

SKRIPSI
PENAMBAHAN VARIASI ION NEGATIVE PADA MESIN DIESEL TIPE
TV 1

Disusun dan Diajukan oleh:

RAHMAT DWI HADYAN

D021171317



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

SKRIPSI

**PENAMBAHAN VARIASI ION NEGATIVE PADA MESIN DIESEL TIPE
TV 1**

Disusun dan Diajukan oleh:

RAHMAT DWI HADYAN

D021171317

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan Mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL:


**PENAMBAHAN VARIASI ION NEGATIVE PADA MESIN DIESEL TIPE
TV 1**

**RAHMAT DWI HADYAN
D021171317**

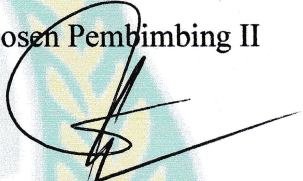
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Gowa, 18 Agustus 2022

Dosen Pembimbing I


Ir. Baharuddin Mire, MT.
NIP. 19550914 198702 001


Dosen Pembimbing II


Ir. Andi Mangkau, MT.
NIP. 196112311 990021 003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Dwi Hadyan
NIM : D021171317
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S-1
Judul Skripsi : Penambahan Variasi Ion Negative Pada Mesin Diesel Tipe Tv 1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin

Demikian pernyataan ini saya buat

Gowa, 18 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Rahmat Dwi Hadyan

ABSTRAK

Dalam meningkatkan kinerja pada mesin pembakaran penambahan variasi ion negatif ke udara yang di suplai diruang bakar dipelajari. dalam penelitian kali ini ion negatif dihasilkan dengan menggunakan alat generator ion negative MS-FA 7000 dengan variasi kabel ion yang terdapat pada alat tersebut. penelitian ini menggunakan bahan bakar B30. Untuk mengukur performa menggunakan mesin diesel TV-1 dan untuk mengukur opasiti menggunakan alat opa 100. Dengan rasio kompresi 18 dan variasi pembebanan 3kg, 5 kg, 7 kg dan 9 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Daya efektif (BP) maksimum terjadi pada pembebanan 9 kg dengan penggunaan kabel ion 5 yaitu sebesar 2,52 kW. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) minimum terjadi pada pembebanan 9 kg pada penggunaan kabel ion 3 sebesar 0,311kg/kWh. efisiensi volumetrik (η_{vo}) maksimum terjadi pada beban 3 kg dengan penggunaan kabel ion 5 sebesar 79,021%. dan efisiensi thermis maksimum terjadi pada beban 9 dengan penggunaan kabel ion 1 sebesar 33,160%. Penambahan ion negatif pada udara suplay mesin dapat menurunkan opasitas emisi gas buang yang dihasilkan.

Kata kunci: performa, ion negatif, kinerja mesin, B30, opasitas

ABSTRACT

In improving the performance of the combustion engine, the addition of variations of negative ions to the air supplied in the combustion chamber was studied. In this study, negative ions were generated using the MS-FA 7000 negative ion generator with a variety of ion cables found on the device. This research uses B30 fuel. To measure performance using a TV-1 diesel engine and to measure opacity using a 100 opa tool. With a compression ratio of 18 and various loadings of 3kg, 5 kg, 7 kg and 9 kg. The results showed that the maximum effective power (BP) occurred at 9 kg loading with the use of ion cable 5 which is 2.52 kW. The minimum specific fuel consumption (SFC) occurs at a 9 kg load using an ion cable 3 is 0.31 kg/kWh, the maximum volumetric efficiency (η_{vo}) occurs at a load of 3 kg with the use of ion cable 5 is 79.021%. and maximum thermal efficiency occurs at load 9 with the use of ion cable 1 is 33,160%. the addition of negative ions to the engine supply air can reduce the opacity of exhaust emissions produced.

Keywords: performance, negative ion, engine performance, B30, opacity

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kekuatan, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan judul **“Penambahan Variasi Ion Negative Pada Mesin Diesel Tipe TV 1”**. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan serta masukan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga sangat menyadari penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa kerja keras penulis dan bantuan orang-orang terdekat yang selalu memberikan berbagai macam dukungan dan masukan demi kelancaran skripsi ini. Atas alasan itu pula penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih:

1. Kepada Orang tua saya tercinta, Bapak hermantri dan Ibu fauziah terima kasih atas semua kasih sayang, doa dan petuahnya yang tidak pernah putus. Kalian adalah semangat penulis dalam menyelesaikan studi ini.
2. Bapak Dr.Eng. jalaluddin S.T., MT selaku ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
3. Bapak Ir. baharuddin mire, MT. selaku pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Andi Mangkau, MT. selaku pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Prof.Dr.Eng.Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT. selaku penguji.
6. Bapak Asriadi Sakka, ST., M.Eng selaku penguji.
7. Segenap Dosen Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Bapak H. Muis Tolla selaku laboran di Laboratorium Motor Bakar yang senantiasa membantu dalam penelitian saya.

9. Keluarga besar pencari dollar sebagai pemberi motivasi dan pemberi saran yang baik
10. Saudara-saudara seperjuangan penulis Zyncromezh 2017 yang sudah menjadi tim pendukung paling hebat yang selalu ada dalam suka maupun duka.
11. Serta seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna walaupun telah menerima banyak bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan di skripsi ini mohon dimaafkan dan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini

Wassalamu'alaikum Wr. Wb
Gowa, 8 Agustus 2022


Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Mesin diesel	4
2.2. Siklus operasi motor pembakaran dalam	4
2.3. Pembakaran dan urutan penyalaan	6
2.4. Karakteristik bahan bakar	7
2.5. Siklus termodinamika motor bakar	11
2.6. Gas buang	13
2.7. VCR (variable compression ratio)	15
2.8. Biodiesel	16
2.9. Keunggulan dan kelemahan biodiesel	17
2.10. Negatif ion generator	18

