

**SKRIPSI**

**PEMBANGKIT ION NEGATIF PADA UDARA SUPLAY PEMBAKARAN  
MESIN DIESEL**

**Disusun dan diajukan oleh**

**AHMAT SUBARI**

**D021171019**



**DEPARTEMEN MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**SKRIPSI**

**PEMBANGKIT ION NEGATIF PADA UDARA SUPLAY PEMBAKARAN  
MESIN DIESEL**

**Disusun Dan Diajukan Oleh :**

**AHMAT SUBARI**

**D021171019**

**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:**

**PEMBANGKIT ION NEGATIF PADA UDARA SUPLAY PEMBAKARAN  
MESIN DIESEL**

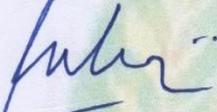
**AHMAT SUBARI**

**D021171019**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Gowa, Juni 2022

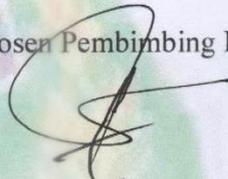
Dosen Pembimbing I



**Ir. Baharuddin Mire, MT**

**NIP.19550914 198702 001**

Dosen Pembimbing II



**Ir. Andi Mangkau, MT**

**NIP.19550914 198702 001**

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT**

**NIP. 19720825 200003 1 001**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmat Subari  
NIM : D021171019  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Pembangkit Ion Negatif Pada Udara Suplay Pembakaran Mesin Diesel”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan oran lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, juni 2022  
Yang membuat pernyataan,



Anmat Subari

## ABSTRAK

Efisiensi motor diesel dipengaruhi oleh kesempurnaan terjadinya proses pembakaran bahan bakar didalam silinder motor diesel tersebut. Dalam meningkatkan performa mesin diesel dan mengurangi polusi udara, penambahan ion negatif pada udara suplay mesin diesel. Sebuah perangkat negative ion generator dapat menghasilkan ion negatif yang berfungsi mengionisasi udara, dapat digunakan untuk udara masuk mesin dengan tujuan meningkatkan kualitas campuran bahan bakar. Dalam penelitian ini menggunakan bahan bakar B30 dan negative ion generator dengan variasi 2 kabel. Untuk mengukur performa menggunakan mesin Diesel TV1 dan gas analyzer opa 100 dengan rasio kompresi 1:18, 1:16, 1:14 dan pada pembebanan 1 kg, 3 kg 5 kg, 7 kg dan 9 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya efektif (BP) maksimum terjadi pada beban 9 kg rasio 18 dengan penambahan ion negatif yaitu sebesar 2,5 kW, torsi terbesar dihasilkan pada beban 9 setiap rasio kompresi dengan penambahan ion negatif yaitu sebesar 16,66 Nm, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) minimum paling bagus terjadi pada rasio kompresi 14 bebaan 9 dengan penambahan ion negatif yaitu 0,356 Kg/kWh, efisiensi volumetrik ( $\eta_{vo}$ ) maksimum terjadi pada beban 3 kg rasio kompresi 14 dengan penambahan ion negatif yaitu sebesar 76,341%, dan efisiensi thermis ( $\eta_{th}$ ) maksimum terjadi pada beban 9 kg rasio kompresi 14 dengan penambahan ion negatif yaitu 45,2183%, penambahan ion negatif pada udara suplay mesin dapat menurunkan opasitas emisi gas buang.

**Kata kunci:** Ion Negatif, B30, Performa, Opasitas.

### ***ABSTRACT***

Diesel engine efficiency is influenced by the perfection of the fuel combustion process in the diesel engine cylinder. In improving diesel engine performance and reducing air pollution, the addition of negative ions to the diesel engine supply air. A negative ion generator device can produce negative ions which function to ionize the air, which can be used for air entering the engine with the aim of improving the quality of the fuel mixture. In this study using B30 fuel and a negative ion generator with 2 wires of variation. To measure the performance using a Diesel TV1 engine and an opa 100 gas analyzer with a compression ratio of 1:18, 1:16, 1:14 and at loadings of 1 kg, 3 kg, 5 kg, 7 kg and 9 kg. The results showed that the maximum effective power (BP) occurred at a load of 9 kg ratio 18 with the addition of negative ions which was 2.5 kW, the greatest torque was produced at load 9 each compression ratio with the addition of negative ions which was 16.66 Nm, material consumption The best minimum specific fuel (SFC) occurs at a compression ratio of 14 at load 9 with the addition of negative ions, which is 0.356 Kg/kWh, the maximum volumetric efficiency ( $\eta_{vo}$ ) occurs at a load of 3 kg. compression ratio 14 with the addition of negative ions is 76.341%, and efficiency The maximum thermal ( $\eta_{th}$ ) occurs at a load of 9 kg, compression ratio 14 with the addition of negative ions, which is 45.2183%, the addition of negative ions to the engine supply air can reduce the opacity of exhaust emissions.

Keywords: Negative Ion, B30, Performance, 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 ***“Pembangkit Ion Negatif Pada Udara Suplay Pembakaran Mesin Diesel”***. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan penulis sebagai manusia biasa. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini berguna bagi penulis dan pihak-pihak lain sebagai acuan untuk kebutuhan ilmu pengetahuan.

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 Mariono dan Ibu Sri Hartati 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 ST., 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.,ST.,M.T 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. Kanda Surahman yang senantiasa selalu menjadi teman diskusi yang sudah membantu penulis dalam memecahkan berbagai kendala dalam penelitian.
10. Saudara-saudara seperjuangan penulis Zyncromezh 2017 yang sudah menjadi tim pendukung paling hebat yang selalu ada dalam suka maupun duka.
11. Saudara sekontrakan yang senantiasa mendukung dan memberi semangat bagi penulis dalam penelitian.
12. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terimakasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Senantiasa Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan bagi kita semua.

