.2	Rancangan analisis varian …….	27
Tabel 4.1	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah standar ……..	30
Tabel 4.2	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 1 ampere.....	31
Tabel 4.3	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 2 ampere….....	31
Tabel 4.4	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 3 ampere….....	32
Tabel 4.5	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 4 ampere…….....	32
Tabel 4.6	Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 5 ampere.....	33
Tabel 4.7	Analisis varian dua arah untuk torsi……...	35
Tabel 4.8	Analisis varian dua arah untuk SFCe ……	36
Tabel 4.9	Analisis varian dua arah untuk daya efektif...……	36
Tabel 4.10	Analisis varian dua arah untuk efisiensi termal efektif..….....	37

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Skema langkah kerja motor bakar empat langkah ……	6
Gambar 2.2	Diagram hubungan antara tekanan-volume spesifik dan temperatur-entropi ……	7
Gambar 2.3	Siklus aktual motor bensin empat langkah ……	8
Gambar 2.4	Botol elektroliser.....	17
Gambar 2.5	Skema Elektroliser.....	18
Gambar 3.1	Susunan peralatan uji……	21
Gambar 3.3	Diagram alir pelaksanaan penelitian……	29
Gambar 4.1	Hubungan antara putaran dengan torsi……..	38
Gambar 4.2	Hubungan antara putaran dengan daya efektif……..	39
Gambar 4.3	Hubungan antara putaran dengan SFCe…….	41
Gambar 4.4	Hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif..	42

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1.	Hasil pengolahan data pengujian pada motor bensin empat langkah
Lampiran 2.	Data hasil perhitungan pengujian terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah
Lampiran 3.	Data hasil perhitungan rata-rata pengujian terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah
Lampiran 4.	Tabel nilai uji $F(\alpha; v_1; v_2)$ pada $\alpha = 0,05$



repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Candra Himawan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Februari 2009 *Pengaruh variasi Arus Listrik DC pada Elektroliser Terhadap Karakteristik kinerja Motor Bensin Empat Langkah*, Dosen Pembimbing : Rudy Soenoko dan Bardji Hadi Pranoto

Akhir-akhir ini sering terjadi kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) dikarenakan semakin meningkatnya kebutuhan bahan bakar baik untuk kebutuhan industri maupun kebutuhan untuk sarana transportasi. Karena kebutuhan akan bahan bakar minyak semakin meningkat mengakibatkan persediaan bahan bakar minyak semakin menipis. Di sisi lain, terjadinya pemanasan global merupakan suatu masalah yang sangat serius bagi penduduk di dunia. Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global adalah emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang pembakarannya tidak atau kurang sempurna. Maka upaya yang harus dilakukan untuk menanggulangi hal tersebut adalah dengan meningkatkan kinerja dari sebuah mesin yang nantinya berpengaruh terhadap daya, konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan serta kualitas proses pembakaran. Salah satu caranya adalah dengan memasang alat elektroliser pada *intake manifold* kendaraan bermotor

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang meliputi torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif. Selain itu juga untuk mengetahui berapa arus listrik DC yang paling optimal. Untuk mengetahui pengaruh tersebut, dipergunakan uji statistik melalui analisis varian dua arah (anava).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser memberikan hasil yang berbeda – beda, tetapi secara umum dengan penambahan alat elektroliser pada motor bensin empat langkah dapat meningkatkan karakteristik kinerja. Dan Arus listrik DC yang efektif adalah pada saat arus listrik DC 5 ampere yaitu dengan nilai torsi 2,33 (Kg.m), daya efektif 11,40 (PS), konsumsi bahan bakar spesifik efektif 0,066 (Kg/PS.jam) dan Efisiensi termal efektif 91,78 (%), pada arus listrik DC 5 ampere elektroliser menghasilkan jumlah gas HHO yang paling banyak, sehingga karakteristik kinerja motor bensin empat langkah menjadi optimal.

Kata kunci : elektroliser, arus listrik DC, *intake manifold*, motor bensin empat langkah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang pesat saat ini, bagi setiap insan manusia dituntut untuk selalu aktif dan terampil dalam aktivitasnya untuk melaksanakan berbagai hal. Salah satu yang menunjang hal tersebut adalah sarana transportasi. Dengan demikian, penggunaan kendaraan bermotor sebagai alat transportasi semakin mutlak diperlukan, dan ini berarti pula bahwa kebutuhan bahan bakar minyak sebagai sumber energinya semakin meningkat. Akhir-akhir ini terjadi kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) dikarenakan semakin meningkatnya kebutuhan bahan bakar baik untuk kebutuhan industri maupun kebutuhan untuk sarana transportasi. Di sisi lain terjadinya proses pemanasan global *(global warming*) yang salah satunya diakibatkan oleh polusi udara, hal ini di kota-kota besar di seluruh dunia menjadi suatu masalah yang sangat serius.

Polusi dalam bentuk senyawa CO (karbon monoksida) dan HC (hidro karbon) sangat berbahaya bagi kesehatan. CO dan HC terbentuk akibat reaksi yang tidak sempurna pada proses pembakaran. Untuk dapat menghemat penggunaan BBM dan mengurangi dampak pemanasan global maka dalam penelitian kali ini kami ingin mencari suatu bahan bakar alternatif yang banyak tersedia di bumi ini.

Air merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah, hampir sebagian besar permukaan bumi kita terdiri atas air, betapapun pentingnya air bagi kehidupan, namun harga air di pasaran dunia sangat murah sekali bila dibandingkan dengan harga BBM. Air mudah diperoleh dimana – mana, sementara minyak merupakan barang langka. Tidak seluruh wilayah di dunia ini memiliki sumber daya minyak bumi yang cukup.

Telah banyak penelitian dilakukan untuk mendapatkan bahan bakar alternatif pengganti BBM yaitu diantaranya penelitian elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamainya Brown gas (Brown, yull : 1974), penelitian tentang bahan bakar campuran hidrogen oksigen dari proses ektroliser untuk menggerakkan sebuah mobil (Meyer, stanley : 1980), dan penelitian tentang pembuatan alat elektroliser untuk kendaraan bermotor (Hidayatullah, poempida dan Mustari, futung : 2008). Dengan adanya energi alternatif maka penggunaan BBM dapat dikurangi, sedangkan cara kerja elektroliser adalah dengan melakukan proses elektrolisa pada air murni (*Distill water*) sehingga menghasilkan dua bagian gas Hidrogen dan satu bagian gas Oksigen atau dapat

juga disebut gas HHO yang apabila diinjeksikan kedalam campuran bensin dan udara pada umpan motor bakar akan dapat meningkatkan karakteristik kinerja dari motor bensin empat langkah, dan untuk mendapatkan karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang optimal saat memakai elektroliser maka digunakan variasi arus listrik DC yang berbeda – beda, dan dari situ akan ditemukan juga besar arus listrik DC yang paling efektif .

Berawal dari latar belakang kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) dan terjadinya proses pemanasan global (*global warming*) sedangkan air merupakan sumber daya alam yang murah harganya, banyak tersedia di mana saja dengan jumlah berlimpah dan ketika dielektrolisa dengan bantuan katalisator sodium bikarbonat ($NaHCO_3$) maka akan terbentuk gas HHO, kemudian jika dilakukan reaksi pembakaran zat sisanya akan ramah lingkungan (H_2O), maka pada kesempatan penelitian ini kami akan menganalisa pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser dengan cara mengatur konsentrasi elektrolit terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah.

I. 2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah.
2. Berapa besar arus listrik DC yang efektif pada elektroliser sehingga dapat menghasilkan karakteristik kinerja yang optimal.

I. 3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan adalah motor bensin empat langkah satu silinder
2. Mesin diuji dalam kondisi stasioner, dengan variasi tingkat putaran
3. Bahan bakar yang digunakan adalah bensin premium yang dijual di SPBU.
4. Air yang digunakan dalam elektroliser adalah air suling *(Distill water)*.
5. Kinerja motor bensin yang dianalisis adalah torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif.
6. Kondisi udara atmosfer dianggap konstan, sehingga perubahan yang mungkin terjadi diabaikan.
7. Tidak membahas konstruksi dari alat penelitian dan perubahan yang terjadi akibat korosi.

I. 4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan data karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang memakai elektroliser dengan variasi arus listrik DC yang di injeksikan pada intake manifold.
2. Untuk mengetahui berapakah arus listrik DC yang paling optimal pada elektroliser.

I. 5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menambah khasanah pengetahuan khususnya tentang pengaruh penggunaan elektroliser pada motor bensin empat langkah.
2. Menghemat penggunaan sumber energi bahan bakar minyak dengan mengusahakan mencari suatu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.
3. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya khususnya tentang penggunaan elektroliser pada motor bensin empat langkah.
4. Meningkatkan perkembangan IPTEK.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berbagai macam penelitian mengenai penggunaan elektroliser telah banyak dilakukan. Beberapa diantaranya yang menjadi dasar dalam penelitian ini yaitu, **Yull brown (1974),** telah melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamainya Brown Gas dan telah mem-patenkannya. **Stanley Meyer (1980)** berhasil menggerakkan sebuah mobil dengan bahan bakar campuran hidrogen oksigen menggunakan ektroliser dan telah mempatenkannya, Sedangkan **Poempida Hidayatullah** dan **F. Mustari (2008),** meneliti tentang pembuatan alat elektroliser pada kendaraan bermotor. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa pemasangan alat elektroliser pada kendaraan bermotor memberikan pengaruh nyata terhadap efisiensi bahan bakarnya.

2.2 Motor Bakar Torak

Motor bakar torak termasuk salah satu jenis penggerak mula yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi termal tersebut diperoleh dari pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara yang terjadi di dalam silinder dari motor bakar 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 dari poros engkol mengakibatkan gerak translasi pada torak.

Pada motor bakar torak tidak terjadi perpindahan panas dari gas hasil pembakaran ke fluida kerja. Oleh karena itu jumlah komponen motor bakar torak lebih sedikit daripada komponen mesin uap. Motor bakar torak lebih sederhana, lebih kompak, dan lebih ringan jika dibandingkan dengan mesin uap. Karena itu penggunaan motor bakar torak di bidang transportasi sangat menguntungkan. Disamping itu temperatur seluruh bagian mesin jauh lebih rendah daripada temperatur gas pembakaran maksimum, sehingga motor bakar torak lebih efisien daripada mesin uap.

Motor bakar torak dibagi menjadi dua jenis utama yaitu motor bensin (*Otto*) dan motor diesel. Perbedaannya yang utama terletak pada sistem penyalaannya. Bahan bakar pada motor bensin dinyalakan dengan bantuan loncatan bunga api listrik diantara dua elektroda busi. Karena itu motor bensin disebut juga SIE (*Spark Ignition Engines*), sedangkan pada motor diesel yang biasanya disebut CIE (*Compression Ignition Engines*) terjadi proses penyalaan sendiri, yaitu karena bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi, sehingga bahan bakar itu terbakar sendiri oleh udara yang mengandung oksigen, setelah temperatur campuran tersebut melampaui temperatur nyala dari bahan bakar.