2.11. Ionisasi	19
2.12. Dasar-dasar perhitungan	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Metode Pengambilan Data	29
3.4. Prosedur Penelitian	30
3.5. Skema Penelitian	32
3.6. Bagan Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Perhitungan (B30 dengan penggunaan 5 kabel ion kompresi 18)..	34
4.2. Performa Mesin Diesel	37
4.3. Kinerja Pembakaran Mesin Diesel TV 1	42
4.4. Emisi Gas Buang Mesin Diesel TV 1	53
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses kerja motor diesel 2 tak	4
Gambar 2.2. Proses kerja motor diesel 4 tak	6
Gambar 2.3. Siklus Udara Tekanan Konstan	12
Gambar 2.4. Siklus Aktual Diesel	13
Gambar 2.5. Mesin diesel TV1	16
Gambar 2.6. Reaksi Transesterifikasi dalam Katalis Basah	17
Gambar 3.1. Mesin diesel TV1	26
Gambar 3.2. Panel Mesin	26
Gambar 3.3. Komputer	27
Gambar 3.4. Pompa Air	27
Gambar 3.5. Generator ion negatif	28
Gambar 3.6. Opa 100	28
Gambar 3.7. Biodiesel (B30)	29
Gambar 3.8. Skema penelitian	32
Gambar 3.9. Alur penelitian	33

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan daya efektif terhadap variasi ion negative	37
Grafik 4.2 Perbandingan torsi terhadap variasi ion negative	38
Grafik 4.3 Perbandingan SFC terhadap variasi ion negatif	39
Grafik 4.4 Perbandingan efesiensi volumetrik dengan variasi ion	40
Grafik 4.5 Perbandingan efisiensi termal terhadap ion pada variasi beban	42
Grafik 4.6 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol tanpa menggunakan ion pada beban 5Kg	43
Grafik 4.7 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol dengan menggunakan kabel ion 1 pada beban 5Kg	44
Grafik 4.8 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol dengan menggunakan kabel ion 2 pada beban 5Kg	44
Grafik 4.9 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol dengan menggunakan kabel ion 3 pada beban 5Kg	45
Grafik 4.10 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol dengan menggunakan kabel ion 4 pada beban 5Kg	45
Grafik 4.11 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol dengan menggunakan kabel ion 5 pada beban 5Kg	46
Grafik 4.12 Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol variasi ion pada beban 5 kg	46
Grafik 4.13 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder tanpa penggunaan ion beban 5 kg	47
Grafik 4.14 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder tanpa penggunaan ion beban 5 kg	47
Grafik 4.15 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder dengan menggunakan kabel ion 2 beban 5 kg	48
Grafik 4.16 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder dengan menggunakan kabel ion 3 beban 5 kg	49
Grafik 4.17 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder dengan menggunakan kabel ion 4 beban 5 kg	49

Grafik 4.18 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder dengan menggunakan kabel ion 5 beban 5 kg	50
Grafik 4.19 Perbandingan tekanan silinder terhadap volume silinder dengan variasi kabel ion beban 5 kg	50
Grafik 4.20 pelepasan panas variasi ion pada beban 3 kg	52
Grafik 4.21 pelepasan panas variasi ion pada beban 5 kg	52
Grafik 4.22 pelepasan panas variasi ion pada beban 7 kg	53
Grafik 4.21 pelepasan panas variasi ion pada beban 9 kg	53
Grafik 4.22 opasiti gas buang	54

DAFTAR TABEL

Tabel perhitungan performa mesin	57
--	----

DAFTAR SIMBOL

BHP	Daya efektif	Kw
η_{vo}	Efisiensi Volumetrik	%
N	Putaran poros	Rpm
n	Jumlah putaran persiklus	-
FC	Konsumsi bahan bakar	kg/h
VGU	Volume gelas ukur	Cc
ρ_f	Massa jenis bahan bakar	kg/h
SFC	Konsumsi bahan bakar spesifik	kg/h
Ma	Laju aliran udara actual	kg/h
K	Koefisien	-
C	kecepatan aliran udara	m/s
Do	Diameter orifice	mm
h _o	Beda tekanan pada manometer	mmH ₂ O
ρ_a	Massa jenis udara pada kondisi masuk	kg/m ³
M _{th}	Laju udara secara teoritis	kg/h
V _s	Volume silinder	-
U _d	Massa jenis udara	kg/m ³
K _a	konstanta untuk motor 4 langkah	-
D	Diameter selinder	mm
η_{th}	Efisiensi thermis	%
s	Panjang langkah selinder	mm
z	Jumlah selinder	-
AFR	Rasio udara-bahan bakar	-
Q _{tot}	Kalor total	kW
LHV _{bb}	Nilai kalor bahan bakar	kJ/kg

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mesin diesel merupakan suatu mesin yang dimana proses pembakarannya terjadi didalam mesin itu sendiri (internal combustion) pembakaran itu terjadi akibat adanya udara murni yang dimampatkan didalam ruang bakar sehingga menaikkan tekanannya, tekanan naik maka suhu pun ikut naik. Saat itu terjadi, disemprotkanlah bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. Berdasarkan siklus operasinya, motor pembakaran dalam, baik motor bensin maupun motor diesel, dibedakan menjadi dua yaitu motor 2-langkah dan motor 4-langkah (Aris Munandar, Winarto, 1979)

Bahan bakar merupakan energi yang bisa diubah menjadi energi berguna lainnya. Terdapat 3 jenis bahan bakar yaitu padat, cair dan gas. Tapi untuk mesin pembakaran dalam, khususnya mesin diesel menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu cair dan gas. Batu bara pun dapat digunakan namun harus diproses terlebih dahulu yang dimana nantinya menjadi wujud gas (Natasya, P, 2008)

Sifat kimia dan fisik suatu bahan bakar seperti viskositas, berat jenis, titik nyala, nilai kalor, dan angka setana memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja mesin diesel. Karakteristik ini mempengaruhi lamanya proses penyalan bahan bakar, seperti dimulainya injeksi bahan bakar ke dalam silinder, tahap pembakaran, dan pelepasan panas (R. Dimas Endro Witjonarko, 2019)

Biodiesel terdiri dari berbagai jenis campuran senyawa asam lemak yang dapat dibuat dari minyak nabati dan lemak hewani. Minyak nabati yang umum digunakan adalah minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak dan minyak biji capoc, pada hewani terdapat pada lemak babi, lemak ayam, lemak sapi dan lemak ikan. Biodiesel B30 merupakan campuran dari 70% bahan bakar solar fosil dan 30% bahan bakar biodiesel. (Y Ambarriny, 2020)

Ion udara adalah molekul yang memiliki muatan energi tinggi akibat ionisasi dari berbagai sumber ion. Yang dimana ion tersebut dapat kita temui pada radiasi nuklir, listrik tegangan tinggi, transmisi radio panas dari knalpot kendaraan, polusi, gas beracun, suhu, perubahan karakteristik meteorologi. Partikel bermuatan sangat kecil di udara pun diklasifikasikan sebagai ion. Ionisasi udara disebabkan oleh gesekan yang cepat dari lapisan udara kering yang bergerak. Ion dapat dibagi menjadi dua jenis. Ion negatif dan ion positif. (Ganesha Tri Chandrasa, 2017)

Pemberian ozon pada ruang bakar telah diteliti sebelumnya dan pada penelitian ini penggunaan variasi ion dengan alat ion generator model MS-FA 7000 dengan penggunaan bahan bakar B30 diharapkan dapat membantu permasalahan di masyarakat. Sehingga, penulis melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi masuknya ion terhadap kinerja mesin dan juga kinerja pembakaran dalam dan mengetahui pengaruhnya terhadap gas buang dengan judul "**Penambahan Variasi Ion Negative Pada Mesin Diesel Tipe TV 1**".