Sebagai manusia biasa tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam Skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari pada pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi di masa yang akan datang. Terima kasih

***Wassalamu'alaikum Wr.Wb***  
Gowa, Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR GRAFIK .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian .....	4
I.3 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Mesin diesel.....	5
II.2 Siklus termodinamika motor bakar.....	5
II.3 Biodiesel.....	17
II.4 Emisi gas buang pada motor diesel .....	18
II.6 Negative ion generator.....	19
II.7 Dasar perhitungan kinerja motor bakar .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
III.2 Alat dan Bahan.....	27
III.3 Metode Pengambilan Data.....	30
III.4 Prosedur Penelitian.....	30
III.5 Skema Penelitian .....	33
III.6 Diagram Alur Penelitian .....	34
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN</b>	
IV.1 Perhitungan (B30 tanpa ion Negatif) .....	35
IV.2 Perhitungan (B30 dengan ion negatif) .....	36
IV.3 Performa Mesin Diesel .....	38
IV.4 Kinerja Mesin Diesel .....	45
<b>BAB V PENUTUP</b>	
V.1 Kesimpulan .....	57
V.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN .....	60

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Langkah kerja mesin diesel 4 langkah.....	5
Gambar 2.2 Perubahan tekanan pada saat proses pembakaran.....	9
Gambar 2.3 Perbandingan kompresi dan temperature.....	11
Gambar 2.4 Diagram kejadian detonasi (knocking) pada motor diesel.....	12
Gambar 2.5 Mesin diesel TV1.....	14
Gambar 2.6 Diagram P vs V siklus otto.....	15
Gambar 2.7 Diagram siklus konstan (kiri), diagram siklus terbatas (kanan).....	16
Gambar 2.8 Naturally aspirated engine, supercharged engine.....	17
Gambar 2.9 Reaksi asam lemak bebas menjadi metil ester .....	18
Gambar 3.1 Mesin diesel TV1.....	27
Gambar 3.2 Panel Mesin.....	28
Gambar 3.3 Komputer.....	28
Gambar 3.4 Pompa Air.....	29
Gambar 3.5 Generator ion negatif.....	29
Gambar 3.6 <i>Opa</i> 100 .....	29
Gambar 3.7 Biodiesel (B30) .....	30
Gambar 3.8 Skema penelitian.....	33
Gambar 3.9 Alur Penelitian.....	34

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Tekanan silinder terhadap sudut engkol rasio 14 beban 3 kg.....	40
Grafik 4.2 Tekanan silinder terhadap sudut engkol rasio 16 beban 3 kg.....	40
Grafik 4.3 Tekanan silinder terhadap sudut engkol rasio 18 beban 3 kg.....	41
Grafik 4.4 Tekanan silinder rasio 18 beban 5 Kg.....	42
Grafik 4.5 Tekanan silinder rasio 16 beban 5 Kg.....	42
Grafik 4.6 Tekanan silinder rasio 14 beban 5 Kg.....	43
Grafik 4.7 Pelepasan panas rasio 18 beban 5 Kg.....	44
Grafik 4.8 Pelepasan panas rasio 16 beban 5 Kg.....	44
Grafik 4.9 Pelepasan panas rasio 16 beban 5 Kg.....	45
Grafik 4.10 perbandingan daya efektif beban 3 dengan variasi rasio kompresi...46	46
Grafik 4.11 perbandingan daya efektif beban 5 dengan variasi rasio kompresi....46	46
Grafik 4.12 perbandingan daya efektif beban 7 dengan variasi rasio kompresi....47	47
Grafik 4.13 perbandingan daya efektif beban 9 dengan variasi rasio kompresi....47	47
Grafik 4.14 perbandingan torsi terhadap beban dan rasio kompresi dengan ion negatif.....	48
Grafik 4.15 perbandingan komsumsi bahan bakar spesifik terhadap rasio kompresi beban 3.....	49
Grafik 4.16 perbandingan komsumsi bahan bakar spesifik terhadap rasio kompresi beban 5.....	50
Grafik 4.17 perbandingan komsumsi bahan bakar spesifik terhadap rasio kompresi beban 7.....	50
Grafik 4.18 perbandingan komsumsi bahan bakar spesifik terhadap rasio kompresi beban 9.....	51
Grafik 4.19 Perbandingan efesiensi volumetric terhadap beban dengan ion negatif.....	52
Grafik 4.20 Perbandingan efesiensi thermis terhadap beban dengan ion negatif....	53
Grafik 4.21 Perbandingan temperature gas buang terhadap beban dengan ion negatif.....	54
Grafik 4.22 Opasitas emisi gas buang mesin diesel .....	55

## DAFTAR SIMBOL

BHP	Daya efektif	kW
$\eta_{vo}$	Efisiensi Volumetrik	%
N	Putaran poros	Rpm
n	Jumlah putaran persiklus	-
FC	Konsumsi bahan bakar	kg/h
VGU	Volume gelas ukur	Cc
$\rho_f$	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 <sub>o</sub>	Beda tekanan pada manometer	mmH <sub>2</sub> O
$\rho_a$	Massa jenis udara pada kondisi masuk	kg/m <sup>3</sup>
M <sub>th</sub>	Laju udara secara teoritis	kg/h
V <sub>s</sub>	Volume silinder	-
u <sub>d</sub>	Massa jenis udara	kg/m <sup>3</sup>
Ka	konstanta untuk motor 4 langkah	-
D	Diameter selinder	mm
$\eta_{th}$	Efisiensi thermis	%
s	Panjang langkah selinder	mm
z	Jumlah selinder	-
AFR	Rasio udara-bahan bakar	-
Q <sub>tot</sub>	Kalor total	kW
LHV <sub>bb</sub>	Nilai kalor bahan bakar	kJ/kg

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (internal combustion engine) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan / dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar . Tekanan ini mendorong piston kebawah yang berlanjut dengan poros engkol berputar. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Dalam beberapa tahun terakhir, konsumsi minyak di Indonesia meningkat seiring dengan bertambahnya populasi penduduk menimbulkan masalah seperti polusi udara, efek rumah kaca, dan lain-lain. Polusi udara diakibatkan karena gas buang dari kendaraan. Biodiesel merupakan bahan bakar untuk mesin diesel yang berasal dari minyak nabati setelah melalui proses transesterifikasi. Bahan bakar tersebut terbuat dari campuran solar dan minyak nabati sebagai energi terbarukan. Beberapa peneliti sudah melakukan riset mengenai campuran biodiesel yang berbagai macam. Salah satunya yaitu campuran biodiesel dengan alkohol. Alkohol memiliki *kinematic viscosity* (KV), density, titik nyala dan kandungan *cold flow* lainnya yang lebih rendah dibandingkan biodiesel. (Farhan Maulana Rahman. Dkk, 2021)

Meningkatnya permintaan motor diesel sebagai sarana transportasi atau sumber tenaga industri secara tidak langsung akan memunculkan permasalahan dalam penyediaan sumber energi untuk pembakaran. Di Indonesia, jumlah kendaraan yang menggunakan motor diesel mencapai 3.000.000 unit, dengan rincian 2.100.000 unit digunakan pada sarana transportasi darat dan 900.000 unit digunakan untuk sektor transportasi air.