2.3 Motor Bensin

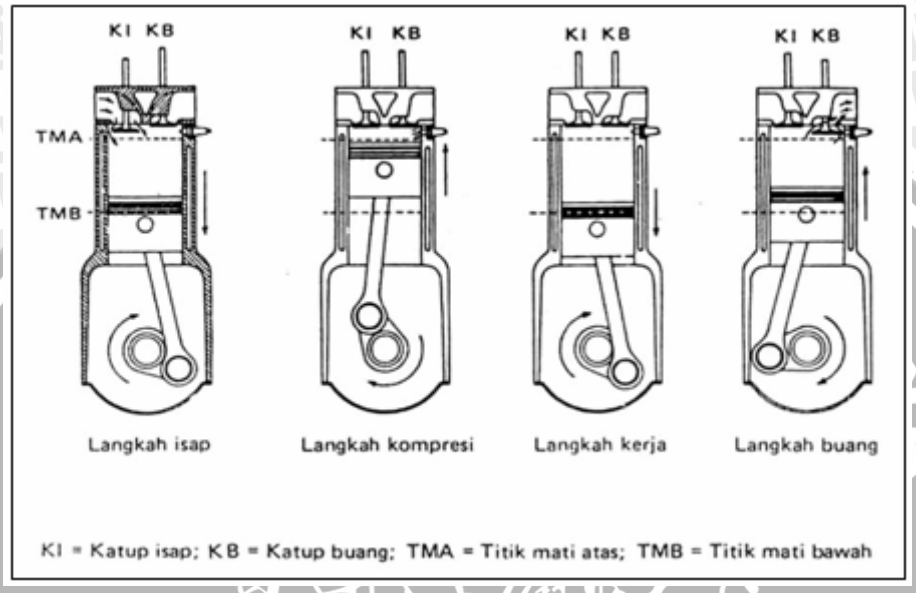
Motor bensin dibagi menjadi dua jenis yaitu motor bensin dua langkah dan motor bensin empat langkah. Motor bensin empat langkah lebih hemat bahan bakar dibandingkan dengan motor bensin dua langkah karena satu kali kerja menghasilkan dua putaran poros engkol, sedangkan motor bakar dua langkah satu kali kerja menghasilkan satu putaran poros engkol.

Pada motor bensin pencampuran antara bahan bakar dengan udara terjadi pada karburator, bahan bakar tersebut disemprotkan melalui *pilot* dan *main jet* akibat perbedaan tekanan pada lubang venturi yang dialiri oleh udara. Campuran tersebut kemudian masuk ke dalam ruang bakar melalui *intake manifold* dan dibakar oleh percikan bunga api listrik dari busi menjelang langkah akhir kompresi, sehingga menghasilkan gas pembakaran sebagai fluida kerja yang digunakan untuk melakukan kerja.

2.3.1 Siklus Motor Bensin 4 Langkah

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

Pada motor bensin empat langkah torak bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), dimana setiap kali torak baik dari TMA ke TMB atau 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.Skema setiap langkah gerakan torak di dalam silinder motor bensin empat langkah tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema langkah kerja motor bakar empat langkah.
Sumber : Arismunandar, 2002 : 8

Penjelasan mengenai skema siklus motor bensin empat langkah :

a. Langkah isap (*Suction Stroke*)

   Torak bergerak dari posisi TMA ke TMB, dengan katup KI (katup isap) terbuka dan KB (katup buang) tertutup. Karena gerakan torak tersebut maka campuran udara dan bahan bakar akan terisap masuk ke dalam ruang bakar.

b. Langkah kompresi (*Compression Stroke*)

   Torak bergerak dari posisi TMB ke TMA, dengan KI dan KB tertutup, sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperatur di dalam silinder naik.

c. Langkah ekspansi (*Expansion Stroke*)

   Sebelum posisi torak mencapai TMA pada langkah kompresi, busi dinyalakan, sehingga terjadi proses pembakaran. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi. 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.

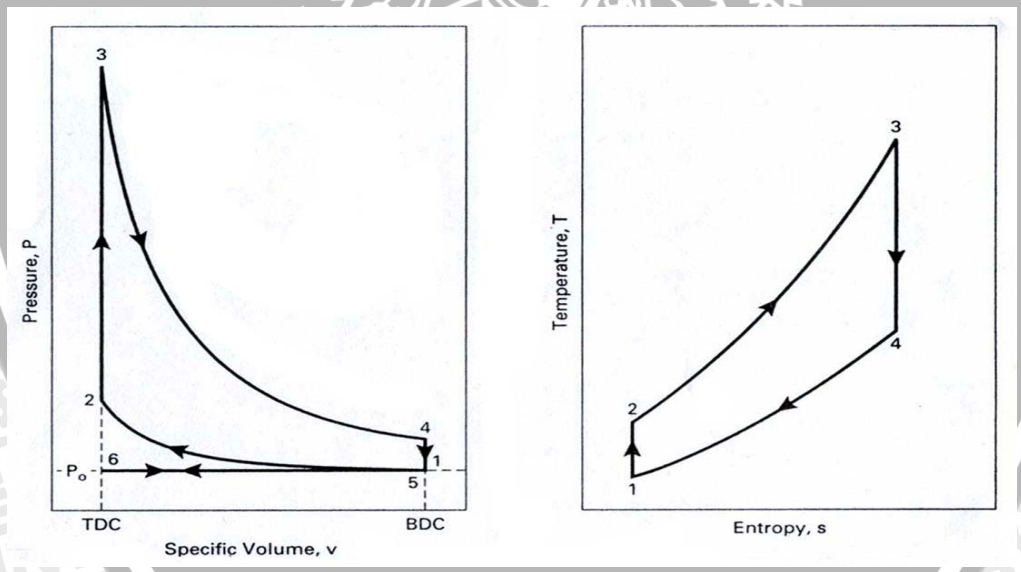
d. Langkah buang

Torak bergerak dari TMB ke TMA. KI tertutup dan KB terbuka, sehingga gas hasil pembakaran terbuang ke atmosfir.

Dalam menganalisis proses yang terjadi di dalam motor bensin empat langkah akan ditunjukkan melalui skema siklus motor bensin empat langkah secara ideal. Siklus udara menggunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus sebenarnya, misalnya mengenai:

1. Urutan proses
2. Perbandingan kompresi
3. Pemilihan temperatur dan tekanan pada suatu keadaan
4. Penambahan kalor yang sama per satuan berat udara.

Siklus motor bensin empat langkah merupakan siklus udara volume - konstan yang ditunjukkan dalam diagram P-V dan diagram T-S pada Gambar 2.2.



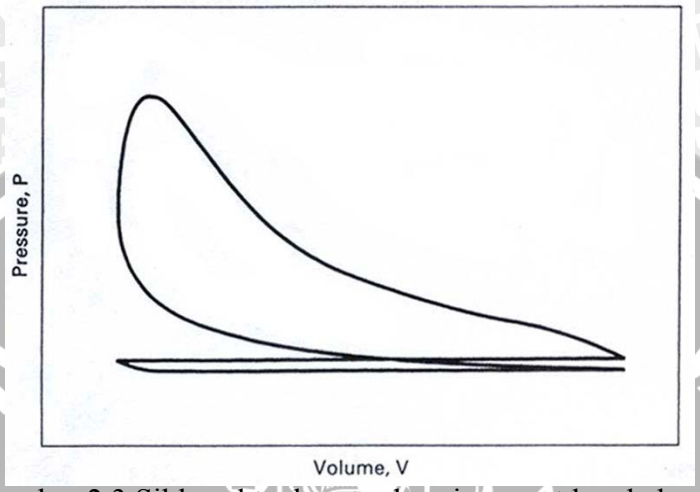
Gambar 2.2. Diagram hubungan antara tekanan (P)–volume spesifik (v) dan temperatur (T) – entropi (s)
Sumber : Pulkrabrek, 2004 : 90

Langkah kerja siklus Otto terdiri dari :

1. Langkah kompresi adiabatis, 1-2
2. Langkah pemasukan panas pada volume konstan, 2-3
3. Langkah ekspansi adiabatis, 3-4
4. Langkah pembuangan panas, 4-1.

2.3.2 Siklus Aktual Motor Bensin Empat Langkah

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 bensin, yang bentuknya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siklus aktual motor bensin empat langkah
Sumber : Pulkrabek, 2004 : 48

Proses langkah kerja motor bensin 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.

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 proses 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.

2.4 Prinsip Kerja Karburator

Pada saat langkah isap dalam siklus motor bakar empat langkah, katup isap terbuka sehingga udara masuk ke dalam ruang bakar. Aliran udara dilewatkan terlebih dahulu pada venturi karburator, karena sifat aliran akan terjadi penurunan tekanan pada leher venturi. Penurunan tekanan tersebut akan menghisap dan mengalirkan bahan bakar dari nosel bahan bakar ke aliran udara sehingga terjadi pencampuran udara dan bahan bakar yang kemudian masuk ke ruang bakar.

Kesempurnaan pencampuran bahan bakar dan udara sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan pembakaran. Pada motor bakar bensin persiapan pencampuran udara bahan bakar dilakukan di luar silinder mesin. Adapun proses karburasi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- ✓ Udara yang terhisap pada langkah pemasukan mengalir melalui venturi karburator sehingga tekanan pada leher venturi menurun.

- ✓ Bahan bakar dari nosel akan terhisap masuk aliran udara dan sebagian energi aliran akan digunakan untuk memecah bahan bakar menjadi partikel - partikel kecil yang disebut atomisasi.
- ✓ Bahan bakar yang teratomisasi juga mengalami penguapan sejak keluar dari jet. Hal ini terjadi pada aliran udara sampai pada ruang bakar. Penguapan ini juga ditunjang oleh persinggungan dengan dinding saluran, kontak dengan dinding silinder yang bersuhu tinggi, gas sisa dalam silinder yang bersuhu tinggi.
- ✓ Terjadi juga proses pencampuran udara dan bahan bakar pada karburator.

2.5 Saluran Isap (*Intake Manifold*)

Saluran isap atau *intake manifold* merupakan salah satu bagian dari sistem isap, yaitu sistem yang mengatur serta mengalirkan jumlah bahan bakar dan udara yang tepat ke dalam silinder pada saat mesin bekerja. Sistem isap terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu karburator, *throttle, intake manifold,* katup isap, dan ruang bakar.

Saluran isap berupa suatu pipa yang berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan campuran antara bahan bakar dan udara dari karburator ke dalam silinder. Besarnya diameter dan panjang *intake manifold* ini haruslah seimbang, yaitu tidak terlalu panjang dan juga tidak terlalu pendek, sehingga diharapkan dapat terjadi percampuran antara bahan bakar dengan udara dengan baik. Selain itu diameternya tidak boleh terlalu kecil atau besar, sehingga tidak akan terjadi gesekan aliran yang besar dan tidak akan menurunkan efisiensi volumetriknya.

Campuran antara bahan bakar dan udara di dalam *intake manifold* dapat terjadi dalam tiga kondisi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi mesin, umur mesin, bahan bakar yang digunakan, temperatur kerja dan sebagainya, yaitu:

1. Bahan bakar (dalam bentuk kabut/*droplet*) dengan udara akan bercampur dengan baik sehingga bahan bakar dan udara tersebut akan mengalir bersama-sama kedalam silinder. Hal ini merupakan kondisi ideal yang diharapkan dapat terjadi.
2. Terdapat sebagian kecil bahan bakar yang masih dalam bentuk tetes cairan sehingga tidak bisa bercampur dengan udara secara sempurna.
3. Terjadinya lapisan tipis bahan bakar (*film*) pada dinding *intake manifold.* Hal ini terjadi karena bahan bakar yang masih dalam bentuk titik cairan akibat pengaruh gaya gravitasi dan adanya perbedaan berat jenis yang akan mengumpul menjadi suatu lapisan tipis pada dinding *intake manifold.*

Dua kondisi terakhir di atas menyebabkan terjadinya perbedaan perbandingan campuran jumlah udara dengan bahan bakar yang akan dialirkan ke silinder akibat campuran udara dan bahan bakar yang kurang homogen. Hal ini akan berpengaruh terhadap kinerja mesin dan bahkan akan memperpendek umur mesin. Hal tersebut dapat dikurangi atau bahkan dapat diatasi dengan cara membuat modifikasi agar campuran bahan bakar dan udara menjadi homogen, misalnya dengan menggunakan sistem injeksi bahan bakar sehingga diharapkan dapat mengkabutkan bahan bakar dengan baik. Selain itu dapat juga dengan mengusahakan agar aliran yang melewati *intake manifold* berpusar sehingga didapatkan campuran yang homogen.