1.2. Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi ion negatif yang masuk terhadap kinerja mesin diesel tipe TV1
2. Bagaimana pengaruh opasiti gas buang terhadap penambahan variasi ion negatif pada mesin TV1

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh variasi ion negative yang masuk terhadap kinerja mesin diesel tipe TV1
2. Menganalisis Bagaimana pengaruh opasiti gas buang terhadap penambahan variasi ion negatif pada mesin TV1

1.4.Batasan Masalah

1. Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel B30
2. Rasio kompresi yang digunakan adalah rasio kompresi 18
3. Menggunakan mesin diesel tipe TV1
4. Beban pengereman yang digunakan 3, 5 , 7 , 9 Kg
5. Menggunakan alat negative ion generator MS-FA 7000

1.5.Manfaat Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penambahan ion terhadap kinerja mesin diesel TV1
2. Menjadi bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
3. mengetahui pengaruh variasi masuknya ion terhadap mesin TV1

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Mesin Diesel

Motor diesel sebagai motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) yang disebut juga dengan Compression Ignition Engines mengalami proses penyalaan bahan bakar bukan melalui loncatan bunga api listrik dari busi sebagaimana pada motor bensin, melainkan akibat adanya suhu dan tekanan yang tinggi di ruang bakar pada saat berlangsungnya langkah kompresi.

2.2. Siklus Operasi Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

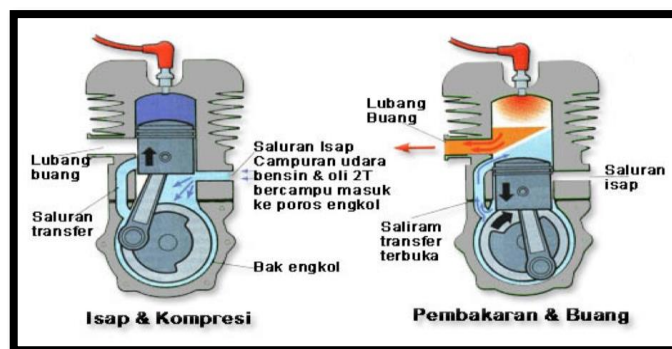
2.2.1. Siklus Kerja Mesin Diesel 2 Langkah

1. Pengisian dan kompresi

Piston bergerak dari TMB menuju TMA, udara pengisian masuk melalui lubang isap, kemudian disusul dengan kompresi, akhir kompresi bahan bakar diinjeksikan ke ruang bakar sehingga terjadi pembakaran

2. Pembakaran dan pembuangan

Akibat adanya pembakaran dalam ruang bakar, tekanan yang tinggi mendorong piston dari TMA menuju TMB melakukan usaha disusul dengan pembuangan



Gambar 2.1 Proses kerja motor diesel 2 tak

Sumber: Kristanto, Ir. Philip. 2015. Motor bakar torak (Teori dan Aplikasi). Yogyakarta: Andi

2.2.2. Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

Siklus Kerja mesin Diesel 4 langkah, pada prinsipnya hampir sama dengan mesin Otto, dimana piston bergerak secara translasi dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) dan sebaliknya berulang-ulang sebanyak 4 kali dalam satu siklus. Urutan Siklusnya sebagai berikut.

1. Langkah Pengisian (Hisap)

Piston bergerak dari TMA ke TMB. Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup, karena piston bergerak kebawah maka tekanan didalam silinder menjadi vacum (dibawah satu atmosfer) sehingga udara murni masuk kedalam silinder.

2. Langkah Kompresi

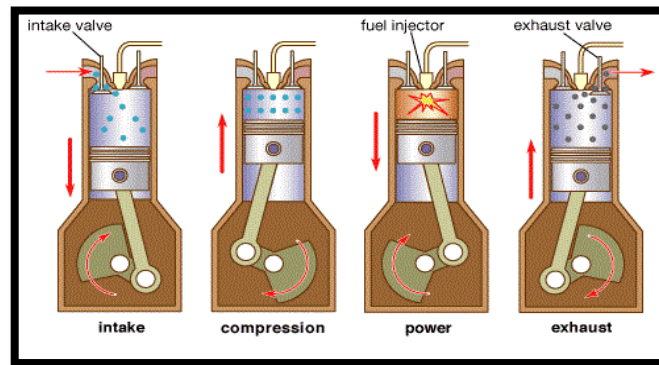
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup hisap tertutup dan katup buang tertutup, udara didalam silinder didorong (ditekan) sehingga timbul panas dan tekanan yang tinggi. Akhir kompresi bahan bakar dikabutkan (disemprotkan dengan tekanan yang sangat tinggi melalui lubang yang sangat kecil) sehingga terjadi pembakaran (berupa ledakan)

3. Langkah Usaha

Pembakaran menghasilkan tekanan yang tinggi dalam ruang bakar, tekanan ini mendorong piston dari TMA menuju TMB, melakukan usaha

4. Langkah Pembuangan

Akhir langkah usaha katup buang terbuka, sehingga gas buang keluar melalui katup tersebut, karena didorong oleh piston bergerak dari TMB menuju TMA



Gambar 2.2 Proses kerja motor diesel 4 tak.
 Sumber: Dody darsono, 2010. Simulasi CFD. FT UI

2.3. Pembakaran dan Urutan Penyalaan

Faktor yang menentukan kualitas pembakaran

1. Kadar oksigen
2. Tekanan udara yang dikompresi
3. Suhu / panas udara yang dikompresi
4. Timing pembakaran
5. Tekanan pengkabutan bahan bakar pada injector
6. Kualitas bahan bakar
7. Jumlah (volume) bahan bakar yang diinjeksikan

Telah kita ketahui bahwa hasil dari pembakaran mesin diesel ditentukan oleh bahan bakar (HSD), oxygen dan kompresi yang tinggi. Namun suatu hal yang tidak kalah pentingnya adalah saat yang tepat menyemprotkan bahan bakar tadi, ini yang kita sebut dengan saat penyemprotan (*injection timing*). Bila saat penyemprotan tak tepat maka tidak mungkin kita bisa mendapatkan daya optimal sebaliknya.