Penggunaan motor diesel pada dunia industri mencapai 1.200.000 unit. Sementara, pemenuhan kebutuhan terhadap konsumsi bahan bakar cair khususnya motor diesel sepenuhnya ditopang dari sumber energi bahan bakar fosil yaitu solar yang bersifat tidak terbarukan. Selain itu, ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber utama bahan bakar solar semakin menipis. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian bahwa jika tidak ditemukan sumur minyak bumi baru maka cadangan minyak bumi nasional hanya mampu memenuhi kebutuhan hingga 10-15 tahun mendatang (Luthfiana Azmi,2016)

Sumber polusi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia paling utama adalah berasal dari transportasi, dimana hampir 60% polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (HC). Sumber-sumber polusi lainnya misalnya pembakaran, proses industri, pembuangan, limbah dan lain-lain. Polutan utama adalah karbon monoksida (CO) yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada. (Aji Pranoto, 20013).

Pentingnya udara pada sistem pembakaran dapat membuat performa mesin meningkat dan emisi gas buang menurun dibanding tanpa udara tambahan. Udara dengan kualitas yang baik sangat berpengaruh terhadap reaksi pembakaran. Kandungan pada udara yang mempengaruhi reaksi pembakaran adalah unsur Oksigen (O). Oksigen sangat membantu dalam proses pembakaran, membuat pembakaran lebih sempurna dan meminimalisir gas buang CO yang menjadi racun ditubuh manusia. Berkebalikan dengan unsur Nitrogen (N) yang mana secara umum digunakan untuk pendinginan seperti pada industri pengolah makanan. (Rahman fauzan, 2018)

Untuk meningkatkan performa mesin diesel dan mengurangi tingginya kadar emisi gas buang maka dapat dilakukan beberapa cara dalam teknologi kendaraan. Usaha yang telah dilakukan adalah menambahkan ozon kedalam bahan bakar dan penambahan ozon kedalam udara suplay. penambahan ozon pada udara masuk dapat mempengaruhi proses

pembakaran dan emisi yang dihasilkan. Ozon akan membantu terjadinya pembakaran karena dekomposisi termalnya menyebabkan produksi spesies radikal, seperti O, H, dan OH. Hal ini menyebabkan proses pembakaran dimulai lebih cepat dengan meningkatkan laju reaksi propagasi rantai bahan bakar hidrokarbon, yang menyebabkan penundaan pengapian yang berkurang dibandingkan dengan tidak adanya ozon. Penyempurnaan proses pencampuran bahan bakar ini dapat dilakukan dengan cara memasang alat ionisasi udara pada saluran udara masuk. Saat ini dipasaran sudah banyak beredar alat alat ionisasi udara dengan berbagai merek. Salah satu alat ionisasi udara yang akan dipakai pada penelitian ini adalah Negative Ion Generator. Negative Ion Generator adalah alat yang dapat menghasilkan ion-ion negatif yang dapat membersihkan udara disekitar. Apabila udara bersih tersebut masuk keruang bakar maka pembakaran yang terjadi pada ruang bakar akan lebih sempurna, sehingga dapat meningkatkan performance mesin dengan pencapaian torsi maximum pada putaran rendah dan mengurangi kadar emisi gas buang. Ion negatif adalah partikel dengan satu atau lebih electron dan merupakan partikel bermuatan negatif murni. Muatan udara yang kaya akan ion negatif menghasilkan aliran (velocity) yang lebih besar karena ion negatif akan tertarik pada muatan ion positif dari sisa hasil pembakaran sebelumnya sehingga meningkatkan jumlah udara yang masuk kedalam silinder.(Muhammad Ady Susanto, 2011).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penambahan Negative Ion Generator diharapkan mampu meningkatkan kinerja mesin dan kinerja pembakaran dari mesin diesel dan mengurangi emisi gas buang. Maka dari itu, penulis akan melakukan penelitian dengan judul **“PEMBANGKIT ION NEGATIF PADA UDARA SUPLAY PEMBAKARAN MESIN DIESEL”**.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh penambahan ion negatif terhadap performa mesin diesel tipe TV1 ?
2. Bagaimana efek penambahan ion negatif terhadap opasitas emisi gas buang yang dihasilkan mesin menggunakan bahan bakar b30?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Analisis pengaruh penambahan ion negatif terhadap performa mesin diesel tipe TV1
2. Analisis efek penambahan ion negatif terhadap opasitas emisi gas buang yang dihasilkan *engine* menggunakan bahan bakar B30

## **I.4 Batasan Masalah**

1. Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel B30
2. Rasio kompresi yang digunakan adalah rasio kompresi 14, 16 dan 18
3. Menggunakan mesin diesel tipe TV1
4. Beban pengereman yang digunakan 3,5,7 dan 9 Kg
5. Variasi jumlah ion yang dibangkitkan

## **I.5 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh penambahan ion negatif pada udara suplai terhadap kinerja mesin diesel TV1
2. Menjadi bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan efek penambahan ion negatif terhadap peforma dan opasitas emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan bahan bakar B30.

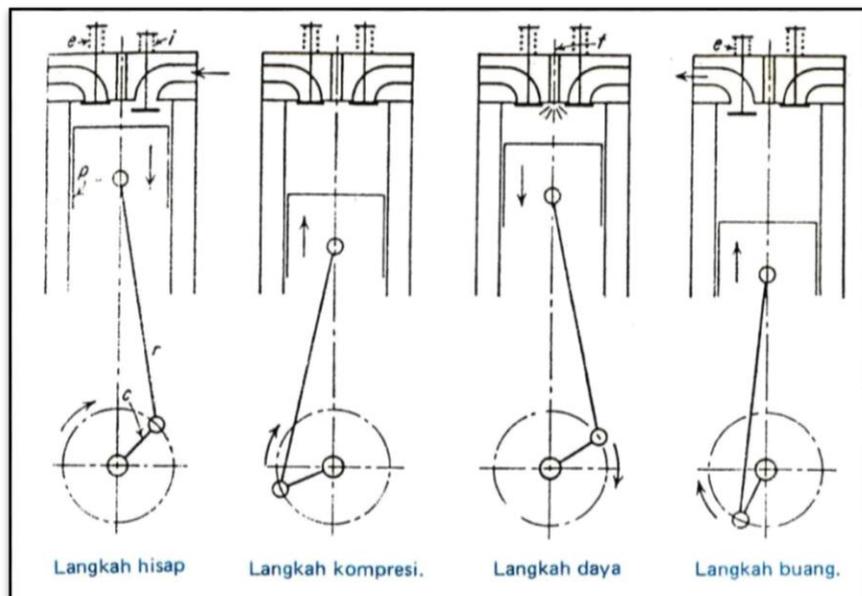
## BAB II LANDASAN TEORI

### II.1 Mesin Diesel

Mesin diesel adalah mesin pembakaran dalam, karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi ada beberapa hal yang mempengaruhi kinerja mesin diesel, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, karakteristik bahan bakar (termasuk cetane number), dimana cetane number menunjukkan kemampuan bahan bakar itu sendiri. (Farhan Maulana Rahman dkk., 2021)

#### 1. Prinsip Kerja Mesin Diesel

Cara kerja mesin diesel empat langkah terbagi dalam beberapa langkah yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, langkah buang.