2.6 Pembakaran

Pengertian pembakaran secara makro adalah terjadinya reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yaitu O_2 dalam udara, sedangkan pengertian secara mikro adalah lepasnya ikatan-ikatan yang lemah dalam bahan bakar karena masuknya energi dari luar. Ikatan-ikatan yang terlepas ini berbentuk radikal kemudian radikal-radikal tersebut mengikat radikal lainnya membentuk ikatan yang sangat kuat dan menghasilkan energi yang sangat tinggi. Energi ini adalah yang dimanfaatkan sebagai kerja pada motor bakar maupun mesin-mesin yang lain.

2.6.1 Jenis pembakaran

Ditinjau secara aerodinamis ada dua jenis pembakaran, yaitu:

1. Pembakaran difusi

Pembakaran difusi adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara pengoksidasi tidak dicampur secara mekanik, melainkan bercampur secara alami melalui proses difusi, kemudian baru dibakar, sehingga disini tidak terjadi rambatan gelombang pembakaran. Jika pencampuran bahan bakar dan udara (oksigen) sudah mencapai kondisi stoikhiometrik, dan panas yang dilepaskan oleh api didaerah pencampuran tersebut sudah cukup maka pembakaran akan berlangsung. Contohnya: pembakaran lilin, pembakaran korek api, pembakaran turbin gas, dan pembakaran pada mesin-mesin propulsi.

2. Pembakaran premix

Pembakaran premix adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) dicampur terlebih dahulu secara mekanik (misalnya dengan karburator),

kemudian baru dibakar. Di sini terjadi perambatan gelombang pembakaran yang disebut *flame*. Gelombang pembakaran merambat kearah reaktan, di belakang gelombang pembakaran terbentuk produk pembakaran contohnya adalah pembakaran pada motor bensin, pembakaran pada roket, pembakaran pada las karbit.

Pada proses pembakaran, ada empat syarat yang harus dipenuhi agar terjadi pembakaran yang sempurna, yaitu :

1. Bahan bakar menguap secara cepat dan sempurna
2. Digunakan cukup udara pembakaran
3. Adanya campuran udara dan bahan bakar yang homogen
4. Tercapainya temperatur udara yang cukup tinggi

Jika syarat-syarat di atas tidak terpenuhi, maka akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan oksida yang menimbulkan polusi udara dan menurunkan efisiensi serta secara ekonomis akan sangat merugikan.

Dari syarat ketiga (adanya campuran udara dan bahan bakar yang homogen) di atas untuk menghasilkan suatu proses pembakaran yang sempurna diperlukan homogenitas campuran bahan bakar dan udara. Terjadinya campuran antara bahan bakar dan udara pembakaran yang homogen disebabkan apabila garis alir fluida udara pembakaran dan bahan bakar saling berpotongan, sehingga partikel-parikel udara dan bahan bakar akan bergerak secara acak dan lebih bebas untuk saling berikatan. Dengan adanya campuran homogen ini, maka akan diperoleh suatu pembakaran yang merata, kecepatan pembakaran yang tinggi serta tekanan pembakaran yang lebih tinggi.

2.6.2 Pembakaran pada Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin biasanya menggunakan karburator untuk pencampuran bahan bakar dan udara, setelah melewati karburator bahan bakar akan berbentuk kabut (*droplet*) yang sudah bercampur dengan udara. Pembakaran memegang peranan penting karena manfaat yang diberikan oleh motor bakar tergantung pada proses pembakaran, sehingga kondisi pembakaran yang terjadi akan mempengaruhi kinerja motor bakar itu sendiri.

Pembakaran dalam ruang bakar ini terjadi dengan sangat cepat, tetapi ada jeda waktu sesaat awal penyalaan api oleh busi sampai campuran bahan bakar dan udara habis. Setelah busi menyala, nyala api akan merambat ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi (20 – 50 $m.s^{-1}$) dan menyalakan campuran yang dilaluinya sehingga tekanan dalam ruang bakar meningkat sesuai campuran yang terbakar (Arismunandar,2002:82). Kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh gerakan udara yang

terbakar, jika fluida yang dibakar berpusar dan menimbulkan turbulensi maka kecepatan pembakaran akan lebih tinggi (Zhang dan Hill, 1996: 318). Dengan adanya kecepatan pembakaran yang tinggi akan dapat mengurangi detonasi pada mesin.

2.7 Karakteristik bahan bakar bensin

Bahan bakar yang digunakan pada kendaraan bermotor secara umum terdiri dari karbon hidrogen dan unsur-unsur oksigen ditambah dengan bahan-bahan aditif yang lain untuk memperbaiki sifat-sifanya. Dewasa ini bahan bakar yang umum dipakai untuk kendaraan bermotor di Indonesia adalah premium, premix, solar dan terakhir yang baru dipasarkan adalah bahan bakar gas (BBG) dan biosolar.

Bensin merupakan campuran dari ikatan hidokarbon dengan jumlah dengan jumlah carbon (C) rata-rata dari C_4 sampai C_{12} dengan titik didih antara 300 – 210 ^{0}C. Adapun bahan bakar yang dijelaskan berikut ini adalah bahan bakar premium.

Sifat – sifat utama bensin :

1. Mudah menguap pada suhu biasa.
2. Tidak berwarna, jernih dan berbau merangsang (bensin mengandung *tetra ethyl lead* sebagai *anti knock*, warna merah atau hijau pada bensin menunjukkan adanya racun kimia).
3. Titik nyala rendah
4. Berat jenis rendah (0,60 – 0,72) kg/lt
5. Melarutkan minyak dan karet.
6. Menghasilkan panas yang besar (9.500 – 10.500) Kcal/kg
7. Meninggalkan sedikit sisa karbon (sisa pembakaran).

Sifat – sifat bahan bakar bensin premium yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

a. Densiti : 0.716 gr/ml

b. Lower Heating Value : 10425.90 kkal.kg^{-1}

2.8 Tinjauan Terhadap 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 motor bensin 5 langkah ini meliputi :

1. Torsi (T)
2. Daya efektif (Ne)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe).
4. Efisiensi Termal Efektif (η_e)

2.8.1 Torsi (T)

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 pada poros, sehingga harga torsi dapat dicari dari hubungan antara perkalian besarnya beban pengereman dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

T= F. L (Kg.m)

atau $T = \frac{Ne}{n} 716.2$ (Kg.m) .....(Arismunandar, 2002: 32)

dengan :

Ne = daya efektif (PS)

n = putaran mesin (rpm)

T = torsi yang dihasilkan (Kg.m)

F = besarnya beban pengereman (Kg)

L = panjang lengan dinamometer = 0,25 (m).

2.8.2 Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indikator yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakkan torak. Sebagian daya indikator dibutuhkan 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.

Untuk mendapat daya efektif dapat dicari dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan anguler poros (ω). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ne = T.\omega = \frac{T.2.\pi.n}{60.75} = \frac{T.n}{716.2} \text{ (PS)}$$ .....(Petrovsky; 1979 : 59)

dengan:

Ne = daya efektif (PS), PS merupakan singkatan dari *Pferde Storkë*

T = torsi (kg.m)

ω = kecepatan anguler poros (rad/det)

n = putaran mesin (rpm)

2.8.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1PS selama 1 jam. Konsumsi bahan bakar ini dapat diukur dengan menggunakan meter alir (*flow meter*) yaitu berupa 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 dalam satuan waktu per satuan volum sehingga perlu dikonversikan dalam satuan kg/jam, maka akan diperoleh rumusan :

$$Fc = \frac{b}{t} . \gamma_f . \frac{3600}{1000} \ (kg \ . \ jam^{-1}) \quad \text{..... (Petrovsky; 1979 : 63)}$$

dengan:

Fc = 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 (Fc) didapat *specific fuel consumption efective* (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \ (Kg \, . \, PS^{-1} . \, jam^{-1}) \quad \text{..... (Petrovsky,; 1979 : 63)}$$

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 efektif.

2.8.4 Efisiensi Termal Efektif (η_e)

Efisiensi termal efektif merupakan perbandingan antara banyaknya kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar dengan daya efektif yang dihasilkan oleh mesin. 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. Basarnya efisiensi termal efektif dihitung dengan rumus :

$$\eta_e = \frac{Qe}{Qb} = \frac{632 \cdot N_e}{Fc \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFCe \cdot LHV_{bb}} \quad (\%) \quad \text{..... .....(Petrovsky; 1979 : 62)}$$

dengan:

η_e = efisiensi termal efektif (%)

Qe = jumlah kalor yang digunakan untuk daya efektif (kkal . kg^{-1})

Qb = jumlah kalor dari pembakaran bahan bakar dan udara (kkal . kg^{-1})

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

2.9 Pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah

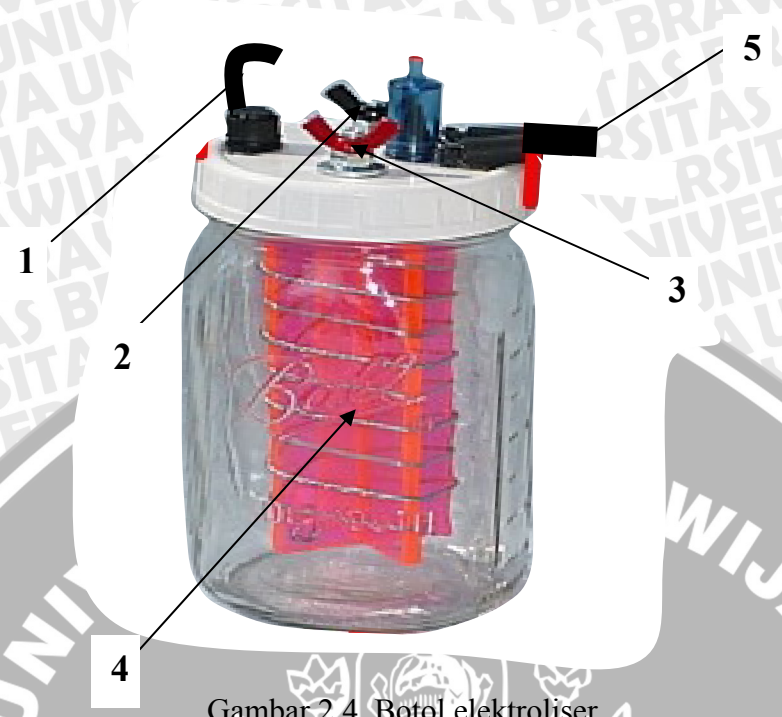
Elektroliser pada dasarnya merupakan suatu alat yang memisahkan partikel atau molekul air (H_2O) menjadi 2 H untuk hidrogen dan 1 O untuk oksigen. Rumus kimia reaksi elektrolisa dapat dituliskan sebagai berikut :

Cathode (reduction): $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

Anode (oxidation): $4OH^-(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^-$