Apabila saat penyemprotan disetel tepat berarti mesin diesel tersebut akan mencapai daya yang optimal, tercapai efisiensi bahan bakar, kondisi mesin normal dan awet sehingga akan memperpanjang umur mesin dan menekan biaya pemeliharaan. Waktu pemeliharaan bisa terencana sesuai dengan jadwal pemeliharaan dan juga akan mencapai keandalan pada mesin pembangkit, pelayanan pada konsumen PLN akan meningkat karena listrik tidak sering padam, lossespun akan bisa terkendali. Kerugian - kerugian

yang diakibatkan sering padamnya listrik akan dapat dikurangi apabila timing injection pump normal.

Mesin diesel mempunyai beberapa tipe dan kapasitas sesuai dengan disain pabrik pembuat. Jadi mengenai penyemprotan bahan bakar itu diatur sesuai dengan derajat poros engkol. Masing-masing tipe mesin diesel berbeda berdasarkan pabrik pembuat dan disesuaikan dengan kapasitas masing-masing mesin berdasarkan urutan pengapiannya (*firing order*)

Penyemprotan bahan bakar dapat dilakukan pada saat tekanan kompresi, katup masuk dan katup buang pada posisi tertutup, ruang bakar mencapai temperatur nyala, volume didalam silinder menurun, tekanan dan temperatur udara naik. Pada akhir langkah 20 kompresi pada mesin diesel tekanan udara didalam silinder mencapai ± 30 bar dan temperatur mencapai ± 5500 C. Selama langkah kompresi piston bertugas menahan udara didalam silinder (ruang bakar) dan pada roda gila dapat terlihat berapa derajat poros engkol terbaca misalnya 220 sebelum mencapai titik mati atas (TMA) untuk mesin diesel pompa injeksi bahan bakar akan bekerja menekan bahan bakar ke dalam silinder dan terus akan mencapai kenaikan temperatur titik nyala.

Dan poros engkol terus berputar selama penyemprotan berlangsung. Selama penyemprotan tekanan maximum didalam silinder naik ± 75 bar dan temperatur pembakaran bisa meningkat mencapai 15000 C atau lebih.

2.4. Karakteristik Bahan Bakar

Karakteristik bahan bakar yang akan dipakai pada suatu penggunaan tertentu, untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Secara umum karakteristik bahan bakar minyak yang perlu diketahui adalah sebagai berikut

a) Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Penggunaan Specific Gravity adalah

untuk mengukur berat/massa minyak bila volumenya telah diketahui. Bahan bakar minyak umumnya mempunyai Specific Gravity antara 0,74 dan 0,94 dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan dari pada air. Di Amerika, Specific Gravity umumnya dinyatakan dengan satuan yang lain yaitu API Gravity (American Petroleum Institute Gravity).

b) Viskositas (Viscosity)

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit untuk mengalir, demikian juga sebaliknya makin rendah viskositas minyak akan makin encer dan minyak itu lebih mudah untuk mengalir. Cara untuk mengukur besarnya viskositas adalah tergantung pada alat viscometer yang digunakan, dan hasil (besarnya viskositas) yang didapat harus dibubuhkan nama viscometer yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran. Viskositas bahan bakar minyak sangat penting artinya, terutama bagi mesin – mesin diesel maupun ketel – ketel uap, karena viskositas minyak sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengabutan (atomizing) bahan bakar melalui injektor.

c) Nilai Kalori (Calorific Value)

Nilai kalori adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalori bahan bakar umumnya berkisar antara 18.300 – 19.800 BTU/lb atau 10.160 – 11.000 kcal/kg. nilai kalori berbanding terbalik terhadap berat jenis. Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak akan semakin rendah nilai kalorinya, demikian sebaliknya semakin rendah berat jenis suatu minyak akan semakin besar nilai kalorinya, sebagai contoh berat jenis solar lebih besar dari pada premium akan tetapi nilai kalori minyak solar lebih rendah dari pada premium. Nilai kalori diperlukan karena dapat

digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam suatu kcal/kg atau BTU/lb (satuan british). Untuk alasan – alasan praktis sering juga digunakan satuan kalori bersih yang besarnya adalah lebih rendah dari pada nilai kalori kotor. Rata – rata perbedaan antara nilai kalori kotor dengan nilai kalori bersih kurang lebih sebagai berikut:

- Untuk minyak solar 1.200BTU/lb
- Untuk minyak diesel 1.100BTU/lb
- Untuk minyak bakar 1.000BTU/lb

d) Kandungan Belerang

Semua bahan bakar minyak mengandung belerang/sulfur dalam jumlah yang sangat kecil. Walaupun demikian, berhubung keberadaan belerang ini tidak diharapkan karena sifatnya merusak, maka pembatasan dari jumlah kandungan belerang dalam bahan bakar minyak adalah sangat penting dalam bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan karena proses pembakaran, belerang ini teroksidasi oleh oksigen menjadi belerang dioksida (SO_2) dan belerang trioksida (SO_3). Oksida belerang ini apabila kontak dengan air merupakan bahan – bahan yang merusak/korosif terhadap logam – logam di dalam ruang bakar dan sistem gas buang.

e) Titik Tuang (Pour Point)

Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gaya grafitasi. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari produser penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan bahan bakar minyak sering sulit untuk dipompa, apabila suhu telah di bawah titik tuangnya.

f) Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalan api sesaat,

apabila pada permukaan minyak tersebut di dekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan – pertimbangan mengenai keamanan (safety) dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala ini tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel atau ketel uap.

g) Angka Oktan (Octane Number)

Angka oktan adalah suatu angka yang menyatakan kemampuan bahan bakar minyak (khususnya migas) dalam menahan tekanan kompresi untuk mencegah gasoline terbakar sebelum busi menyala (mencegah terjadinya etonesi/suara mengelitik) di dalam mesin bensin. Angka oktan mewakili suatu perbandingan antara normal heptana yang memiliki angka oktan nol dan iso oktana yang memiliki angka oktan 100. Angka oktan diperlukan karena berhubungan dengan kemajuan teknologi permesinan, yang mempunyai kecenderungan menaikkan perbandingan kompresi untuk meningkatkan power output, yang mana membutuhkan gasoline dengan ON yang tinggi.