**Gambar 2.1** Langkah Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

(Sumber : Priambodo, Bambang. 1995:18).

a. Langkah hisap :

Pada langkah hisap, udara dimasukkan ke dalam silinder. Piston membentuk kevakuman di dalam silinder seperti pada mesin bensin, piston bergerak ke bawah dari titik mati atas ke titik mati bawah. Terjadinya vakum ini menyebabkan katup hisap terbuka dan memungkinkan udara segar masuk ke dalam silinder. Katup buang tertutup selama langkah hisap.

b. Langkah kompresi :

Pada langkah kompresi, piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pada saat ini kedua katup tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap ditekan sampai tekanannya naik sekitar 30 kg/cm<sup>2</sup> (427 psi, 2.942 kpa) (*New Step 1.1995:78*) dengan temperatur sekitar 500-800°C (932-1472°F)(*New Step 1.1995:78*).

c. Langkah usaha :

Langkah ini dapat disebut juga langkah pembakaran. Udara yang terdapat di dalam silinder didorong ke ruang bakar pendahuluan (*precombution chamber*) yang terdapat pada bagian atas masing-masing ruang bakar. Pada akhir langkah usaha, *ignition nozzle* terbuka dan menyemprotkan kabut bahan bakar ke dalam ruang bakar pendahuluan dan campuran udara bahan bakar selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh tekanan. Panas dan tekanan keduanya naik secara mendadak dan bahan bakar yang terisa pada ruang bakar pendahuluan ditekan ke ruang bakar utama di atas piston. Kejadian ini menyebabkan bahan bakar terurai menjadi partikel-partikel kecil dan bercampur dengan udara pada ruang bakar utama (*main combution*) dan tergakar dengan cepat. Energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan piston terdorong ke bawah. Gaya yang mendorong piston ke bawah diteruskan ke batang piston dan poros engkol dan dirubah menjadi gerak putar untuk memberi tenaga pada mesin

d. Langkah buang :

Pada saat langkah pembuangan torak bergerak ke atas sedangkan katup pembuangan terbuka dan katup masuk tertutup, melalui katup pembuangan gas bekas mengalir ke luar, tekanan dalam silinder sewaktu langkah pembuangan sekitar 0,05 bar lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer . (Nantyoko Pranomo Wide 2011)

Pada langkah ini semua gas hasil pembakaran yang telah dipakai dalam langkah usaha keluar melalui katup pembuangan dan mengalir ke udara luar, setelah semua gas bekas habis dalam silinder maka bersama dengan gerakan torak setelah mencapai TMA dan menuju ke TMB kembali, semua katup tertutup dan dimulai pada langkah pertama seperti dimuka, begitu selanjutnya sehingga mesin berputar berkali-kali.

## 2. Sistem Pembakaran Motor diesel

*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*

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. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

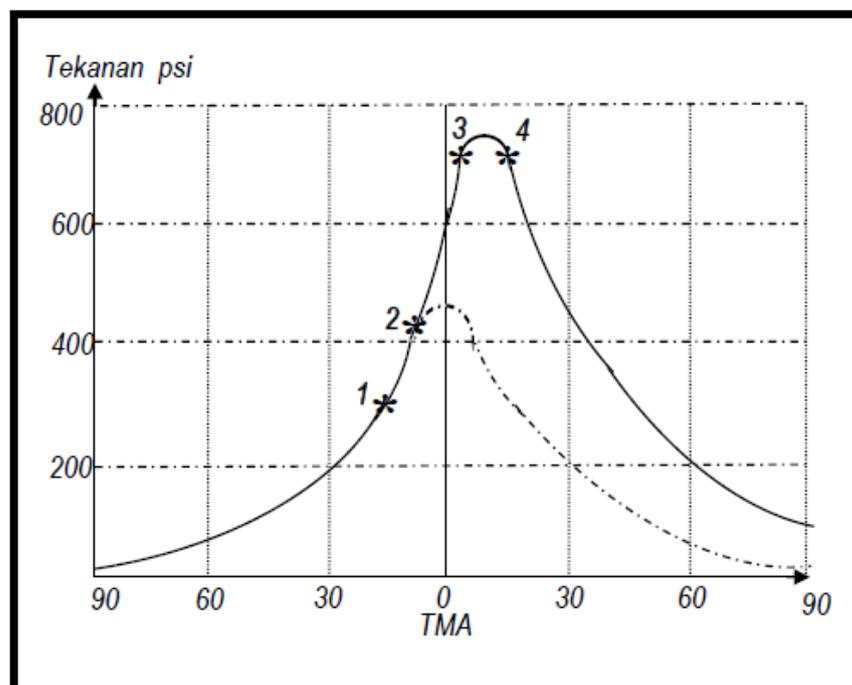
Waktu pemeliharaan bisa terencana sesuai dengan jadwal pemeliharaan dan juga akan mencapai keandalan pada mesin pembangkit, pelayanan pada konsumen PLN akan meningkat karena listrik tidak sering padam, lossespun akan bisa terkendali. Kerugian - kerugian yang diakibatkan sering padamnya listrik akan dapat dikurangi apabila timing injection pump normal. Kapan sebaiknya penyemprotan bahan bakar itu dilakukan dengan tepat. Mesin diesel mempunyai beberapa tipe dan kapasitas sesuai dengan disain pabrik pembuat. Jadi mengenai penyemprotan bahan bakar itu diatur sesuai dengan derajat poros engkol. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

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 kompresi pada mesin diesel tekanan udara didalam silinder mencapai  $\pm 30$  bar dan temperatur mencapai  $\pm 5500$  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. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Dan poros engkol terus berputar selama penyemprotan berlangsung. Selama penyemprotan tekanan maximum didalam silinder naik  $\pm 75$  bar dan temperature pembakaran bisa meningkat mencapai 15000 C atau lebih. Pemahaman yang lebih baik tentang apa yang terjadi dalam

silinder mesin diesel selama periode pembakaran dapat diperoleh dengan cara penyajian secara grafik, seperti pada gambar. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Perubahan tekanan ditunjukkan pada garis ordinat dan waktu ditunjukkan sebagai aksisnya. Gambar diatas menunjukkan perubahan tekanan selama 1800 yaitu dari 900 sebelum TMA sampai 900 sesudah TMA. Kurva titik-titik yang simetris pada sisi kanan menunjukkan ekspansi pengisian udara tanpa adanya bahan bakar. Setelah bahan bakar diinjeksikan dan terjadi pembakaran, maka prosesnya akan terjadi 4 periode yang terpisah. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)