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

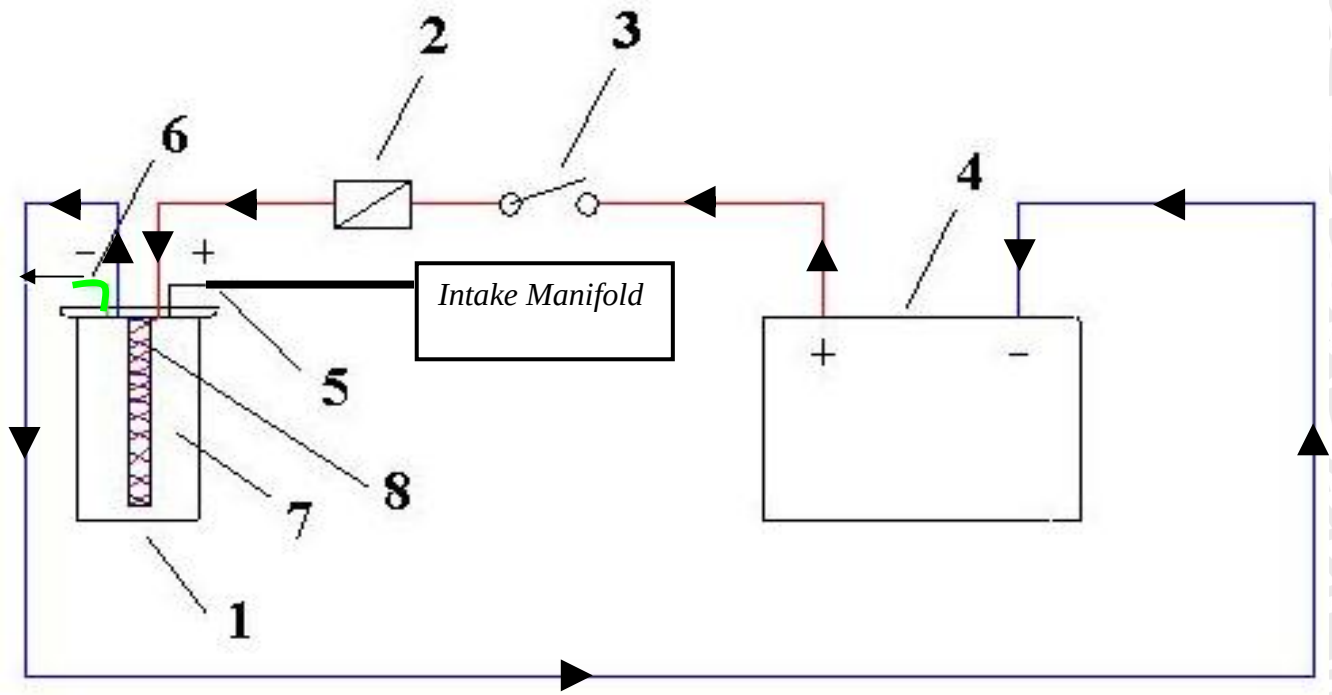
Reaksi elektrolisa ini menghasilkan gas Hidrogen (2 H) dan oksigen (1 O) atau disebut juga gas *oxyhydrogen*.



Gambar 2.4 Botol elektroliser
Sumber : www.water4gas.com, 2008: 4

Keterangan gambar :

1. Tempat keluar gelembung udara (*Bubbler*)
2. Sambungan untuk arus negatif
3. Sambungan untuk arus positif
4. Kawat elektrode positif dan negatif
5. Selang output gas *oxyhydrogen* yang disambungkan ke *intake manifold*



Gambar 2.5 Skema elektroliser

Keterangan gambar :

1. Botol Elektroliser
2. Sekring (*Fuse*)
3. Saklar
4. Aki (*Accu*)
5. Selang output gas *oxyhydrogen* yang dimasukkan pada *intake manifold*
6. Selang gelembung udara (*Bubbler*)
7. Larutan $NaHCO_3$
8. Kawat elektroda

Penjelasan gambar skema elektroliser :

Pertama kutub positif dari aki (*accu*) mengalirkan arus listrik kemudian arus listrik mengalir menuju ke saklar tertutup lalu arus listrik diteruskan ke sekring, setelah melalui sekring arus listrik menuju ke elektroda positif pada botol elektroliser, yang kedua kutub negatif dari aki disambungkan ke elektroda negatif dari elektroliser, setelah masing – masing terhubung antara kutub positif dan negatif dari aki dengan elektroda positif dan negatif dari botol elektroliser maka akan terjadi suatu reaksi elektrolisa dari reaksi tersebut menghasilkan gas oxyhidrogen. Ada tiga faktor utama yang bekerja secara bersamaan, yang membuat molekul air terurai (berpisah). Yaitu, pertama arus listrik DC yang mengalir melalui kabel elektroda ke air, kedua gulungan kawat yang dapat

menimbulkan efek pusaran magnet (*magnetic vortec*), yang dimaksud efek pusaran magnet (*magnetic vortec*) adalah efek medan magnet yang terletak pada elektroda positif (+) dan elektroda negatif (-) dari elektroliser yang berperan dalam menguraikan molekul H_2O, dan yang ketiga tekanan udara (*vaccum*) yang berasal dari mesin itu sendiri.

Gas hidrogen adalah partikel yang sangat kecil, menghantam partikel lain, dan memotongnya menjadi partikel yang lebih kecil lagi. Sehingga yang terjadi adalah hidrogen ini akan memperkaya campuran bahan bakar bensin dan menjadikan campurannya lebih homogen. Sesuai dengan rumus kimia pembakaran antara bensin dengan gas *Oxyhydrogen* :

Bensin (C_5H_{12}) + $8O_2$ + *Oxyhydrogen* ($2H_2 + O_2$) $\longrightarrow$ $5CO_2 + 8H_2O$

sesuai reaksi pembakaran diatas tampak adanya penambahan hidrogen (2 H) dan oksigen (1 O) yang dapat memperkaya campuran bahan bakar bensin sehingga lebih homogen. Dengan lebih homogennya campuran antara bensin dengan udara dapat mengakibatkan kandungan oktannya (*octan rating*) meningkat, dengan meningkatnya angka oktan, tenaga yang ditimbulkan akan lebih kuat, dan pada akhirnya akan menyempurnakan pembakaran, sekaligus meningkatkan karakteristik kinerja dari motor bensin, yang meliputi torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe), dan efisiensi termal efektif (η_e)

Dalam aplikasinya pada motor bensin, bahan bakar dan udara sebelum masuk ruang bakar terlebih dahulu dicampur di dalam karburator Proses dalam karburator ini terjadi karena adanya *drop pressure* pada pipa venturi kemudian bahan bakar disemprotkan melalui *jet* membentuk *droplets* dengan berbagai ukuran dan bercampur dengan udara pembakaran, lalu melalui *intake manifold* ditambahkan gas *oxyhydrogen* yang berasal dari elektroliser.

2.10 Hipotesis

Akibat arus listrik DC dengan elektroliser pada *intake manifold* akan menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen sehingga mengakibatkan karakteristik kinerja dari motor bensin akan meningkat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian experimental semu dimana mesin diuji dalam kondisi tidak berpindah tempat. Hal ini dipergunakan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin dan pengaruh penggunaan elektroliser dengan berbagai variasi arus listrik DC pada *intake manifold* terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah satu silinder.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada dua macam yaitu :

1. Variabel bebas (*independent variable*)

   yaitu variabel yang bebas ditentukan nilainya. Variabel ini meliputi:

   - Putaran motor bensin 1500, 2000, 2500, 3000 dan 3500 rpm.
   - Bukaan *throttle* motor bensin yaitu konstan.
   - Besar arus yaitu 1 – 5 Ampere.

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

   Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini memiliki variabel terikat yang meliputi :

   - Torsi
   - Daya efektif
   - Efisiensi termal efektif
   - Konsumsi bahan bakar spesifik efektif

3.3 Alat - alat yang digunakan

3.3.1 Alat utama

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

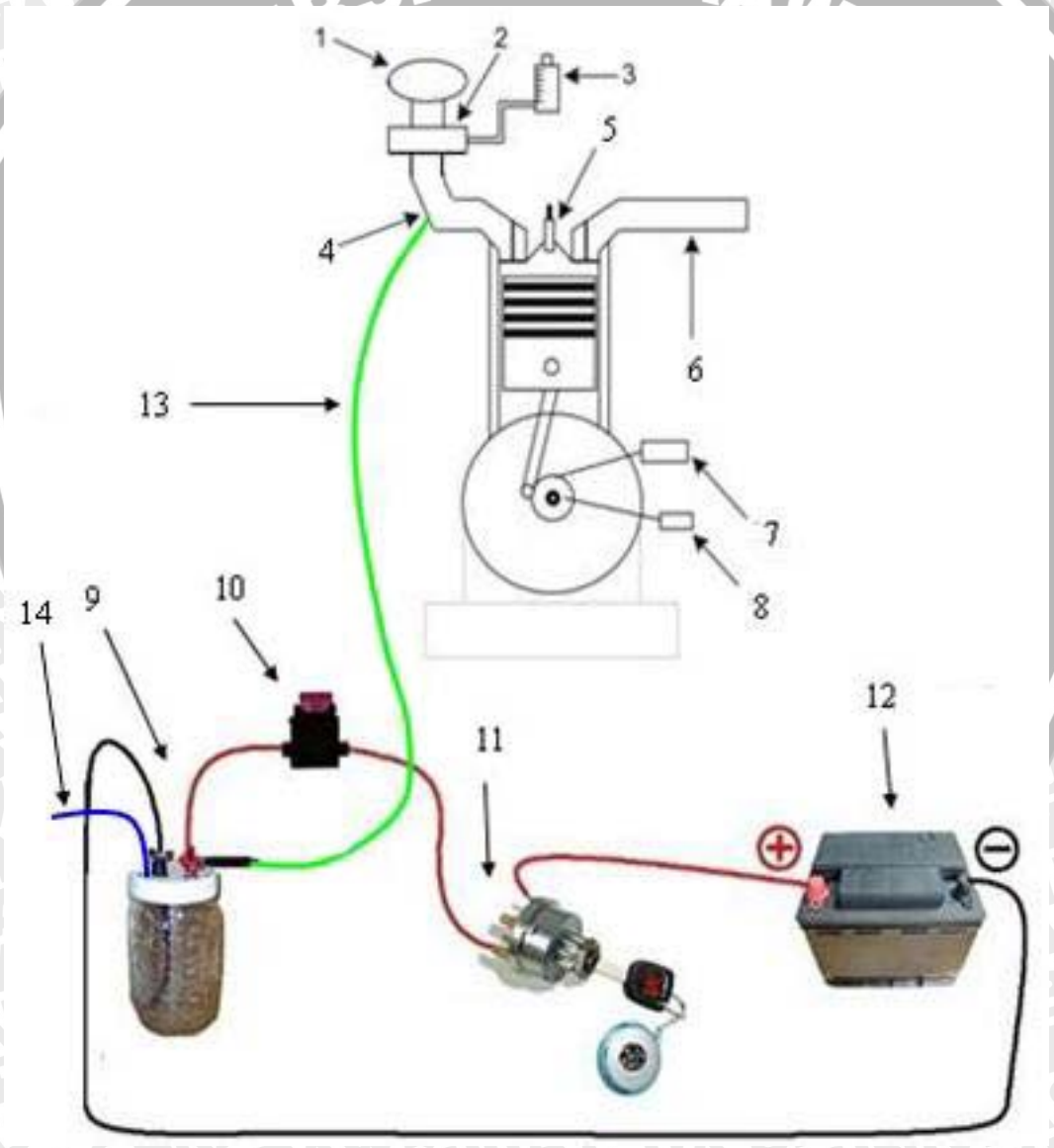
1. Motor bensin empat langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:
   - Siklus : 4 Langkah
   - Jumlah silinder : 1 buah, OHC
   - Volume langkah torak : 125 cc
   - Diameter X langkah : 50 mm x 49,5 mm
   - Perbandingan kompresi : 9 : 1

- Pendingin : Udara
- Daya maksimum/putaran : 7,29 Hp / 8000 rpm
- Torsi maksimum : 0,74 kgf.m / 6000 rpm
- Sistem pengapian : CDI elektronik, magneto
- Volume olie : 700 ml
- Bahan bakar : Bensin premium

2. Benda uji (elektroliser)

Merupakan spesimen uji yang dipasang pada ujung *intake manifold* setelah karburator.