h) Angka Cetana (Cetane Number)

Angka cetana adalah suatu angka yang menyatakan kualitas pembakaran dari bahan bakar mesin diesel, yang diperlukan untuk mencegah terjadinya “Diesel Knock” atau suara pukulan di dalam ruang bakar mesin diesel. Untuk mesin diesel yang bekerja dengan putaran tinggi diperlukan bahan bakar minyak dengan Angka Cetana yang tinggi, sebaiknya untuk mesin diesel yang bekerja dengan putaran rendah cukup diperlukan bahan bakar minyak dengan Angka Cetana rendah.

i) Arang (Carbon Residue)

Pemeriksaan arang/karbon pada minyak solar dan minyak diesel diperlukan untuk menaksir kemungkinan terbentuknya arang/karbon pada proses pembakaran yang berasal dari bahan bakar minyak tersebut,

karena hal ini dapat menyebabkan kerak arang pada injector dari mesin diesel.

j) Kadar Abu (Ash Content)

Kadar abu adalah jumlah sisa – sisa dari minyak yang tertinggal, apabila suatu minyak dibakar sampai habis. Kadar abu ini dapat berasal dari minyak bumi sendiri atau akibat kontak di dalam perpipaan dan penimbunan (adanya partikel metal yang tidak terbakar yang terkandung dalam bahan bakar minyak itu sendiri dan yang berasal dari sistem penyaluran/penimbunan).

2.5. Siklus Termodinamika Motor Bakar

2.5.1 Siklus Udara Ideal

Penggunaan siklus ini berdasarkan beberapa asumsi adalah sebagai berikut

1. Fluida kerja dianggap udara sebagai gas ideal dengan kalor sepesifik

konstan (tidak ada bahan bakar).

2. Langkah isap dan buang pada tekan konstan.

3. Langkah kompresi dan tenaga pada keadaan adiabatic.

4. Kalor diperoleh dari sumber kalor dan tidak ada proses pembakaran atau

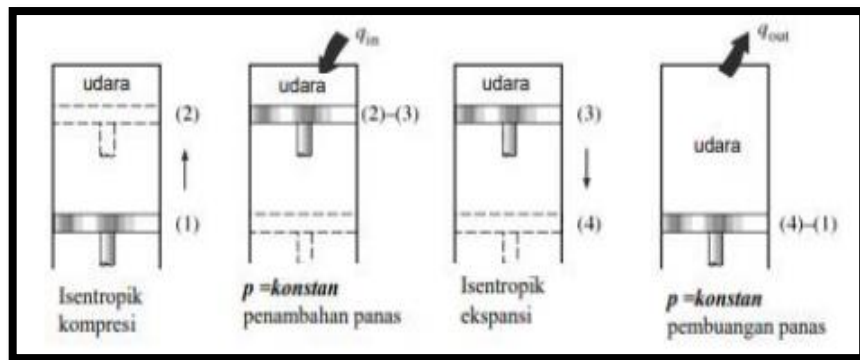
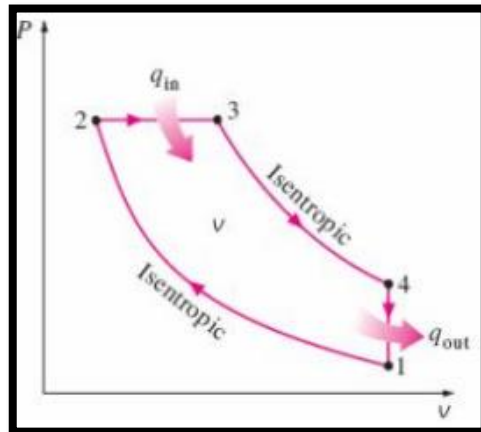
tidak ada reaksi kimia.

Siklus termodinamika dalam motor bakar terbagi menjadi tiga pokok bagian yaitu:

1. Siklus udara pada volume konstan (Siklus Otto)

2. Siklus udara pada tekanan konstan (Siklus Diesel)

3. Siklus udara tekanan terbatas (Siklus gabungan).



Gambar 2.3 Siklus Udara Tekanan Konstan

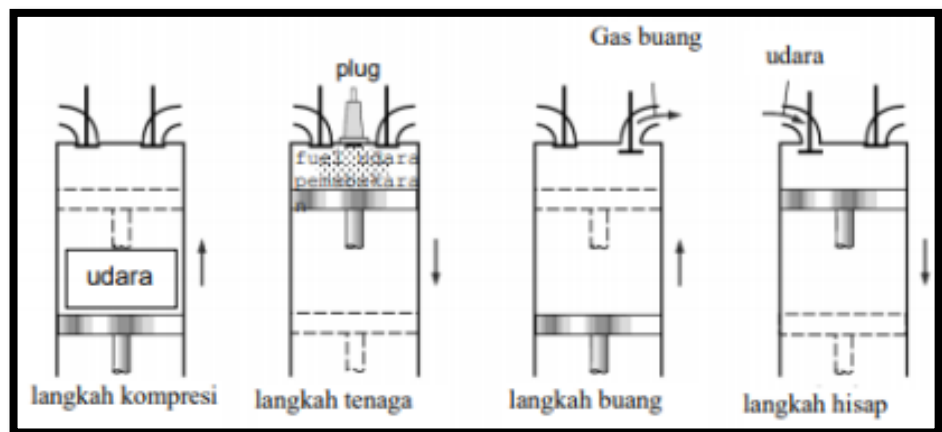
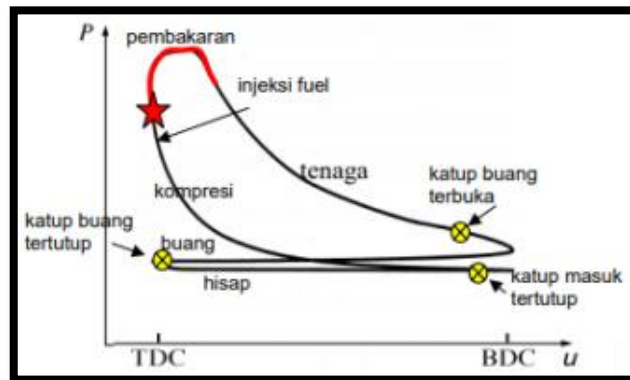
Siklus ideal tekanan kostan ini adalah siklus untuk mesin diesel. Gambar 2.3 adalah diagram P-V untuk siklus ideal Diesel. Adapun urutan prosesnya adalah sebagai berikut:

1. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
2. Langkah kompresi (1-2) merupakan proses adiabatik.
3. Langkah kerja (3-4) merupakan proses adiabatik.
4. Langkah buang (1-0) merupakan proses tekanan konstan.