**Gambar 2.2** Perubahan tekanan pada saat proses pembakaran  
**Sumber:** Buku ajar motor bakar ( Teori dasar motor diesel ) HMKB781

Periode pertama : Dimulai dari titik 1 sampai titik 2 yaitu bahan bakar mulai disemprotkan. Periode ini disebut periode persiapan pembakaran atau periode kelambatan ( delay period ). Periode keterlambatan penyalaan ini juga tergantung dari beberapa faktor antara lain pada mutu

penyalan bahan bakar dan beberapa kondisi misalnya , kecepatan mesin dan perbandingan kompresi. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Periode kedua : Yaitu antara 2 dan 3 Pada titik 2 bahan bakar mulai terbakar dengan cepat sehingga tekanan naik dengan cepat pula dan sementara piston juga masih bergerak menuju TMA. Selain itu bahan bakar yang terbakar juga makin banyak, sehingga walaupun piston mulai bergerak menuju TMB tapi tekanan masih naik sampai titik 3. Periode ini disebut periode cepat. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Periode ketiga : Dinamai periode pembakaran terkendali, yaitu antara 3 dan 4 pada periode ini meskipun bahan bakar lebih cepat terbakar, namun jumlah bahan bakar sudah tidak banyak lagi dan proses pembakaran langsung pada volume ruang bakar yang bertambah besar. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

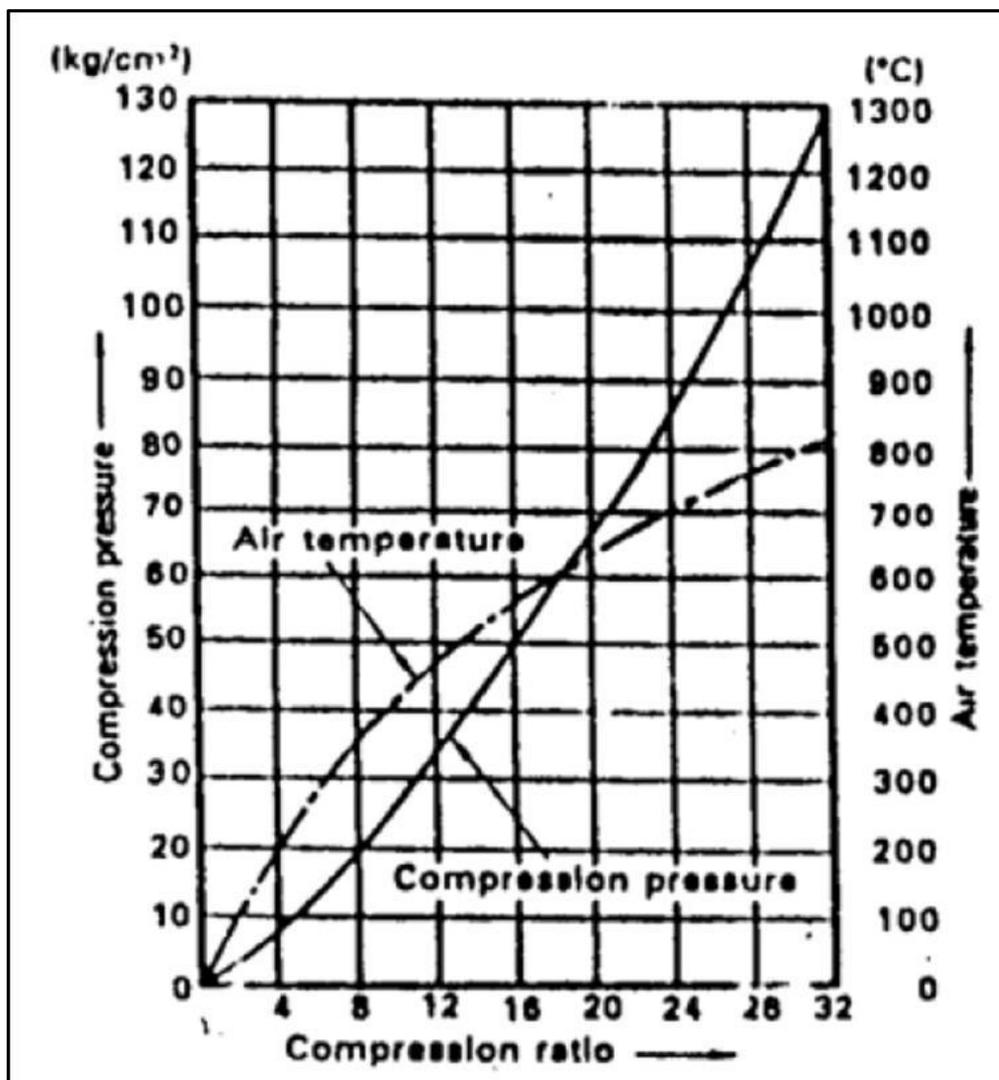
Periode keempat : Yaitu periode dimana pembakaran masih berlangsung, karena adanya sisa bahan bakar yang belum terbakar dari periode sebelumnya walaupun sudah tidak ada pemasukan bahan bakar. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

Perlu diingat bahwa tekanan rendah tidak hanya pengaruh dari timing injection pump saja, tapi ada penyebab lain yang lebih dominan. Agar dapat dicapai hasil daya optimal suatu mesin diesel yang terdiri dari beberapa silinder diperlukan kinerja optimal setiap silindernya. Bila tidak seimbang atau terdapat satu / dua silinder tidak baik maka akan membebani silinder yang lainnya. Kondisi actual dari pembakaran pada setiap

silindernya harus dipantau secara periodik dengan tujuan agar diperoleh kinerja mesin sampai optimal. Hal ini dapat dilakukan dengan combustion press gauge atau peralatan yang lebih canggih lainnya. (Achmad Kusairi Samlawi, 2018)