Berikut adalah gambar elektroliser pada susunan peralatan uji :



Gambar 3.1 Susunan peralatan uji

Keterangan gambar:

1. Filter udara
2. Karburator
3. Alat ukur konsumsi bahan bakar
4. *Intake manifold*
5. Busi
6. *Exhaust manifold*
7. *Engine dynamometer*
8. *Tachometer*
9. Botol Elektroliser
10. Sekring
11. Kunci Kontak
12. Aki
13. Selang input gas HHO
14. Selang *Bubbler* Udara

3.3.2 Peralatan bantu

1. *Flow meter* (meter alir)

   Berupa tabung pengukur berisi sejumlah bahan bakar dengan volume tertentu. Digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar yang dipakai selama pengujian.

2. *Tachometer*

   Digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros mesin. Satuan yang digunakan adalah rpm *(rotation per minute*).

4. Dinamometer

   Digunakan untuk mengukur gaya pengereman pada poros *output*.

5. *Stop watch*

   Digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan motor bensin untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.

6. Barometer

   Digunakan untuk mengukur tekanan udara ruangan selama penelitian berlangsung.

7. Termometer

   Digunakan untuk mengukur temperatur ruangan selama penelitian.

8. *Hidrometer*

Digunakan untuk mengukur massa jenis bahan bakar yang digunakan untuk pengujian (bensin).

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian tentang penggunaan elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah ini dilakukan di laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan dilakukan persiapan penyusunan alat - alat penelitian. Mempersiapkan instalasi utama (gambar 3.1) yang dirangkai menjadi satu kesatuan. Kemudian dilakukan.persiapan peralatan pengujian serta penyetingan mesin dalam kondisi baik.

3.5.2 Prosedur Penelitian

Langkah - langkah yang dilakukan untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut:

1. Proses pengambilan data dengan tahapan:
   - Tahap pertama:

   Pengambilan data dilakukan pada peralatan utama yang telah dilengkapi dengan peralatan bantu tanpa dipasang elektroliser pada *intake manifold*. Pengambilan data dimulai dari putaran 1500 rpm sampai dengan 3500 rpm dengan interval kenaikan sebesar 500 rpm dengan bukaan *throttle* konstan. Untuk memperoleh data yang lebih teliti dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk setiap putaran.
   - Tahap kedua:

   Analogi dengan tahap pertama, akan tetapi dipasang elektroliser pada *intake manifold* ke ruang bakar dengan variasi arus listrik DC mulai dari 1A, 2A, 3A, 4A, dan 5A.
2. Data yang dicatat meliputi:
   - Besarnya putaran (rpm)
   - Gaya pengereman (kg)
   - Konsumsi bahan bakar (lt/jam)

3.6 Analisis Statistika

Untuk mengolah data yang telah diperoleh dipergunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran motor bensin (faktor A) dan pengaruh variasi arus listrik DC pada *intake manifold* (faktor B) serta pengaruh interaksi keduanya (faktor AB) terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif.

Faktor A mempunyai level A1, A2,.....,Ar dan faktor B mempunyai level B1, B2.....,Bc. Jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-masing kategori terdiri atas r dan c level. Bila pengaruh interaksi antar faktor A pada level ke i dan faktor B pada level ke j dinyatakan dengan $(\alpha\beta)ij$. Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dimana

Y_{ijk} : nilai setiap pengamatan

μ : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

α_i : pengaruh faktor A ke i

β_j : pengaruh faktor B ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor A ke i dan faktor B ke j

ε_{ijk} : simpangan pengamatan

Yang akan kita uji dari pengamatan ini adalah:

1. α : pengaruh (efek) dari faktor A
2. β : pengaruh (efek) dari faktor B
3. $\alpha\beta$: pengaruh interaksi dari faktor A dan faktor B

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

I $H_0^1 : \alpha 1 = \alpha 2 = ... = \alpha i$ (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

H_1^1 : paling sedikit satu $\alpha 1 \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

II $H_o^2 : \beta 1 = \beta 2 = ... = \beta j$ (tidak ada pengaruh variasi arus listrik DC pada *intake manifold* ke ruang bakar terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

H_1^2 : paling sedikit satu $\beta j \neq 0$ (ada pengaruh variasi arus listrik DC pada *intake manifold* ke ruang bakar terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

III H_0^3 : $(\alpha\beta)11 = (\alpha\beta)12 = ... = (\alpha\beta)ij$ (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin dan variasi arus listrik DC pada *intake manifold* ke ruang bakar terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

H_1^3 : paling sedikit satu $(\alpha\beta) \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran mesin dan variasi arus listrik DC pada *intake manifold* ke ruang bakar terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif).

Tabel 3.1. Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan

Faktor		B						
		B1	....	Bj	....	Bc	Σ baris	Rata-rata
A	A1	Y111 Y112 .... Y11t		Y1j1 Y1j2 .... Y1jt		Y1c1 Y1c2 .... Y1ct	T1..	$\bar{Y}$ 1..
	Ai	Yi11 Yi12 .... Yi1t		Yij1 Yij2 .... Yijt		Yic1 Yic2 .... Yict	Ti..	$\bar{Y}$ i..
	Ar	Yr11 Yr12 .... Yr1t		Yij1 Yij2 .... Yijt		Yrc1 Yrc2 .... Yrct	Tr..	$\bar{Y}$ r..
Σ kolom		T.1.		T.j.		T.c.	T..	
rata-rata		$\bar{Y}$ .1.		$\bar{Y}$ .j.		$\bar{Y}$ .c.		$\bar{Y}$ ..

Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 96, 2006

Didalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \sum_{k=1}^{t} (Y_{ijk} - \bar{Y}...)^2$$

2. Jumlah kuadrat faktor A (JKA)

$$JKA = ct \sum_{i=1}^{r} (\bar{Y}_{i}.. - \bar{Y}...)^2$$

3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = rt \sum_{j=1}^{c} (\bar{Y}.j. - \bar{Y}...)^2$$

4. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKAB = t \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} (\bar{Y}_{ij}. - \bar{Y}_{i}.. - \bar{Y}.j. + \bar{Y}...)^2$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKT = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \sum_{k=1}^{t} (Yi_{jk} - \bar{Y}_{ij}.)^2$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi faktor A dan faktor B (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga F_{hitung} masing-masing sumber keragaman (faktor A, faktor B dan interaksi faktor AB) kemudian hasilnya dibandingkan dengan F_{tabel} pada derajat bebas yang sesuai dengan nilai α tertentu. Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1. F_{hitung} dari faktor A

$$FA_{hitung} = \frac{KTA}{KTG}$$

2. F_{hitung} dari faktor B

$$FB_{hitung} = \frac{KTB}{KTG}$$

3. F_{hitung} dari interaksi faktor AB

$$FAB_{hitung} = \frac{KTAB}{KTG}$$

Tabel 3.2. Rancangan analisis varian

Sumber Varian	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{α}
Antar A	JKA	$db_1=r-1$	KTA	F_1	
Antar B	JKB	$db_2=c-1$	KTB	F_2	
Interaksi AB	JKAB	$db_3=db_1.db_2$	KTAB	F_3	
Galat	JKG	$db_4=rc(t-1)$	KTG		
Total	JKT	$rct-1$			

Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 98, 2006

Dari tabel tersebut, rumus-rumus perhitungannya juga menjadi menjadi lebih sederhana lagi, yaitu:

1. Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{1}{rct}(T...)^2$$

2. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\sum_{k=1}^{t} Y_{ijk}^{\ 2} - FK$$

3. Jumlah kuadrat faktor A

$$JKA = \frac{1}{ct}\sum_{i=1}^{r} Ti..^2 - FK$$

4. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \frac{1}{rt}\sum_{j=1}^{c} T.j.^2 - FK$$

5. Jumlah kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c} Y_{ij}^{\ 2} - FK$$

6. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

   JKAB = JKP – JKA – JKB

7. Jumlah kuadrat galat (JKG)

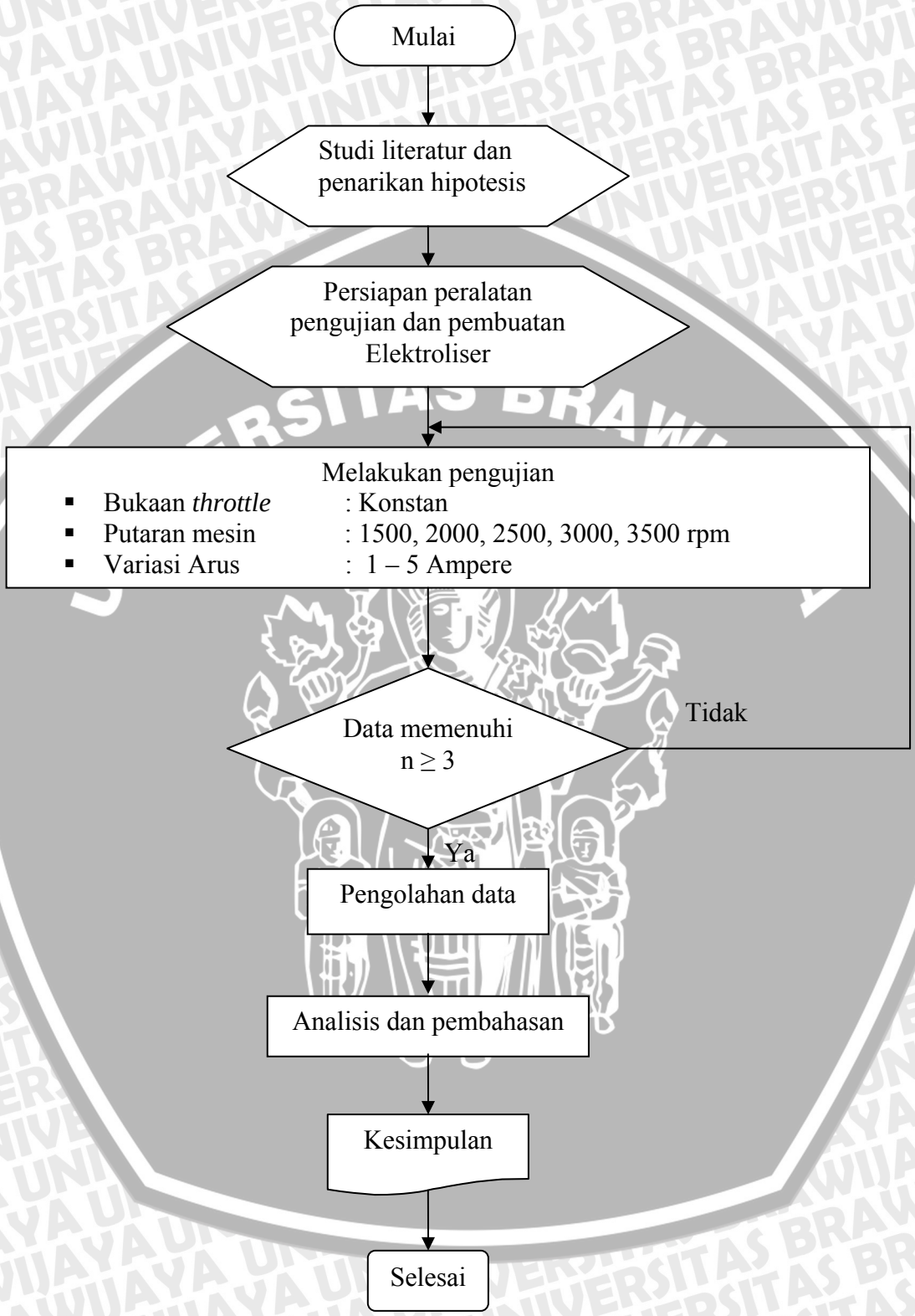
   JKG = JKT – JKA – JKB – JKAB

Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila $FA_{hitung} > FA_{tabel}$, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran mesin berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif.