Dapat dilihat dari urutan proses diatas bahwa pada siklus tekanan kostan pemasukan kalornya pada tekanan kostan berbeda dengan siklus volume konstan yang proses pemasukan kalornya pada kondisi volume konstan. Siklus tekanan konstan sering disebut dengan siklus diesel. Rudolf Diesel yang pertama kali merumuskan siklus ini dan sekaligus pembuat pertama mesin diesel. Proses penyalaan pembakaran terjadi tidak menggunakan busi, tetapi terjadi

penyalan sendiri karena temperatur didalam ruang bakar tinggi karena kompresi (Basyirun, 2008)

2.5.2 Siklus Aktual



Gambar 2.4 Siklus Aktual Diesel

Pada Gambar 2.4 diatas adalah siklus aktual dari mesin diesel. Alasan yang sama dengan mesin, dengan perbedaan pada disel pada langkah isap hanya udara saja, bahan bakar diseprotkan melalui nosel di kepala silinder. Proses pembakaran untuk menghasilkan panas karena kompresi, atau pembakaran kompresi.

2.6. Gas Buang

Akhir-akhir ini gas buang dari mobil sangat menarik perhatian karena ia dapat mengotori udara dan sangat mengganggu kesehatan.kita

tidak memperdalam dampak medisnya, tetapi hanya membahas pengontrolannya

Bagian-bagian gas buang yang sangat mengganggu kesehatan adalah

1. Karbonmonoksida (CO) Banyaknya CO dari gas buang itu tergantung dari perbandingan bahan bakar dan udara. Hanya pada pembakaran yang sempurna dari bahan bakarnya maka nilai CO-nya dapat nihil. Hal ini dapat dicapai pada perbandingan secara teoritis 14,8 : 1. Perbandingan sebesar ini selama mesin berjalan jarang dapat dipertahankan karena kualitas campuran selalu berubah dengan frekwensi putar dan pembebanan mesin. Karbonmonoksida yang banyaknya 0,3 % sudah merupakan racun yang sangat berbahaya untuk udara yang diisap oleh manusia. Jumlah sebanyak 0,3 % selama setengah jam diisap adalah mematikan. 18
2. Karbon hidrogen Didalam gas buang terdapat juga zat karbon hidrogen yang belum terbakar Banyaknya tergantung dari keadaan waktu mesin bekerja. Pada keadaan hampa dalam silinder dan katup gas tertutup, jumlah karbon hidrogen yang tidak terbakar banyak sekali. Zat-zat yang merugikan dalam gas buang adalah;
 - a. CH (karbon hidrogen) ini adalah merupakan pengisapan bahan bakar dan bahan bakar yang tidak terbakar
 - b. NO (nitrogen monoksid) Gas ini dibentuk dalam motor khusus pada suhu tinggi. Diudara luar masih menyatu dengan zat asam, sehingga terjadi nitrogen dioksida (NO₂) Di bawah pengaruh sinar matahari akan timbul kabut NO₂ yang dapat menimbulkan rasa nyeri pada mata dan selaput lain. Gas ini juga akan merusak tumbuh tumbuhan
 - c. CO (karbonmonoksida) Gas ini dalam badan manusia akan menyerang butir-butir darah merah yang bertugas membawa zat asam keseluruh badan manusia. Didalam ruang tertutup prosentase volume CO 0,3 % sudah mematikan.

2.7. VCR (*Variable Compression Ratio*)

Mesin diesel terhubung ke dynamometer tipe arus eddy untuk memuat. Itu rasio kompresi dapat diubah tanpa menghentikan mesin dan tanpa mengubah geometri ruang bakar dengan blok silinder miring yang dirancang khusus pengaturan. Pengaturan dilengkapi dengan instrumen yang diperlukan untuk tekanan pembakaran dan pengukuran sudut engkol. Sinyal-sinyal ini dihubungkan ke komputer melalui indikator mesin untuk diagram $P\theta - PV$. Ketentuan juga dibuat untuk menghubungkan aliran udara, aliran bahan bakar, suhu dan pengukuran beban. Pengaturan memiliki panel yang berdiri sendiri kotak yang terdiri dari kotak udara, dua tangki bahan bakar untuk uji campuran, manometer, pengukur bahan bakar unit, pemancar untuk pengukuran aliran udara dan bahan bakar, indikator proses dan mesin indikator. Rotameter disediakan untuk air pendingin dan aliran air kalorimeter pengukuran.

Pengaturan ini memungkinkan studi kinerja mesin VCR dengan *exhaust gas recirculation* (EGR) untuk daya rem, ditunjukkan daya, daya gesekan, *brake mean effective pressure* (BMEP), *indicated mean effective pressure* (IMEP), efisiensi termal rem, ditunjukkan efisiensi termal, efisiensi mekanik, efisiensi volumetrik, bahan bakar spesifik konsumsi, rasio A/F (*Air/Fuel*) dan keseimbangan panas. Performa Mesin Berbasis Lab view Paket perangkat lunak analisis "*Enginesoft*" disediakan untuk kinerja online evaluasi.



Gambar 2.5 Mesin Diesel TV1

Mesin yang digunakan adalah silinder tunggal empat langkah, vertikal, berpendingin air, disedot alami, injeksi langsung mesin diesel. Transduser tekanan digunakan untuk memantau tekanan injeksi. Peralatan mesin dihubungkan dengan perangkat pengukuran emisi gas, alat analisis gas, juga dilengkapi dengan instrumen yang diperlukan untuk mengukur tekanan pembakaran dan sudut engkol. Sinyal-sinyal ini dihubungkan ke komputer melalui indikator sensor mesin perangkat lunak. Udara atmosfer memasuki intake manifold mesin melalui saringan udara dan kotak udara.