### 3. Siklus Pembakaran

#### a. Perbandingan Kompresi dan Temperatur

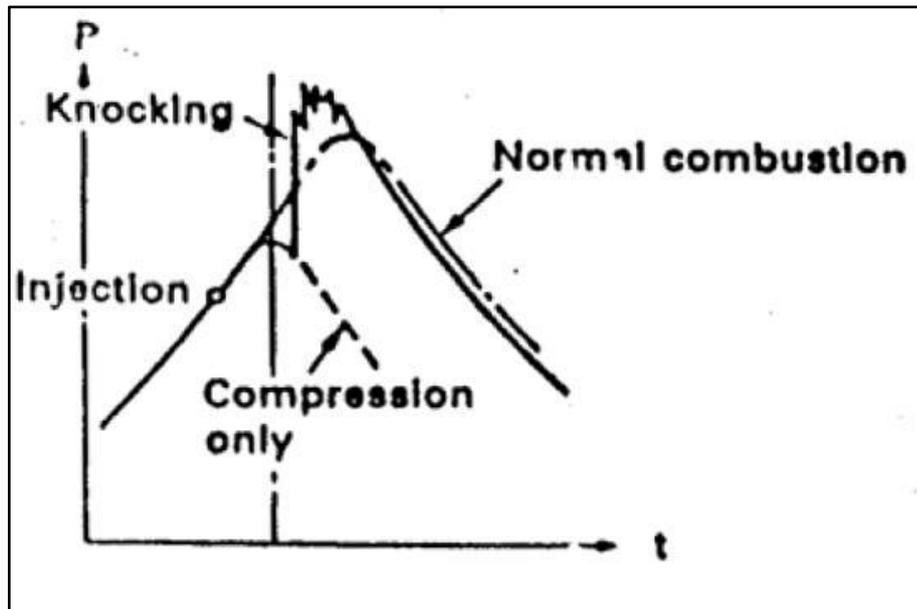


**Gambar 2.3** Perbandingan Kompresi dan Temperatur

(Sumber : Isuzu Training Center, 2003:04).

Udara dalam silinder dikompresikan oleh adanya gerakan naik piston yang menyebabkan temperatur meningkat. Grafik di bawah ini memperlihatkan hubungan secara teori antara perbandingan kompresi, tekanan kompresi dan suhu. Apabila perbandingan kompresi 16, maka tekanan kompresi dan temperatur adalah 30 kg/cm<sup>2</sup> dan 500°C.

### 3. Detonasi (*Knocking*)



**Gambar 2.4** Diagram Kejadian Detonasi (*Knocking*) pada Motor Diesel

(Sumber : Isuzu Training Center, 2003:5)

Detonasi adalah getaran atau suara ledakan yang ditimbulkan oleh pembakaran yang tidak sempurna. Kalau penyalaan ditunda sedemikian lama sehingga sejumlah bahan bakar masuk, dipanaskan oleh udara, dan diuapkan, maka penyalaan awal dapat diikuti oleh pembakaran sedemikian cepat sehingga mendekati peledakan dari seluruh massa bahan bakar. Ledakan ini dapat menimbulkan gelombang tekanan, yang tajam berjalan dengan kecepatan bunyi, menabrak dinding logam dan menghasilkan ketukan tajam. Ketukan ini kadang-kadang terjadi kalau bahan bakar mempunyai mutu penyalaan rendah. Kejadian ini yang disebut detonasi (*knocking*).

Metoda dibawah ini adalah cara mengatasinya:

- a. Menggunakan solar yang angka cetaninya tinggi.
- b. Menaikan tekanan dan temperatur udara.
- c. Mengurangi volume injeksi saat mulai injeksi.
- d. Menaikkan termperatur ruang bakar.

#### 4. 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.

## II.2 Siklus Termodinamika Motor Bakar

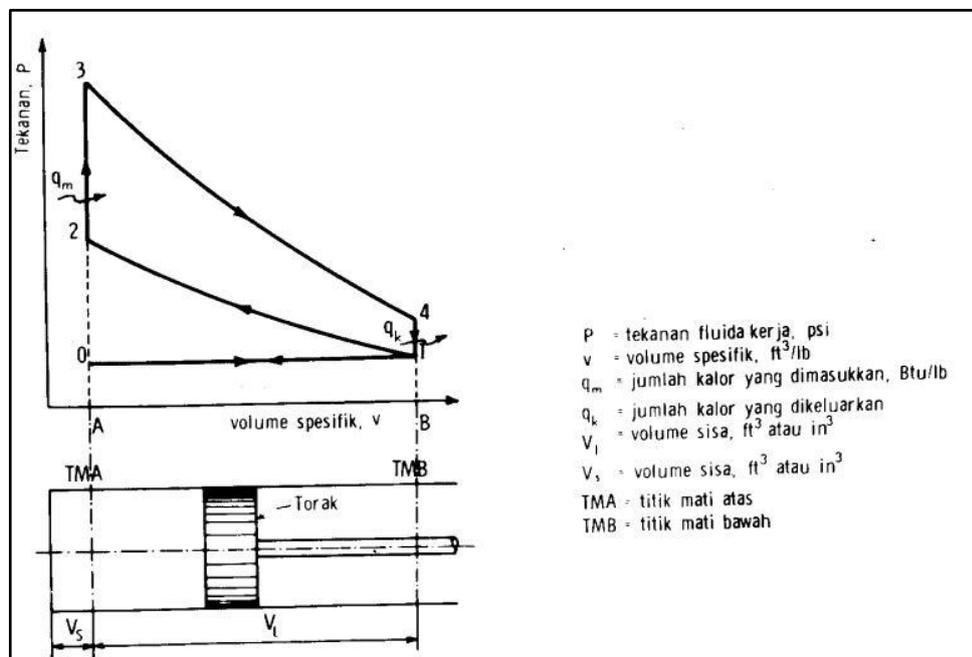
Proses termodinamika dan kimia pada motor bakar sangat kompleks untuk dapat dianalisis secara teoritis. Untuk memahami fenomena yang terjadi memerlukan penyederhanaan masalah dengan melakukan beberapa idealisasi. Siklus udara sebagai siklus idealnya. Beberapa parameter yang digunakan sama dengan siklus sebenarnya:

- Urutan proses
- Perbandingan kompresi
- Pemilihan temperatur dan tekanan referensi (atmosfer).
- Penambahan kalor

Pada mesin ideal proses pembakaran bahan bakar diidealisasikan sebagai proses pemasukan kalor ke dalam fluida kerja.

### 1. Siklus Udara

- Siklus udara volume konstan (siklus OTTO).

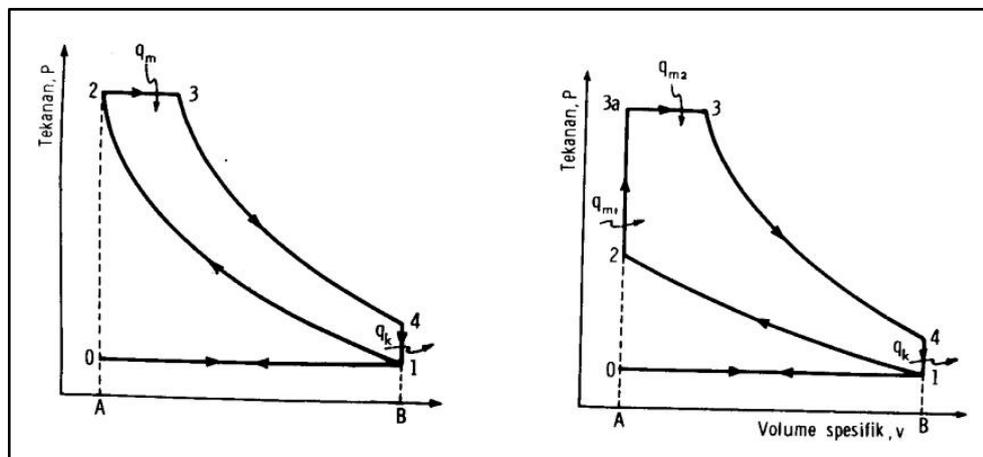


**Gambar 2.6.** Diagram P vs V siklus Otto

Idealisasi proses-proses :