2. Bila FB $_{hitung}$ > FB $_{tabel}$, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini menyatakan bahwa variasi arus listrik DC pada *intake manifold* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif.
3. Bila FAB $_{hitung}$ > FAB $_{tabel}$, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran mesin dan variasi arus listrik DC pada *intake manifold* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir pelaksanaan penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data hasil pengujian

Data yang diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian : Variasi putaran
2. Bukaan*Throttle* : Konstan
3. Temperatur bola kering : 29 ^{0}C
4. Temperatur bola basah : 26 ^{0}C
5. Kelembaban relatif : 78 %
6. Tekanan udara : 714 mmHg
7. Volume bahan bakar (b) : 30 ml
8. LHV bahan bakar bensin : 10425,90 kkal.kg^{-1}

Tabel 4.1. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah tanpa pemasangan elektroliser (standar)

PUTARAN (rpm)	TORSI (Kg.m)	DAYA EFEKTIF (PS)	SFCe (Kg/PS.jam)	EFISIENSI (%)
1500	0,25	0,523597	0,203948009	29,72241
	0,25	0,523597	0,205100258	29,55543
	0,25	0,523597	0,2062656	29,38845
2000	0,75	2,094387	0,181513728	33,39597
	0,75	2,094387	0,181513728	33,39597
	0,875	2,443452	0,155583195	38,96196
2500	1,5	5,235968	0,157838024	38,40536
	1,5	5,235968	0,157838024	38,40536
	1,5	5,235968	0,157838024	38,40536
3000	1,75	7,330355	0,152532545	39,7412
	1,75	7,330355	0,152532545	39,7412
	1,8125	7,592153	0,139090979	43,58174
3500	2	9,773806	0,129652663	46,75436
	2	9,773806	0,138913567	43,6374
	2	9,773806	0,138913567	43,6374

Tabel 4.2. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 1 ampere

PUTARAN (rpm)	TORSI (Kg.m)	DAYA EFEKTIF (PS)	SFCe (Kg/PS.jam)	EFISIENSI (%)
1500	0,25	0,523597	0,1994656	30,39033
	0,25	0,523597	0,2016819	30,05637
	0,375	0,785395	0,1382962	43,83221
2000	1	2,792516	0,1361353	44,52796
	1,0625	2,967048	0,125615	48,25717
	1	2,792516	0,1361353	44,52796
2500	1,5625	5,454133	0,1124214	53,92057
	1,5	5,235968	0,1210092	50,09395
	1,625	5,672298	0,1047195	57,88635
3000	1,75	7,330355	0,092609	65,4561
	1,8125	7,592153	0,0863323	70,21502
	1,75	7,330355	0,092609	65,4561
3500	2	9,773806	0,0845561	71,69001
	2,125	10,38467	0,0762663	79,48241
	2	9,773806	0,0845561	71,69001

Tabel 4.3. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 2 ampere

PUTARAN (rpm)	TORSI (Kg.m)	DAYA EFEKTIF (PS)	SFCe (Kg/PS.jam)	EFISIENSI (%)
1500	0,25	0,523597	0,1680683	36,06765
	0,3125	0,654496	0,1357112	44,66711
	0,375	0,785395	0,1110176	54,60241
2000	1,125	3,141581	0,116355	52,09771
	1	2,792516	0,133466	45,41852
	1,125	3,141581	0,116355	52,09771
2500	1,25	4,363306	0,0889047	68,18344
	1,25	4,363306	0,0889047	68,18344
	1,125	3,926976	0,100841	60,11274
3000	1,75	7,330355	0,0740872	81,82012
	1,8125	7,592153	0,0695455	87,16348
	1,875	7,853951	0,0654104	92,67381
3500	2	9,773806	0,0810329	74,80697
	2,125	10,38467	0,0732156	82,79417
	2,125	10,38467	0,0732156	82,79417

Tabel 4.4. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 3 ampere

PUTARAN (rpm)	TORSI (Kg.m)	DAYA EFEKTIF (PS)	SFCe (Kg/PS.jam)	EFISIENSI (%)
1500	0,25	0,523597	0,1544798	39,24026
	0,25	0,523597	0,1551399	39,07328
	0,375	0,785395	0,1025501	59,11086
2000	0,75	2,094387	0,1093456	55,43731
	0,8125	2,268919	0,0997328	60,78066
	0,75	2,094387	0,1093456	55,43731
2500	1,375	4,799637	0,0880067	68,87919
	1,375	4,799637	0,0880067	68,87919
	1,25	4,363306	0,0990075	61,22594
3000	1,75	7,330355	0,0720293	84,15784
	1,875	7,853951	0,0654104	92,67381
	1,75	7,330355	0,0720293	84,15784
3500	2	9,773806	0,0777916	77,92393
	2,125	10,38467	0,0677922	89,41771
	2,0625	10,07924	0,072533	83,57341

Tabel 4.5. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 4 ampere

PUTARAN (rpm)	TORSI (Kg.m)	DAYA EFEKTIF (PS)	SFCe (Kg/PS.jam)	EFISIENSI (%)
1500	0,25	0,523597	0,1407083	43,0808
	0,375	0,785395	0,0938055	64,6212
	0,375	0,785395	0,0934434	64,87167
2000	0,5	1,396258	0,1403457	43,19212
	0,625	1,745323	0,063689	95,17851
	0,625	1,745323	0,0648263	93,50871
2500	1,25	4,363306	0,0968073	62,61744
	1,375	4,799637	0,0860935	70,40983
	1,25	4,363306	0,0968073	62,61744
3000	1,75	7,330355	0,0720293	84,15784
	1,875	7,853951	0,0654104	92,67381
	1,875	7,853951	0,0654104	92,67381
3500	2	9,773806	0,0747996	81,04088
	2,125	10,38467	0,0677922	89,41771
	2,125	10,38467	0,0677922	89,41771

Tabel 4.6. Data hasil pengujian terhadap motor bensin empat langkah dengan pemasangan elektroliser dengan arus 5 ampere

PUTARAN	TORSI	DAYA EFEKTIF	SFCe	EFISIENSI

(rpm)	(Kg.m)	(PS)	(Kg/PS.jam)	(%)
1500	0,25	0,523597	0,1500113	40,40912
	0,375	0,785395	0,098783	61,36509
	0,375	0,785395	0,0991878	61,11462
2000	0,75	2,094387	0,0916736	66,12402
	0,875	2,443452	0,0777916	77,92393
	0,75	2,094387	0,0916736	66,12402
2500	1,25	4,363306	0,0947028	64,00894
	1,3125	4,581472	0,0882742	68,67046
	1,3125	4,581472	0,0882742	68,67046
3000	1,75	7,330355	0,0682382	88,83328
	1,75	7,330355	0,0682382	88,83328
	1,875	7,853951	0,062056	97,68321
3500	2,25	10,99553	0,0720293	84,15784
	2,375	11,60639	0,0682382	88,83328
	2,375	11,60639	0,0655087	92,53466

4.1.2 Pengolahan data

Contoh perhitungan diambil dari data yang pertama pada pengujian bahan bakar bensin tanpa memasang elektroliser pada *intake manifold* terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif pada motor bensin empat langkah. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Bukaan t*hrottle* = Konstan
2. Putaran mesin (n) = 1500 rpm
3. Besar beban pada timbangan (F) = 1 kg
4. Panjang lengan pada timbangan (L) = 0,25 m
5. Waktu konsumsi bahan bakar = 178 detik
6. Berat spesifik bahan bakar (γ_f) = 0,716 kg.liter^{-1}
7. Nilai kalor rendah bensin (LHV) = 10425,90 kkal.kg^{-1}
8. Nilai kalor rendah hidrogen (LHV) = 34058,317 kkal.kg^{-1}

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

1. Torsi (T)

   Torsi (T) = F.L

   = 1 x 0,25

   Torsi (T) = 0,25 kg.m

2. Daya efektif (Ne)

$$Ne = \frac{T.n}{716.2}$$
$$= \frac{0,25 \text{ x } 1500}{716,2}$$
$$= 0,5235967 \text{ PS}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (*SFCe*)

$$Fc = \frac{b}{t}.\gamma_f.\frac{3600}{1000}$$
$$= \frac{30}{178}.0,716.\frac{3600}{1000}$$
$$= 0,1067 \text{ kg}.\text{jam}^{-1}$$

$$SFCe = \frac{FC}{Ne}$$
$$= \frac{0,106787}{0,5235967}$$
$$= 0,203948 \; kg.PS.jam^{-1}$$

4. Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_e = \frac{632}{SFCe.LHV_{bb}}$$
$$= \frac{632}{0,203948x10425,90}.100\%$$
$$= 29,72241\%$$

Analog dengan data yang pertama, maka diperoleh nilai dari torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif dari masing-masing data yang lain. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat dalam lampiran 1.

4.1.3 Analisis varian

Hasil pengolahan data pengujian motor bensin empat langkah satu silinder tersebut kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh tingkat putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi keduanya terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang meliputi konsumsi bahan bakar spesifik efektif, torsi, daya efektif, dan efisiensi termal efektif.

Hipotesis yang digunakan dalam analisis statistik ini adalah:

I H_0^1 : $\alpha 1 = \alpha 2 = ... = \alpha i$ (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

H_1^1 : paling sedikit satu $\alpha 1 \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran mesin terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

II H_0^2 : $\beta 1 = \beta 2 = ... = \beta j$ (tidak ada pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

H_1^2 : paling sedikit satu $\beta j \neq 0$ (ada pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

III H_0^3 : $(\alpha\beta)11 = (\alpha\beta)12 = ... = (\alpha\beta)ij$ (tidak ada pengaruh variasi putaran mesin dan variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

H_1^3 : paling sedikit satu $(\alpha\beta) \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran mesin dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah)

4.1.3.1 Analisis statistik untuk torsi yang dihasilkan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran, dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara keduanya terhadap torsi yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7. Analisis varian dua arah untuk torsi

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Tingkat putaran (faktor A)	5	61,80671	12,36134	2824,516	2,57
Arus elektroliser (faktor B)	5	0,10055	0,02011	4,595041	2,57
Interaksi faktor A dan B	25	0,816117	0,032645	7,459174	1,863
Galat	72	0,315104	0,004376		
Total	107	63,03848			

Dari tabel 4.6 diatas dapat diketahui bahwa masing-masing $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_0^1, H_0^2, H_0^3 ditolak dan H_1^1, H_1^2, H_1^3 diterima. Hal ini berarti bahwa variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara variasi putaran dan variasi arus listrik DC pada elektroliser mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap torsi yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.1.3.2 Analisis statistik untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang dihasilkan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara keduanya terhadap SFCe yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.8. Analisis varian dua arah untuk SFCe

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Tingkat putaran (faktor A)	5	0,22601	0,045202	217,563	2,57
Arus elektroliser (faktor B)	5	0,05585	0,01117	53,76254	2,57
Interaksi faktor A dan B	16	0,016452	0,000658	3,167466	1,863
Galat	50	0,014959	0,000208		
Total	76	0,313271			

Dari tabel 4.7 diatas dapat diketahui bahwa masing-masing $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_0^1, H_0^2, H_0^3 ditolak dan H_1^1, H_1^2, H_1^3 diterima. Hal ini berarti bahwa variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara variasi putaran dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap SFCe yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.1.3.3 Analisis statistik untuk daya efektif yang dihasilkan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara keduanya terhadap daya efektif yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.9. Analisis varian dua arah untuk daya efektif

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Tingkat putaran (faktor A)	5	1474,457	294,8915	6964,366	2,57
Arus elektroliser (faktor B)	5	1,18576	0,237152	5,600749	2,57
Interaksi faktor A dan B	25	11,36893	0,454757	10,73987	1,863
Galat	72	3,048689	0,042343		
Total	107	1490,061			