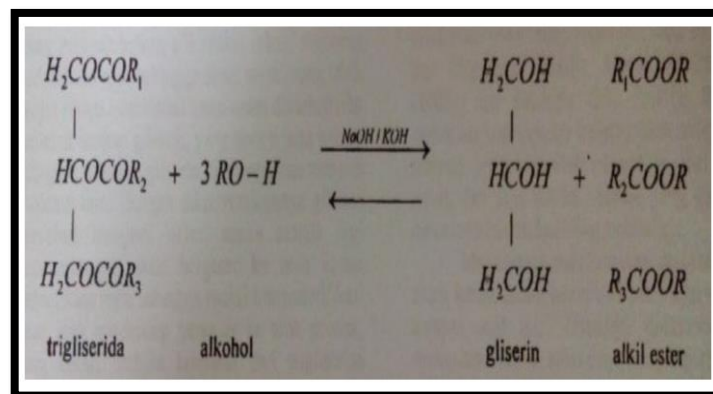
Udara sensor aliran dilengkapi dengan kotak udara memberi masukan untuk konsumsi udara ke sistem akuisisi data. Semua input seperti konsumsi udara dan bahan bakar, rem mesin daya, tekanan silinder dan sudut engkol direkam oleh sistem akuisisi data, yang disimpan dalam komputer dan ditampilkan di monitor. *Thermocouple* dengan indikator suhu terhubung pada pipa knalpot untuk mengukur suhu knalpot gas.

2.8. Biodiesel

Biodiesel, umumnya dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut reaksi transesterifikasi atau esterifikasi, yaitu suatu reaksi senyawa ester dan alkohol dengan menggunakan suatu katalisator. Biodiesel merupakan bahan

bakar mesin diesel yang terbuat dari bahan yang dapat diperbarui, dapat terbuat dari minyak nabati seperti; minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, dan minyak biji. kapok randu dan minyak hewani seperti lemak babi, lemak ayam, lemak sapi, dan juga lemak berasal dari ikan (Wibisono, 2007: Sathivel, 2005) sehingga ramah lingkungan. biodiesel B30 merupakan campuran dari 30% bio diesel dengan 70% bahan bakar minyak jenis solar.

Dalam proses pembuatan biodiesel dibutuhkan katalis. Katalis diperlukan karena alkohol larut dalam minyak. Katalisator yang digunakan umumnya bersifat basa kuat, yaitu natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), dan natrium metoksida. Katalisator yang dipilih tergantung pada minyak nabati yang digunakan. Secara skematis, reaksi transesterifikasi dengan katalis basa dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6. Reaksi Transesterifikasi dalam Katalis Basa

2.9. Keunggulan dan Kelemahan Biodiesel

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan sebagai bahan bakar alternatif (Kementerian Negara Riset dan Teknologi 2006 dalam Sjahrul Bustaman, 2009). Pertama, angka cetane tinggi (>50). Makin tinggi bilangan cetane, makin cepat pembakaran dan makin baik efisiensi termodinamisnya. Kedua, titik kilatnya tinggi, yakni suhu terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun didistribusikan dari pada solar. Ketiga, tidak mengandung sulfur dan benzena yang mempunyai sifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami. Keempat, menambah

pelumasan mesin yang lebih baik dari pada solar sehingga memperpanjang umur pemakaian mesin. Kelima, mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun. Keenam, mengurangi secara signifikan asap hitam dari gas buang mesin diesel, walaupun penambahan biodiesel ke dalam solar hanya 5- 10%.

Nasution, M. A., dkk (2007) menyatakan, biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan bakar petroleum, diantaranya dapat diproduksi secara lokal dengan memanfaatkan sumber minyak/ lemak alami yang tersedia, proses produksi dan penggunaannya bersifat lebih ramah lingkungan dengan tingkat emisi CO, NO dan sulfur dan senyawa hasil pembakaran lainnya rendah, dan lebih mudah terurai di alam. Penggunaan biodiesel juga dapat mereduksi polusi tanah serta melindungi kelestarian perairan dan sumber air minum.

Menurut Sjahrul Bustaman (2009) selain kelebihan tersebut, biodiesel juga memiliki kelemahan. Minyak nabati mempunyai viskositas (kekentalan) 20 kali lebih tinggi dari bahan bakar diesel fosil sehingga mempengaruhi atomisasi bahan bakar dalam ruang bakar motor diesel. Atomisasi yang kurang baik akan menurunkan daya (tenaga) mesin dan pembakaran mesin menjadi tidak sempurna. Karena itu, viskositas minyak nabati perlu diturunkan melalui proses transesterifikasi metil ester nabati atau FAME. Proses ini menghasilkan bahan bakar yang sesuai dengan sifat dan kinerja diesel fosil. Selain itu, metanol yang digunakan juga masih menggunakan metanol impor

2.10. Negative Ion Generator

Generator ion negatif atau air ionizer adalah perangkat yang menggunakan tegangan tinggi untuk mengionisasi (dengan muatan listrik) molekul udara. Ion-ion negatif yang dihasilkan ini berguna untuk membersihkan udara sehingga udara yang masuk kedalam ruang bakar akan menjadi bersih. Pada prinsipnya alat ini digunakan untuk mengionisasi bahan bakar. dengan adanya proses ionisasi tersebut maka alat ini mampu menambahkan ion negative dalam udara sehingga pada proses pembakaran

ion-ion tersebut dapat berikatan dengan ion positif pada bahan bakar sehingga didapatkanlah pembakaran yang sempurna. sehingga dapat mengurangi polusi gas buang yang dihasilkan

2.11. Ionisasi

Ionisasi adalah proses mengubah atom atau molekul menjadi ion-ion dengan menambahkan atau mengurangi partikel bermuatan seperti elektron atau lainnya atau dapat didefinisikan ionisasi adalah pemisahan atom atau molekul menjadi ion-ion yang bermuatan positif dan negative. Ionisasi atom hanya terjadi pada atom-atom yang jumlah elektron paling luarnya tidak sama dengan 8, 18, atau 32. Atom-atom yang jumlah elektronnya sama dengan bilangan-bilangan tersebut sangat sulit terionisasi sehingga disebut unsur gas mulia. Kation (ion positif) dan anion (ion negatif) dapat bergabung membentuk senyawa ion yang disebut senyawa ionik. Senyawa ionik dapat menghantarkan listrik.