- 1) Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan panas spesifik konstan
- 2) Langkah hisap (0-1) merupakan proses tekanan konstan
- 3) Langkah kompresi (1-2) berlangsung secara isentropis
- 4) Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- 5) Langkah ekspansi (langkah kerja) (3-4) berlangsung secara isentropis.
- 6) Proses pembuangan kalor (4-1) dianggap sebagai proses pelepasan kalor pada volume konstan.
- 7) Langkah buang (0-1) berlangsung pada tekanan konstan.
- 8) Siklus dianggap tertutup artinya siklus berlangsung dengan fluida yang sama.

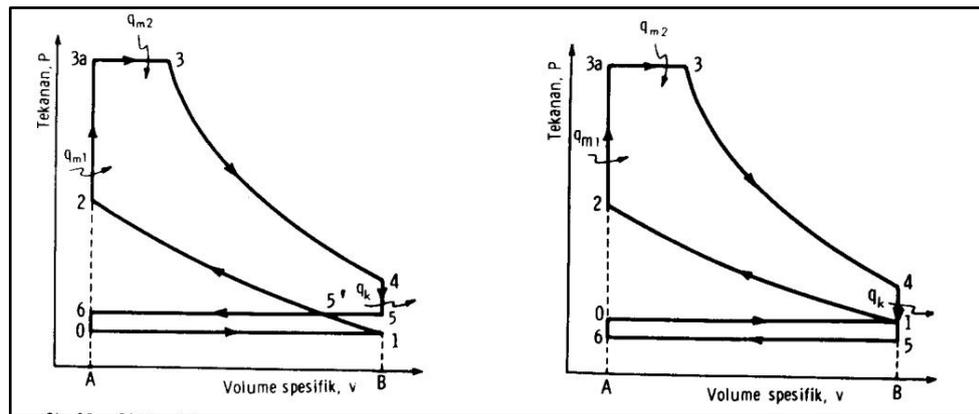
b. Siklus udara tekanan konstan (siklus DIESEL) dikembangkan oleh DR Rudolf Diesel tahun 1893.



**Gambar 2.7.** Diagram siklus tekanan konstan (kiri), Diagram siklus tekanan terbatas (kanan).

- 1) Idealisasi sama dengan siklus udara volume konstan, yang berbeda adalah proses pemasukan kalor  $q_m$ , pada siklus diesel dilakukan pada tekanan konstan.(2-3).
- 2) Siklus udara tekanan terbatas merupakan gabungan dari kedua siklus tersebut di atas. Proses pemasukan kalor terjadi baik pada tekanan konstan (3a-3) maupun pada volume konstan (2-3a).

3) Pada siklus tersebut garis langkah hisap (0-1) diidealisasikan berimpit dengan garis langkah buang (1-0). Sebenarnya kedua garis tersebut tidak berimpit. Pada naturally aspirated engine garis langkah buang berada diatas garis langkah hisap. Sedangkan pada mesin dengan supercharger garis langkah buang berada dibawah garis langkah hisap karena masuknya udara kedalam silinder dipaksa oleh kompresor/ blower.

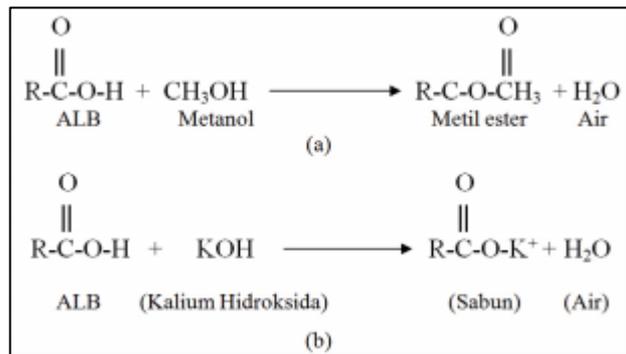


**Gambar 2.8.** Naturally aspirated engine (kiri), Supercharged engine (kanan)

### II.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etan.

Katalis yang digunakan pada metode esterifikasi adalah katalis asam kuat, misalnya  $H_2SO_4$  atau  $HCl$ . Katalis asam tersebut selain mengesterifikasi ALB juga mengonversi trigliserida menjadi metil ester tetapi dengan kecepatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan transesterifikasi menggunakan katalis basa. (Djeni Hendra, dkk., 2018)



**Gambar 2.9** (a) Reaksi konversi asam lemak bebas menjadi metil ester, (b) Reaksi penyabunan.

## II.4 Emisi Gas Buang pada Motor Diesel

Pengendalian emisi polutan merupakan faktor utama dalam perancangan system pembakaran sekarang ini. Efek yang ditimbulkan oleh emisi gas buang dari mesin meliputi perubahan sifat atmosfer, merusak tumbuh tumbuhan dan material serta meningkatnya penyakit dan kematian pada manusia (Bedford, 2000). Dalam pembakaran sempurna gas yang dihasilkan hanya berupa uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Tetapi pada proses yang sebenarnya oleh berbagai sebab, proses pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga menghasilkan emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar, jelaga dan lain lain.

### 1. Emisi NO<sub>x</sub>

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) terdiri dari nitrida oksida (NO) dan dioksida (NO<sub>2</sub>). Proses pembentukan oksida nitrogen NO<sub>x</sub> dapat terjadi dari dua sumber utama (Borman dan Ragland, 1998) yaitu *thermal NO<sub>x</sub>* berasal dari gas Nitrogen yang terdapat dalam udara yang mengalami disosiasi pada temperatur tinggi akibat pembakaran dan *fuel NO<sub>x</sub>* yang berasal dari senyawa nitrogen dalam bahan bakar. Dalam diesel NO<sub>x</sub> akan banyak diproduksi dalam periode pembakaran cepat akibat terjadinya beban termal lokal dan juga temperatur yang sangat. Selain NO<sub>x</sub> juga terbentuk SO<sub>x</sub> yang merupakan produk alami dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Produk pembakaran ini sebagian besar akan berbentuk

SO<sub>2</sub> dan sebagian kecil adalah SO<sub>3</sub>. Di dalam atmosfer SO<sub>2</sub> akan berubah lanjut menjadi SO<sub>3</sub>.