Dari tabel 4.8 diatas dapat diketahui bahwa masing-masing $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_0^1, H_0^2, H_0^3 ditolak dan H_1^1, H_1^2, H_1^3 diterima. Hal ini berarti bahwa variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara variasi putaran dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser mempunyai pengaruh yang nyata

dan berbeda terhadap daya efektif yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.1.3.4 Analisis statistik untuk efisiensi termal efektif yang dihasilkan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara keduanya terhadap efisiensi termal efektif yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.10. Analisis varian dua arah untuk efisiensi termal efektif

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Tingkat putaran (faktor A)	5	73117,2	14623,44	283,1304	2,57
Arus elektroliser (faktor B)	5	12605,75	2521,15	48,81301	2,57
Interaksi faktor A dan B	25	4700,608	188,0243	3,640415	1,863
Galat	72	3718,738	51,64914		
Total	107	94142,29			

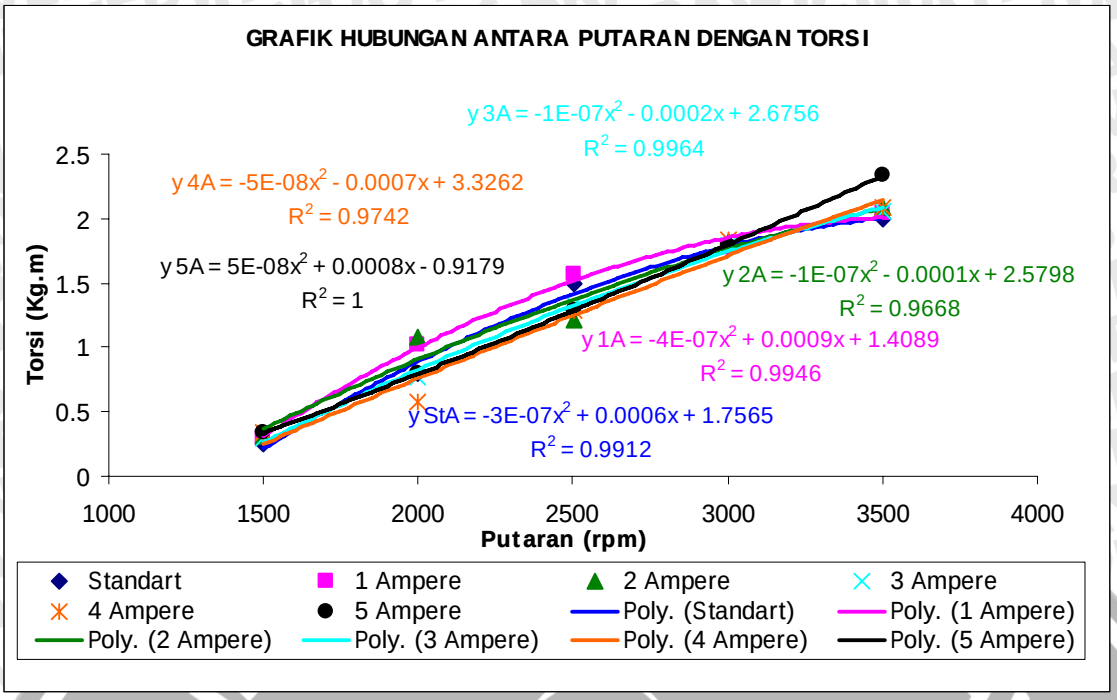
Dari tabel 4.9 diatas dapat diketahui bahwa masing-masing $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_0^1, H_0^2, H_0^3 ditolak dan H_1^1, H_1^2, H_1^3 diterima. Hal ini berarti bahwa variasi putaran, variasi arus listrik DC pada elektroliser dan interaksi antara variasi putaran dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap efisiensi termal efektif yang dihasilkan motor bensin empat langkah satu silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.2 Pembahasan

Hasil pengolahan data pada pengujian motor bensin empat langkah ini dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara tingkat putaran dengan karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang meliputi torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif.

4.2.1 Hubungan antara Putaran dengan Torsi

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan torsi, dan dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser yang mempunyai variasi arus listrik DC 1 - 5 ampere maupun standar dapat dilihat dalam gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1. Hubungan antara putaran dengan torsi

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa dengan semakin tinggi putaran poros motor bensin empat langkah maka torsi yang dihasilkan akan semakin meningkat. Penyebab terjadinya hal ini adalah karena pada saat menaikkan putaran, beban pengereman yang dikenakan pada poros ditambah sampai pada putaran yang dikehendaki. Dengan semakin besarnya beban pengereman yang diterima oleh poros maka besarnya torsi yang terjadi juga akan semakin besar. Hubungan antara beban pengereman dengan torsi ditulis sebagai berikut:

$$T = F \times L$$

Keterangan : T = Torsi (kg.m)

F = Gaya pengereman (kg)

L = Lengan gaya (m)

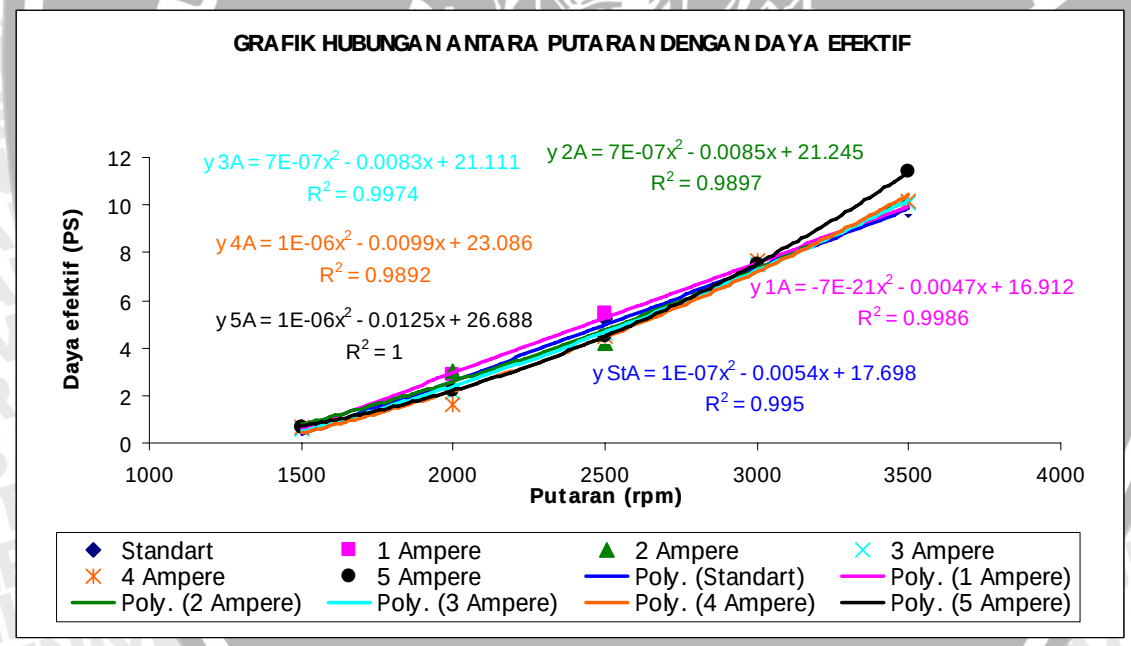
Dari persamaan di atas terlihat bahwa besarnya torsi berbanding lurus dengan besarnya beban pengereman yang dikenakan pada poros.

Dari grafik hubungan antara putaran dengan torsi, terlihat bahwa campuran bahan bakar bensin dengan gas HHO didalam elektroliser dengan variasi arus litrik DC pada *intake manifold* menghasilkan torsi yang terbesar pada arus 5 ampere dan secara berturut 4 ampere, 2 ampere, 3 ampere, 1 ampere, standart. Hal ini terjadi karena pada pemasangan elektroliser berarus 5 ampere elektroliser menghasilkan gas HHO yang relatif lebih banyak sehingga massa campuran udara dan bahan bakar meningkat, dengan semakin meningkatnya massa campuran udara dan bahan bakar maka tekanan akhir kompresi dan tekanan efektif pembakaran yang dihasilkan akan semakin tinggi. Dan

akibatnya gaya dorong torak pada saat langkah kerja (ekspansi) juga semakin tinggi, sehingga torsi yang dihasilkan secara otomatis meningkat. Pada arus 3 ampere nilai torsi yang dihasilkan lebih kecil dari pada arus 2 ampere karena pada arus 3 ampere penambahan energi pembakaran dalam ruang bakar bersamaan dengan terbakarnya gas HHO, sehingga kualitas pembakaranya tidak sempurna dan gaya dorong torak berkurang. Pada keadaan standart menghasilkan torsi yang paling kecil karena pada keadaan standart tidak ada penambahan gas HHO sehingga massa campuran bahan bakar tetap dan gaya dorong torak yang dihasilkan lebih kecil dari pada yang menggunakan penambahan gas HHO. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi arus listrik DC pada elektroliser untuk menghasilkan torsi yang terbesar adalah pada saat elektroliser berarus 5 ampere.

4.2.2 Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan daya efektif, dan dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser yang mempunyai variasi arus listrik DC 1 – 5 ampere maupun standar dapat dilihat dalam gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2. Hubungan antara putaran dengan daya efektif

Dari grafik di atas terlihat hubungan antara putaran poros mesin dengan daya efektif, diketahui bahwa semakin tinggi putaran poros mesin yang dihasilkan, maka daya efektif yang dihasilkan semakin besar.

Terlihat dari persamaan berikut:

$$Ne = \frac{T.n}{716,2}$$

Keterangan : Ne = Daya efektif (PS)

T = Torsi (kg.m)

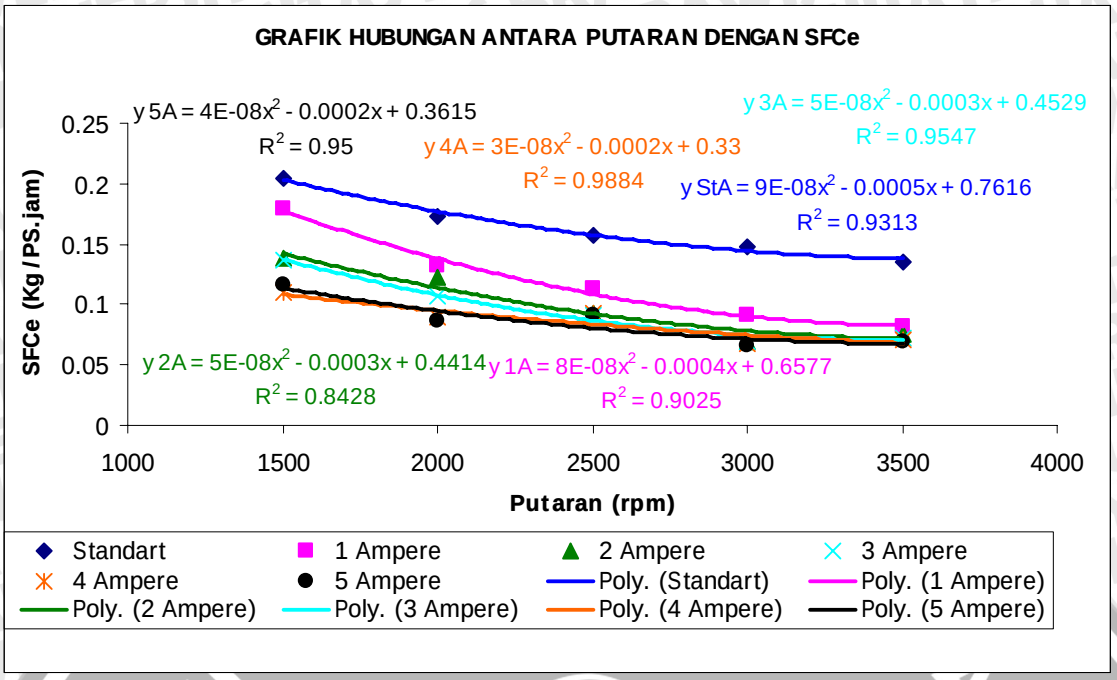
n = Putaran (rpm)

sesuai dengan persamaan diatas, daya efektif berbanding lurus dengan torsi. Semakin tinggi torsi maka daya efektif yang dihasilkan menjadi semakin tinggi pula. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran maka daya efektif yang dihasilkan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran beban yang dikenakan ke poros semakin besar sehingga nilai torsi semakin naik dengan semakin naiknya torsi maka daya efektif juga akan semakin meningkat.