2.12. Dasar-dasar Perhitungan Kinerja Motor Bakar

Parameter-parameter yang akan dijadikan sebagai perhitungan dalam pengujian ini adalah :

- a. Daya indikasi (IP)
 - b. Konsumsi Bahan Bakar (FC)
 - c. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)
 - d. Konsumsi Udara Aktual ($M_{a_{ac}}$) Konsumsi Udara Teoritis ($M_{a_{tt}}$)
 - e. Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)
 - f. Efisiensi Volumetris (η_{vol})
 - g. Efisiensi Thermis (η_{th})s
-
- a. Daya Indikasi, IP (kW)

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Perbandingan perhitungan daya terhadap berbagai macam motor tergantung pada putaran mesin dan momen putar itu sendiri, semakin cepat putaran mesin, rpm yang dihasilkan akan semakin

besar, sehingga daya yang dihasilkan juga semakin besar, begitu juga momen putar motornya, semakin banyak jumlah gigi pada roda giginya semakin besar torsi yang terjadi. Dengan demikian jumlah putaran (rpm) dan besarnya momen putar atau torsi mempengaruhi daya motor yang dihasilkan oleh sebuah motor Maka daya indikasi dari mesin merupakan karakteristik mesin dalam pembangkitan daya pada berbagai kondisi operasi, dapat dihitung menurut persamaan,

$$IP = \frac{BP}{\eta_m} = (\text{kW})$$

$$IP = \frac{\left(\frac{PV_{plot\ area} \cdot N}{n \cdot 60} \right) \cdot 100}{1000000}$$

Dimana:

- IP = Daya indikasi, (Kw)
- BP = Daya efektif, (kW)
- T = Momen Torsi, (N.m)
- N = Putaran Poros, (rpm)
- 1000 = konversi dari watt ke kilo watt
- n = jumlah putaran persiklus
= 2 untuk motor empat langkah
= 1 untuk motor dua langkah

b. Konsumsi bahan Bakar, FC (kg/h)

Konsumsi bahan bakar menunjukkan jumlah pemakaian bahan bakar yang dihitung dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar yang terdapat pada gelas ukur, dapat dihitung dari persamaan,

$$FC = \frac{VGU \cdot 10^{-3} \cdot pf \cdot 3600}{W} \left(\frac{kg}{h} \right)$$

Dimana:

- FC = Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)
- VGU = Volume gelas ukur

ρ_f = Massa jenis bahan bakar, (kg/m^3)

10^{-3} = Faktor konversi cc ke dm^3

3600 = Faktor konversi detik ke jam

c. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, SFC ($\text{kg}/\text{kW.h}$)

Konsumsi bahan bakar spesifik menyatakan jumlah bahan bakar untuk menghasilkan suatu kW setiap satu satuan waktu pada beban tertentu. SFC merupakan parameter keekonomisan suatu motor bakar. Parameter ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SFC = \frac{FC}{BP} (\text{kg}/\text{kW.h})$$

Dimana:

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik ($\text{kg}/\text{kW.h}$)

d. Laju Aliran Udara aktual, M_a (kg/h)

Untuk mengukur jumlah pemakaian udara sebenarnya, digunakan sebuah plat orifice sisi tajam dengan diameter 20 mm yang dihubungkan dengan sebuah manometer presisi. Perbedaan tekanan akibat aliran udara yang melintasi plat orifice diukur oleh manometer, menggambarkan konsumsi udara yang sanggup di isap oleh mesin selama langkah pemasukan. Maka dari itu persamaan M_a adalah:

$$M_a = Kd \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_o^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 4,4295 \cdot \sqrt{h_o \cdot \rho_{ud}}$$

Dimana:

M_a = Laju Aliran Udara aktual (kg/h)

Kd = koefisien discharge oriface = (0,6)

D_o = diameter orifice, (mm)

C = kecepatan aliran udara, (m/s)

h_o = beda tekanan pada manometer (mmWC)

ρ_{ud} = massa jenis udara pada kondisi masuk, (kg/m^3)

e. Laju Aliran Udara Teoritis, M_{th} (kg/h)

Banyaknya bahan bakar yang dapat terbakar sangat bergantung pada jumlah udara yang terisap selama langkah pemasukan, karena itu perlu diperhatikan berapa jumlah udara yang dikonsumsi selama pemasukan. Dalam keadaan teoritis, jumlah massa udara yang dapat masuk ke dalam ruangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$M_{th} = \frac{V_s \cdot 10^{-3} \cdot N \cdot 60 \cdot \rho_{ud}}{K_a} \text{ (kg/h)}$$

Dan,

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot s \cdot z}{4 \cdot 10^6}$$

Dimana:

V_s = volume selinder

10^{-3} = faktor konversi dari cc ke liter

N = putaran poros (rpm)

ρ_{ud} = massa jenis udara (kg/m^3)

K_a = 2 (konstanta untuk motor 4 langkah)

d = Diameter selinder (87,5 mm)

s = panjang langkah silinder (110 mm)

z = jumlah selinder (1)

f. Perbandingan Udara Bahan Bakar, AFR

Perbandingan udara bahan bakar sangat penting bagi pembakaran sempurna. Konsumsi udara bahan bakar yang dihasilkan akan sangat mempengaruhi laju dari pembakaran dan energi yang dihasilkan. Secara umum *air fuel consumption* dapat dihitung dengan persamaan:

$$AFR = \frac{M_a}{FC}$$

Dimana:

M_a = konsumsi udara aktual (kg/h)

FC = konsumsi bahan bakar (kg/h)

g. Efisiensi Volumetrik, η_{vol} (%)

Efisiensi volumetris adalah perbandingan antara jumlah udara terisap sebenarnya pada proses pengisapan, dengan jumlah udara teoritis yang mengisi volume langkah pada saat temperatur dan tekanan sama. Dengan demikian η_{vo} dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{vo} = \frac{M_a}{M_{th}} \cdot 100 (\%)$$

Dimana:

M_a = konsumsi udara aktual (kg/h)

M_{th} = konsumsi udara teoritis (kg/h)

h. Efisiensi Thermis, η_{th} (%)

Efisiensi thermis didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya energi kalor yang di ubah menjadi daya efektif dengan jumlah kalor bahan bakar yang disuplai ke dalam selinder. Parameter ini menunjukkan kemampuan suatu mesin untuk mengkonversi energi kalor dari bahan bakar menjadi energi mekanik. η_{th} dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$\eta_{th} = \frac{BP}{Q_{tot}} (\%)$$

$$Q_{tot} = \frac{FC \cdot LHV_{bb}}{3600} (kW)$$

Dimana:

Q_{tot} = kalor yang di suplai, (kW)

LHV_{bb} = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

3600 = faktor konversi jam ke detik

BP = daya efektif (kW)