## 2. Emisi Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon yang tidak terbakar (HC) umumnya dipengaruhi oleh proses pembakaran yang kurang sempurna di dalam ruang bakar. Emisi CO dari motor bakar ditentukan terutama oleh equivalen rasio bahan bakar udara. Namun karena mesin diesel selalu dioperasikan pada daerah miskin campuran udara bahan bakar maka konsentrasi CO relatif rendah. Gas CO merupakan hasil oksidasi karbon dan apabila jumlah udara mencukupi akan terjadi oksidasi lanjut menjadi CO<sub>2</sub>.

## 3. Emisi Hidrokarbon (HC)

Emisi hidrokarbon (HC) merupakan konsekuensi dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar hidrokarbon. Emisi HC bisa berbentuk bahan bakar yang belum atau dalam bentuk yang sudah terurai dan mempunyai nilai minimum pada daerah campuran kurus.

## II.6 Negative Ion Generator

Negative Ion Generator adalah alat yang berguna untuk menghasilkan ion ion negatif. Ion-ion negatif yang dihasilkan ini berguna untuk membersihkan udara sehingga udara yang masuk kedalam ruang bakar akan menjadi bersih. Pada prinsipnya adalah alat ini digunakan untuk mengionisasi bahan bakar. Dengan proses tersebut alat ini mampu menambah ion negatif dalam udara sehingga pada proses pembakaran ion negatif diudara akan berikatan dengan ion positif pada bahan bakar sehingga memperoleh keseimbangan untuk pembakaran yang sempurna. Sehingga mampu meningkatkan performa mesin kendaraan dan mengurangi polusi gas buang yang dihasilkan.

### 1. Ionisasi

Kata *ion* berasal dari bahasa Yunani: *ión*, *ion*, "sedang pergi", kata kerja bentuk sedang dari bahasa Yunani: *íevai*, *ienai*, "pergi". Istilah ini

diperkenalkan oleh fisikawan dan kimiawan Inggris Michael Faraday pada tahun 1834 untuk menyebut spesies tak dikenal yang *pergi* dari satu elektrode ke elektrode lain melalui media berair. Faraday tidak mengetahui sifat spesies ini, tetapi ia mengetahui bahwa ketika logam larut ke dalam dan memasuki larutan pada satu elektrode, logam baru muncul dari larutan pada elektrode lainnya; zat tersebut telah bergerak melalui larutan dalam suatu arus. Ini membawa materi dari satu tempat ke tempat lain.

Faraday juga memperkenalkan kata *anion* untuk ion bermuatan negatif, dan *kation* untuk ion bermuatan positif. Dalam tatanama Faraday, kation dinamakan demikian karena mereka tertarik ke katode dalam perangkat galvanik dan anion dinamakan demikian karena mereka tertarik ke anode.

Svante Arrhenius mengajukan penjelasannya, pada disertasinya tahun 1884, bahwa faktanya garam kristal padat terdisosiasi menjadi pasangan partikel bermuatan ketika melarut. Disertasinya ini membuat Arrhenius memperoleh Nobel Kimia tahun 1903. Penjelasan Arrhenius adalah bahwa dalam pembentukan larutan, garam terdisosiasi menjadi ion-ion Faraday. Arrhenius mengusulkan bahwa ion terbentuk meskipun tanpa adanya arus listrik.

Ion dalam keadaan mirip gasnya bersifat sangat reaktif dan akan cepat berinteraksi dengan ion yang memiliki muatan berlawanan menghasilkan molekul netral atau garam ionik. Ion juga dihasilkan dalam keadaan cair atau padat ketika garam berinteraksi dengan pelarut (misalnya, air) menghasilkan "ion tersolvasi", yang lebih stabil. Ion-ion bergerak saling menjauhi untuk berinteraksi dengan cairan dengan alasan yang melibatkan perubahan energi dan entropi. Spesies yang terstabilkan ini lebih banyak dijumpai di lingkungan bertemperatur rendah. Contoh umum adalah ion yang terdapat dalam air laut, yang berasal dari garam-garam terlarut.

Seluruh ion memiliki muatan, yang berarti, seperti objek-objek bermuatan lainnya, mereka:

- tertarik dengan muatan listrik yang berlawanan (positif kepada negatif dan sebaliknya),
- menolak muatan sejenis
- ketika bergerak, trayektori (lintasan) mereka dapat dibelokkan oleh medan magnet.

Elektron, karena massanya yang kecil sehingga sifat menempati ruangnya yang besar dianggap sebagai gelombang materi (bahasa Inggris: *matter wave*). Ini menentukan seluruh ukuran atom dan molekul yang memiliki elektron. Anion (ion bermuatan negatif) lebih besar daripada molekul atau atom induknya, karena kelebihan elektron saling tolak-menolak satu sama lain sehingga menambah ukuran fisik ion, dan ukurannya ditentukan oleh awan elektronnya. Dengan demikian, secara umum, kation berukuran lebih kecil daripada atom atau molekul induknya karena ukuran awan elektronnya juga lebih kecil. Kation hidrogen tidak memiliki elektron sama sekali, sehingga hanya memiliki proton tunggal - *jauh lebih kecil* daripada atom hidrogen.

Ionisasi adalah proses fisik mengubah atom atau molekul menjadi ion dengan menambahkan atau mengurangi partikel bermuatan seperti elektron atau lainnya. Proses ionisasi ke muatan positif atau negatif sedikit berbeda. Ion bermuatan positif didapat ketika elektron yang terikat pada atom atau molekul menyerap energi cukup agar dapat lepas dari potensial listrik yang mengikatnya. Energi yang dibutuhkan tersebut disebut potensial ionisasi. Ion bermuatan negatif didapat ketika elektron bebas bertabrakan dengan atom dan terperangkap dalam kulit atom dengan potensial listrik tertentu.

## **II. 7 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 ( $\eta_{vol}$ )
- g. Efisiensi Thermis ( $\eta_{th}$ )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,

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

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

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,

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

Dimana:

- $FC$  = Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)
- $VGU$  = Volume gelas ukur
- $\rho f$  = Massa jenis bahan bakar, (kg/h)
- $10^{-3}$  = Faktor konversi cc ke  $dm^3$
- 3600 = Faktor konversi detik ke jam

c. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik,  $SFC$  (kg/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:

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

Dimana:

- $SFC$  = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/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)

$\rho_{ud}$  = massa jenis udara pada kondisi masuk, (kg/m<sup>3</sup>)

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

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

$N$  = putaran poros (rpm)

$\rho_{ud}$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$K_a$  = 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,  $\eta_{vol}$  (%)

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  $\eta_{vo}$  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,  $\eta_{th}$  (%)

Efisiensi thermis didefenisikan 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.  $\eta_{th}$  dapat dihitung dengan rumus berikut,

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

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

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)