Dari grafik hubungan antara putaran dengan daya efektif, terlihat bahwa campuran bahan bakar bensin dengan gas HHO didalam elektroliser dengan variasi arus listrik DC daya efektif yang terbesar pada arus 5 ampere, dan secara berturut 4 ampere, 2 ampere, 3 ampere, 1 ampere, dan standart. Hal ini terjadi karena pada pemasangan elektroliser berarus 5 ampere menghasilkan gas HHO yang relatif lebih banyak sehingga massa campuran udara dan bahan bakar meningkat, dengan semakin meningkatnya massa campuran udara dan bahan bakar maka tekanan akhir kompresi dan tekanan efektif pembakaran yang dihasilkan akan semakin tinggi. akibatnya gaya dorong torak pada saat langkah kerja (ekspansi) juga semakin tinggi, akhirnya torsi yang dihasilkan secara otomatis meningkat dan daya efektif yang dihasilkan menjadi besar. Pada arus 3 ampere daya efektif yang dihasilkan lebih kecil dari pada arus 2 ampere karena penambahan energi pembakaran dalam ruang bakar bersamaan dengan terbakarnya gas HHO, sehingga kualitas pembakaranya tidak sempurna dan gaya dorong torak berkurang. Pada keadaan standart menghasilkan daya efektif yang paling kecil karena pada keadaan standart tidak ada penambahan gas HHO sehingga massa campuran bahan bakar tetap dan gaya dorong torak yang dihasilkan lebih kecil dan akibatnya nilai daya efektif lebih kecil. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi arus listrik DC pada elektroliser untuk menghasilkan daya efektif yang terbesar adalah pada saat elektroliser berarus 5 ampere.

4.2.3 Hubungan antara Putaran dengan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik efektif (SFCe)

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan SFCe, dan dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser yang mempunyai variasi arus listrik DC 1 – 5 ampere maupun standar dapat dilihat dalam gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3. Hubungan antara putaran dengan SFCe

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) adalah banyaknya bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif tiap jamnya sehingga konsumsi bahan bakar spesifik ini dapat digunakan untuk mengukur tingkat keekonomisan dari mesin, semakin rendah nilai SFCe maka mesin tersebut semakin ekonomis.

Hubungan antara SFCe, FC, dan juga Ne ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$FC = \frac{b}{t}.\gamma_f.\frac{3600}{1000}$$

$$SFCe = \frac{FC}{Ne}$$

Keterangan : SFCe = Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg/PS.jam)

FC = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Ne = daya efektif (PS)

b = volume bahan bakar selama t detik (ml)

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

γ_f = berat spesifik bahan bakar (kg/liter)

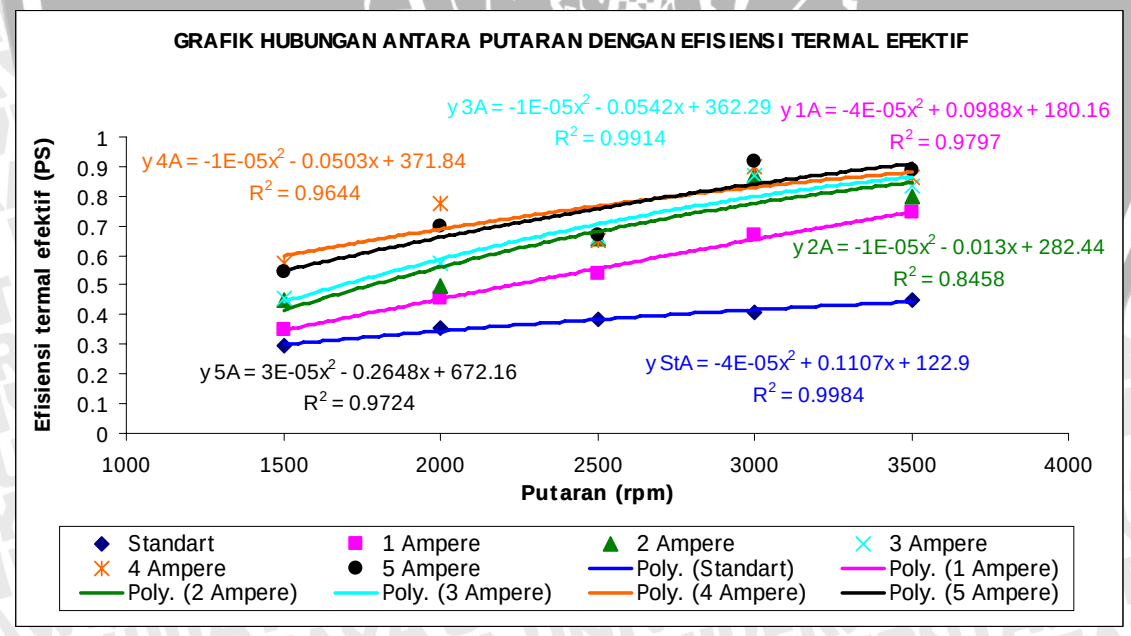
Sesuai dengan persamaan di atas terlihat bahwa SFCe berbanding lurus dengan nilai konsumsi bahan bakar (FC) dan berbanding terbalik dengan nilai daya efektif (Ne). Sehingga dengan meningkatnya nilai konsumsi bahan bakar (FC) maka nilai SFCe juga akan meningkat meskipun nilai daya efektif mengalami peningkatan atau penurunan

Dari grafik hubungan antara putaran dengan konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) terlihat bahwa campuran bahan bakar bensin dengan gas HHO didalam

elektroliser dengan variasi arus listrik DC pada arus 5 ampere memiliki nilai SFCe terkecil dan secara berturut 4 ampere, 3 ampere, 2 ampere, 1 ampere dan standart. Hal ini disebabkan pada arus listrik DC 5 ampere elektroliser menghasilkan jumlah gas HHO yang lebih banyak sehingga bahan bakarnya akan bercampur lebih homogen. Semakin homogen campuran bahan bakar dengan udara maka semakin sedikit bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan putaran yang dikehendaki, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih sedikit. Sedangkan untuk elektroliser yang berarus 4 ampere memiliki nilai SFCe yang lebih kecil dari pada yang berarus 5 ampere hal ini disebabkan karena pada arus 4 ampere gas HHO yang dihasilkan lebih sedikit sehingga bahan bakarnya akan bercampur kurang homogen hal ini akan menyebabkan campuran yang terjadi tidak sempurna. Semakin tidak sempurna campuran bahan bakar dengan udara maka semakin banyak bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan putaran yang dikehendaki, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih banyak. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi arus listrik DC pada elektroliser untuk menghasilkan SFCe yang terkecil adalah pada saat elektroliser berarus 5 ampere.

4.2.4 Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif

Hubungan antara putaran motor bensin empat langkah dengan efisiensi termal efektif, dan dengan variasi arus listrik DC pada elektroliser yang mempunyai variasi arus listrik DC 1 – 5 ampere maupun standart dapat dilihat dalam gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4. Hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif

Dari grafik hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif terlihat bahwa dengan semakin tinggi putaran poros motor bensin empat langkah maka secara umum efisiensi termal efektif yang dihasilkan juga akan mengalami peningkatan. Hal ini

dikarenakan nilai efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) dan nilai kalor rendah bahan bakar (LHV). Hubungan antara nilai efisiensi termal efektif (η_{te}), konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) dan nilai kalor rendah bahan bakar (LHV) ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{te} = \frac{Qe}{Qb} = \frac{632 \,.\, N_e}{Fc \,.\, LHV_{bb}} = \frac{632}{SFCe \,.\, LHV_{bb}}$$

Keterangan : η_{te} = Efisiensi termal efektif (%)

SFCe = Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg/jam.PS)

LHV_{bb} = Nilai kalor rendah bahan bakar (kkal/kg)

FC = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Ne = Daya efektif (PS)

Efisiensi termal efektif (η_{te}) yang diperoleh semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) mengalami penurunan, dan SFCe mengalami penurunan karena adanya penambahan massa campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar, sehingga setiap satu siklus yang terjadi akan semakin banyak, dari semakin banyaknya massa campuran bahan bakar dengan udara maka campuran yang terjadi akan lebih homogen dan hal ini akan menghasilkan jumlah energi kalor hasil pembakaran yang semakin meningkat yang pada akhirnya akan menaikkan efisiensi termalnya.

Dari grafik hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif terlihat bahwa variasi arus listrik DC pada elektroliser menghasilkan η_{te} yang paling besar pada saat arus 5 ampere, kemudian secara berturut 4 ampere, 3 ampere, 2 ampere, 1 ampere, dan standart. Hal ini disebabkan pada arus listrik DC 5 ampere elektroliser banyak menghasilkan gas HHO, sehingga didalam mesin banyak mengalami penambahan gas HHO dan bahan bakarnya akan bercampur lebih homogen dengan udara sehingga campuran yang terjadi lebih sempurna. Semakin sempurna campuran bahan bakar dengan udara maka semakin sedikit bahan bakar sehingga nilai SFCe akan turun dan dapat meningkatkan nilai efisiensi termal efektif (η_{te}), Sedangkan untuk elektroliser yang berarus 4 ampere, 3 ampere, 2 ampere, 1 ampere, dan standart memiliki nilai SFCe yang lebih besar dari pada yang berarus 5 ampere hal ini disebabkan karena pada arus 4 – standart, didalam mesin mengalami lebih sedikit penambahan gas HHO sehingga dihasilkan campuran yang kurang homogen dan menyebabkan campuran yang terjadi kurang sempurna. Semakin tidak sempurna campuran bahan bakar dengan udara maka semakin banyak bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan putaran yang

dikehendaki, maka nilai SFCe akan naik dan mengakibatkan nilai efisiensi termal efektif (η_{te}) akan ikut turun. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi arus listrik DC pada elektroliser untuk menghasilkan η_{te} yang terbesar adalah pada saat elektroliser berarus 5 ampere.

Dengan melihat data-data diatas maka dapat dikatakan bahwa penggunaan elektroliser dengan variasi arus listrik DC pada motor bensin empat langkah dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah yang meliputi torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif jika dibandingkan tanpa menggunakan elektroliser.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis data dan pembahasan pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik motor bensin empat langkah, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah memberikan hasil yang berbeda – beda, tetapi secara umum dengan penambahan alat elektroliser pada motor bensin empat langkah dapat meningkatkan karakteristik kinerja.
2. Arus listrik DC yang efektif adalah pada saat arus listrik DC 5 ampere yaitu dengan nilai torsi 2,33 (Kg.m), daya efektif 11,40 (PS), konsumsi bahan bakar spesifik efektif 0,066 (Kg/PS.jam) dan Efisiensi termal efektif 91,78 (%), pada arus listrik DC 5 ampere elektroliser menghasilkan jumlah gas HHO yang paling banyak, sehingga karakteristik kinerja motor bensin empat langkah menjadi optimal.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis harapkan dari penelitian tentang pengaruh variasi arus listrik DC pada elektroliser terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah adalah sebagai berikut:

1 Dari penelitian ini bisa dilanjutkan untuk motor bensin empat langkah dengan lebih dari satu silinder

2 Bisa dilanjutkan untuk motor bensin empat langkah dengan variasi bukaan throttle.

3 Dari penelitian ini bisa dilanjutkan untuk penelitian lebih lanjut pada mesin diesel

4 Dapat dilakukan penelitian tentang emisi gas buang pada motor bensin empat langkah.

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA