

BAB II

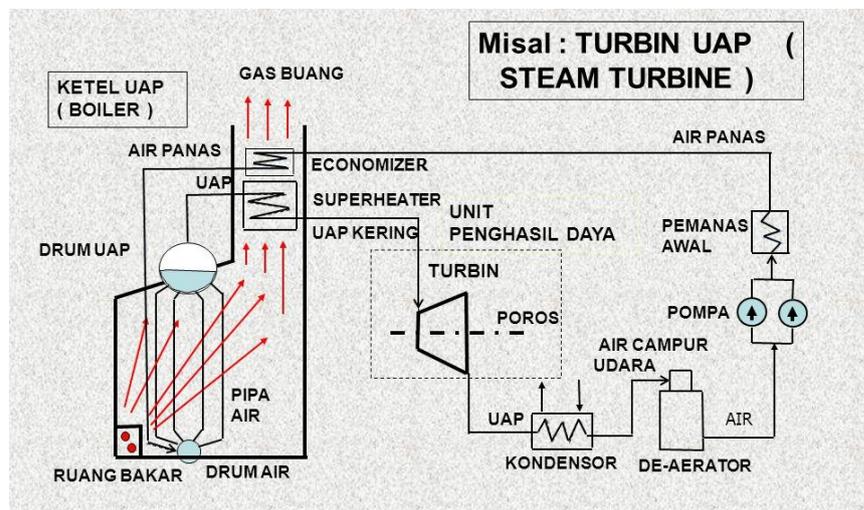
LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Bakar

Motor bakar adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis (Wardono, 2004). Pada umumnya motor bakar terbagi menjadi dua golongan utama yaitu :

1. Motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

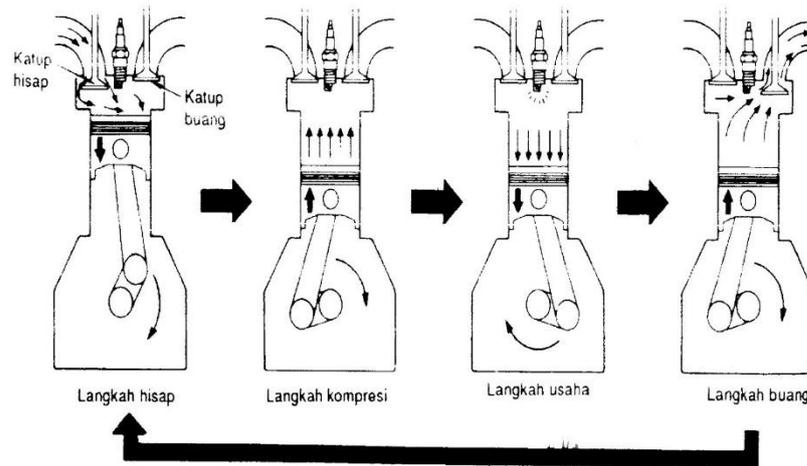
Motor pembakaran luar adalah suatu proses pembakaran dimana energi gerak dibangkitkan di luar ruang bakar. Dalam hal ini energi diubah menjadi energi panas yang terjadi di luar silinder motor. Salah satu contohnya adalah mesin uap, dimana energi panas yang diberikan merubah air menjadi uap, kemudian uap dari ketel disalurkan ke silinder, didalam silinder inilah uap menggerakkan torak atau piston, sehingga timbul tenaga gerak.



Gambar 2.1 Motor Pembakaran Luar
(Gambar diperoleh dari <http://slideplayer.info/slide/3193083>)

2. Motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor pembakaran dalam adalah proses pembakaran energi gerak atau energi mekanis dibangkitkan didalam ruang bakar. Proses ini terjadi didalam silinder motor. Sebagai contoh motor bensin dan motor diesel. Didalam ruang bakar energi mekanis dibangkitkan oleh gerakan torak yang dihasil dari ledakan bahan bakar dalam ruang bakar (*combustion chamber*).

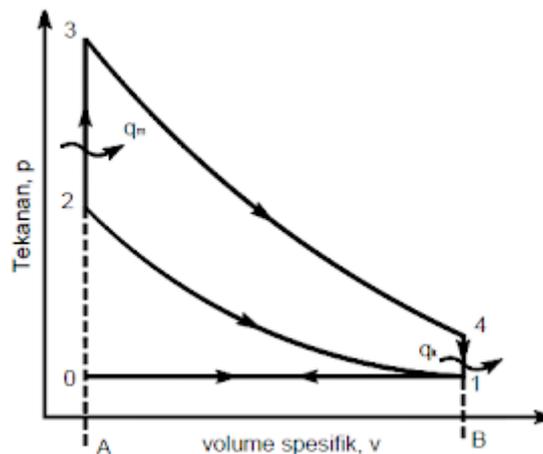


Gambar 2.2 Motor Pembakaran Dalam
(Gambar diperoleh dari www.rnrifai.id)

Berdasarkan dua golongan motor bakar tersebut saat ini penggunaan motor bakar pembakaran dalam banyak digunakan di berbagai aktivitas manusia, baik sebagai motor penggerak untuk pompa air, generator, mesin pemotong rumput maupun sebagai sarana transportasi untuk menunjang mobilitas manusia dan barang (Kristanto, 2015). Motor bakar terbagi menjadi 2 kelompok yaitu motor diesel dan motor bensin. Perbedaannya terletak pada sistem penyalaan campuran udara bahan bakar, dimana pada motor bensin campuran udara bahan bakar dibakar oleh loncatan bunga api yang dipercikkan oleh busi (*Spark Ignition Engine / SIE*). Sedangkan pada motor diesel penyalaan campuran udara bahan bakar terjadi karena kompresi yang tinggi didalam silinder yang membuat bahan bakar terbakar ketika diinjeksikan oleh *nozzle* atau dapat disebut dengan *Compression Ignition Engine (CIE)*. Disamping itu SIE dan CIE juga dapat bekerja berdasarkan siklus 2 langkah dan siklus 4 langkah dan umumnya pada saat ini lebih banyak menggunakan mesin dengan siklus 4 langkah (Ali dan Widodo, 2011).

2.2. Motor Bensin (Siklus Otto)

Motor bensin (Siklus Otto) adalah proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Siklus otto merupakan siklus termodinamika yang paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia, mobil dan sepeda motor adalah contoh penerapan dari siklus otto. Mesin ini ditemukan oleh Nichollus Otto. Untuk grafik siklus otto dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar Grafik 2.3 Siklus Otto

Fluida kerja dianggap sebagai sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.

Ada beberapa langkah dalam hal ini meliputi:

- Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan
- Langkah kompresi (1-2) ialah proses isentropik.
- Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan
- Langkah kerja (3-4) ialah proses isentopik.
- Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
- Langkah buang (1-0) ialah proses konstan.

Proses pembakaran pada volume tetap disebabkan pada waktu terjadi kompresi, dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi di dalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap

terbakar dan busi meloncatkan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat sehingga campuran tersebut terbakar habis seketika menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar.

Prinsip kerja motor bensin dibedakan menjadi dua yaitu motor 2 langkah dan motor 4 langkah.

2.2.1. Motor Bensin 2 Langkah

Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dua kali gerakan piston. Prinsip kerja motor 2 langkah sebagai berikut:

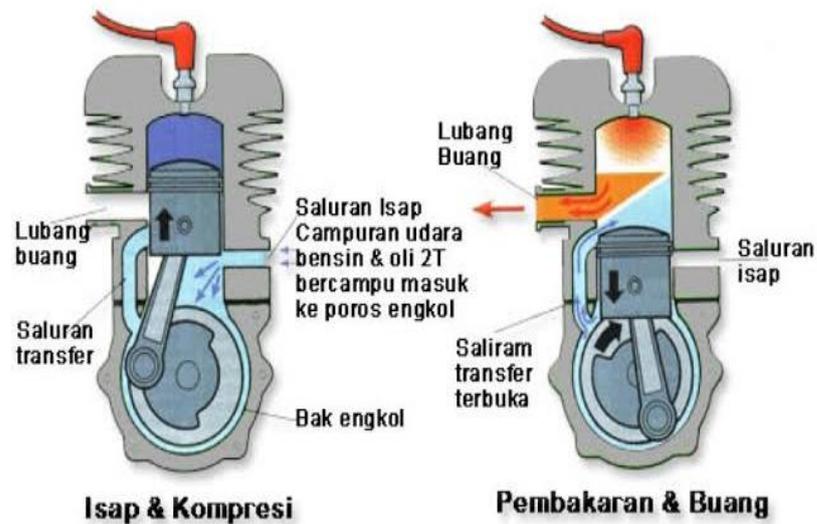
1) Langkah Hisap dan Kompresi

Piston bergerak ke atas. Ruang dibawah piston menjadi vakum/hampa udara, akibatnya udara dan campuran bahan bakar terisap masuk ke dalam ruang dibawah piston. Sementara dibagian ruang atas piston terjadi langkah kompresi, sehingga udara dan campuran bahan bakar yang sudah berada di ruang atas piston suhu dan tekanannya menjadi naik. Pada saat 10-15 derajat sebelum TMA, busi memercikan bunga api, sehingga campuran udara dan bahan bakar yang telah naik temperatur dan tekanannya menjadi terbakar dan meledak.

2) Langkah Usaha dan Buang

Hasil dari pembakaran tadi membuat piston bergerak kebawah. Pada saat piston terdorong ke bawah/bergerak kebawah, ruang di bawah piston menjadi dimampatkan/dikompresikan. Sehingga campuran udara dan bahan bakar yang berada di bawah piston menjadi terdesak keluar dan naik ke ruang diatas melalui saluran bilas. Sementara sisa hasil pembakaran tadi akan terdorong ke luar dan keluar menuju saluran buang, kemudian menuju knalpot. Langkah kerja ini terjadi berulang-ulang selama mesin hidup.

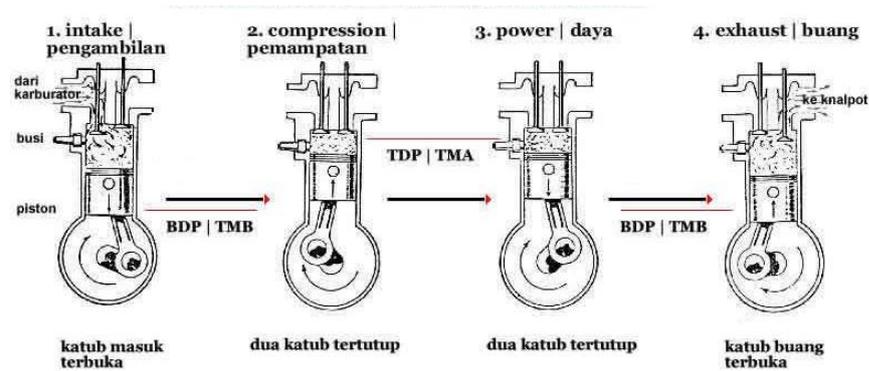
Keterangan: Pada saat piston bergerak ke bawah, udara dan campuran bahan bakar yang berada di ruang bawah piston tidak dapat keluar menuju saluran masuk, karena adanya reed valve.



Gambar2.4 Motor 2 Langkah
(Gambar diperoleh dari slide.net)

2.2.2. Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin mempunyai pengertian gas pembakarnya berasal dari campuran antara bensin dan udara dalam suatu perbandingan tertentu, sehingga gas tersebut terbakar dengan mudah didalam ruang bakar, apabila timbul loncatan bunga api listrik tegangan tinggi pada elektroda busi (Wiratno, dkk, 2012). Mesin pembakaran dalam membakar bahan bakar hidrokarbon atau hidrogen yang menghasilkan tekanan menekan torak diteruskan oleh batang torak diubah oleh poros engkol untuk menghasilkan usaha atau daya ([www.wikiindonesia.com/mesin pembakaran dalam](http://www.wikiindonesia.com/mesin_pembakaran_dalam)). Motor bensin 4 langkah ini dilaksanakan satu kali putaran poros engkol atau 4 kali langkah kerja piston.



Gambar 2.5 Siklus Kerja Motor 4 Langkah
(Gambar diperoleh dari aifustars.wordpress.com)

Siklus kerja motor bensin 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Langkah Hisap (Intrake Stroke)

Langkah ini yaitu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) menyebabkan perubahan volume diruang silinder sehingga terjadi kevakuman didalam ruang silinder menghisap campuran udara dan bahan bakar dihisap kedalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Poros engkol (*crackshaft*) berputar sebesar 180° .

2. Langkah Kompresi (compression stroke)

Langkah ini yaitu katub hisap dan katub buang menutup dan torak bergerak dari TMB dan TMA. Campuran udara dan bahan bakar didalam ruang silinder terdesak karena terjadi penyempitan volume ruang bakar mengakibatkan peningkatan temperatur campuran bahan bakar dan udara.

3. Langkah Usaha

Langkah ini yaitu proses pembakaran, posisi torak pada TMA dan mengkompresi campuran bahan bakar dengan udara. Busi memercikkan bunga api 8 sampai 10 derajat sebelum TMA dan membakar campuran bahan bakar dan udara akan cepat terbakar dikarenakan perambatan nyala api menyebar segala arah ruang bakar sehingga mendorong torak dalam TMA ke TMB. Besar kecilnya tekanan pembakaran dipengaruhi oleh besarnya masukkan bahan bakar dan tekanan kompresi. Gerakan translasi torak diubah oleh poros engkol

menjadi gerak rotasi yang menghasilkan tenaga motor. Poros engkol berputar 180° dari TMA menuju TMB.

4. Langkah Buang (exhaust stroke)

Langkah ini yaitu langkah dimana katup hisap menutup dan katup buang membuka. Torak bergerak dari TMB menuju TMA karena gaya kelembaban roda gila (*flywheel*) mendorong torak bergerak ke atas membuang gas hasil pembakaran. Torak mencapai TMA maka satu kali proses kerja telah dilakukan dan torak akan melakukan proses kerja berikutnya sesuai urutan sebelumnya.

2.3. Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan sumber energi oleh karena itu jika kualitas bahan bakar yang digunakan oleh sepeda motor itu baik maka akan semakin baik pula pembakaran yang terjadi di dalam mesin. Bahan bakar yang digunakan pada sepeda motor saat ini adalah bensin. Bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C7-C11. Bensin yang merupakan campuran berbagai bahan daya maka berbeda-beda juga komposisinya. Ukuran daya bakar ini dapat dilihat dari nilai Oktan setiap campuran. Oktan berasal Oktana (C8), dari seluruh molekul bensin oktana memiliki sifat kompresi paling bagus. Bensin yang memiliki bilangan Oktan 87 berarti bensin tersebut terdiri dari campuran 87% oktana dan 13% heptana. Bahan bakar bensin memiliki beberapa jenis seperti:

2.3.1 Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium memiliki nilai oktan atau *Research Octane Number (RON)* yaitu 88.

2.3.2 Pertalite

Bahan bakar pertalite adalah bahan bakar minyak terbaru dari Pertamina dengan RON 90. Bahan bakar ini direkomendasikan untuk kendaraan dengan 9.1 sampai 10.1 dan khususnya untuk kendaraan yang telah menggunakan sistem EFI (*Elektronik Fuel Injection*) dan *catalytic converter*. Bahan bakar pertalite diluncurkan oleh Pertamina untuk memenuhi syarat Keputusan Dirjen Migas No.

313.K/10/DJM.T/2013 tentang spesifikasi BBM dengan RON 90. Purponegoro (2015) adapun keunggulan pertalite yaitu:

- 1) *Durability*, bahan bakar ini tidak akan menimbulkan gangguan serta kerusakan mesin.
- 2) *Fuel economy*, perbandingan *air fuel ratio (AFR)* yang lebih tinggi dengan konsumsi bahan bakar menjadikan kinerja mesin lebih optimal dan efisien untuk menempuh jarak yang lebih jauh.
- 3) *Perfomance*, dengan oktan yang lebih tinggi daripada premium maka akan di hasilkan torsi mesin lebih tinggi dan kecepatan meningkat.

Komposisi dari bahan bakar pertalite meliputi kandungan sulfur maksimal adalah 0.05% m/m (setara dengan 500ppm), tidak memiliki kandungan timbal dan kandungan logam, memiliki residu maksimal 2,0%, berat jenis maksimal 770 kg/m³, minimal 715 kg/m³(pada 15 °C), warna hijau dengan penampilan visual jernih dan terang.

Pertalite	
Rumus Etanol	C ₈ H ₁₈
Berat Molekul	95-120
Oxygen content (%)	0
Densitas (kg/m ³)	770
LHV (MJ/kg)	44,3
Angka Oktan	90-91
Warna	Hijau

2.3.3 Pertamax

Pertamax dihasilkan dengan menambahkan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertamax direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1, terutama yang menggunakan teknologi setara dengan *Electronic Fuel Injection (EFI)* dan *catalytic converters* (pengubah katalitik). Pertamax memiliki nilai oktan atau RON ≥ 92 .

2.4. Etanol

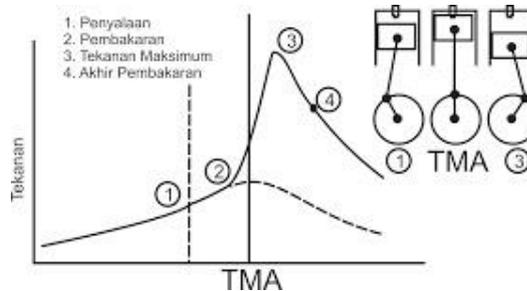
Etanol memiliki rumus molekul C_2H_5OH , etanol merupakan bahan kimia berbentuk cairan bening, tidak berwarna, mudah menguap, memiliki aroma yang tajam dan terasa pedih di kulit (Wiratmaja, 2010:18). Etanol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung dan sagu (Nurdyastuti, 2005:75). Etanol adalah bahan bakar beroktan tinggi dan dapat digunakan untuk meningkatkan nilai oktan dalam bensin (Sarjono dan Putra, 2013:4). Menurut Sarjono dan Putra (2013:4) penggunaan etanol sebagai tambahan bahan bakar bensin mempunyai keunggulan yaitu keunggulan etanol merupakan sumber energi terbarukan, dengan nilai oktan tinggi sehingga saat pembakaran tidak menyebabkan adanya knocking. Etanol juga tidak berbahaya bagi lingkungan salah satunya gas CO_2 yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis dan emisi NO yang rendah.

Pada umumnya etanol memiliki nilai oktan 107-109, *density* 0,79 kg/L, A/F rasio 9, LHV sebesar 26.900 kcal/kg, panas penguapan sebesar 840 kJ/kg dan *autoignition temperatur* 423 °C (Sarjono dan Putra, 2013:4). *Volatility* pada bahan bakar menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menguap maka bahan bakar akan sulit untuk bisa bercampur dengan udara pada saat pembakaran. Zat yang sulit menguap tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin bensin meskipun memiliki nilai kalor yang besar. Namun demikian bahan bakar yang mudah menguap juga berbahaya karena mudah terbakar (Handayani, 2007:100).

Etanol	
Rumus Etanol	C_2H_5OH
Berat Molekul	46
Oxygen content (%)	34,8
Densitas (kg/m) ³	789,3
LHV (MJ/kg)	26,9
Angka Oktan	108,6
Warna	Bening

2.5. Pembakaran pada Mesin Motor Bensin

Proses pembakaran pada suatu mesin terjadi dalam beberapa tingkatan yang digambarkan dalam grafik dengan hubungan antara tekanan dan perjalanan poros engkol. Berikut merupakan grafik tingkat pembakaran:



Gambar 2.6 Grafik Pembakaran Mesin Motor Bensin
(Gambar diperoleh dari www.teknik-otomotif.com)

Pada gambar diatas memperlihatkan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dari sudut engkol mulai dari saat penyalaan sampai akhir pembakaran. Dari grafik tersebut dapat di lihat bahwa tekanan tertinggi terjadi beberapa derajat setelah TMA. Hal ini menjadi sebab penyalaan harus terjadi sebelum TMA. Secara umum proses pembakaran di bedakan menjadi dua bagian:

a. Pembakaran tidak sempurna

Pembakaran ini menimbulkan gejala mesin yang disebut dengan detonasi. Hal tersebut terjadi karena pada proses pembakaran yang tidak serentak pada saat langkah kompresi belum berakhir atau saat busi belum memercikkan bunga api dan ditandai dengan adanya pengapian sendiri yang muncul mendadak pada bagian campuran (Wiratmaja, 2010:18).

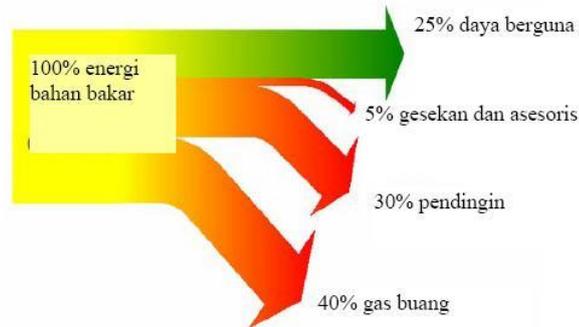
b. Pembakaran Sempurna

Pembakaran dimana semua unsur yang dapat terbakar di dalam bahan bakar akan membentuk gas CO_2 dan H_2O , sehingga tidak ada lagi bahan bakar yang tersisa (Wiratmaja, 2010:18).

2.6. Kinerja Mesin

Pada motor bakar tidak mungkin bisa merubah semua energi bahan bakar menjadi daya yang berguna dan energi yang lainnya akan digunakan untuk menggerakkan asesoris, gesekan dan sebagian terbuang sebagai panas gas buang

dan melalui air pendingin. Jika digambarkan dengan hukum termodinamika kedua yaitu tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua energi panas yang masuk menjadi kerja (Raharjo dan Karnowo, 2008:93).



Gambar 2.7 Keseimbangan Energi Motor Bakar
(Gambar diperoleh dari taufiqurrokhman.wordpress.com)

Pada gambar diatas terlihat bahwa daya untuk menggerakkan asesoris dan untuk mengatasi gesekan 5% bagian.

2.6.1 Torsi

Torsi atau momen puntir adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja (Wiratmaja, 2010:98). Besar torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Piston bergerak menghasilkan gaya F yang memutar poros engkol dimana panjang engkol sebesar b , sehingga torsi dapat ditentukan dengan rumus:

$$T = F \times b \text{ (N.m)} \quad (1)$$

Keterangan:

T = torsi benda berputar (N.m)

F = gaya keliling dari benda yang berputar (N)

b = jari-jari engkol (jarak benda ke pusat rotasi (m))

2.6.2 Daya

Daya adalah besarnya kerja motor persatuan waktu (Arend dan Berenschot, 1980:18). Daya diukur menggunakan alat yang disebut dengan *dynamometer*. Untuk lebih mudah memahami dari masing-masing daya bisa dilihat dalam perumusannya dengan menggunakan satuan HP (Hourse Power).

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \text{ (HP)} \quad (2)$$

Keterangan:

N_e : daya efektif atau daya poros

N_i : daya indikator

N_g : kerugian daya gesek

N_a : kerugian daya asesoris

Performa mesin erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan dari mesin tersebut. Laju kerja dalam suatu waktu itulah yang disebut dengan daya. Jika ΔW yang dilakukan dalam selang waktu (Δt), maka daya rata-rata P dapat didefinisikan sebagai berikut (Team Toyota Astra Motor, 1990:10):

$$\text{daya rata - rata} = \frac{\text{kerja yang dilakukan}}{\text{selang waktu}}$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (3)$$

Daya motor dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut (Team Toyota Astra Motor, 1990:10):

$$P = \frac{2\pi \cdot T \cdot n}{75 \times 60} \quad (4)$$

Keterangan:

P = daya motor (1 hp = 0,7475 kW)

T = torsi motor (Nm)

n = putaran motor (rpm)

$\frac{1}{75}$ = faktor konversi satuan Nm menjadi satuan HP

$\frac{2\pi}{60}$ = faktor konversi kecepatan putar (rpm) ke kecepatan translasi (m/detik)

2.7. Nilai Oktan

Angka oktan merupakan acuan untuk mengukur kualitas dari bensin yang digunakan sebagai bahan bakar motor bensin. Oktan berasal dari oktana (C8)

dimana komposisi yang paling baik dari bahan bakar bensin. Mesin dengan rasio kompresi yang rendah dapat menggunakan bahan bakar dengan angka oktan yang lebih rendah, tetapi mesin kompresi tinggi harus menggunakan bahan bakar beroktan tinggi untuk menghindari penyalaan sendiri atau terjadi *knocking*. Untuk tekanan yang memiliki kompresi rendah tidak akan menjadi bertambah tenaganya walaupun dengan penambahan oktan yang tinggi. Angka oktan merupakan salah satu faktor utama untuk mengetahui kualitas bensin adalah nilai ketahanan suatu bahan bakar bersama dengan udara terhadap terjadinya penyalaan disaat langkah kompresi atau disebut dengan kemampuan anti ketukan. Proses pembakaran baru terjadi setelah busi menghasilkan loncatan bunga api listrik pada saat torak mendekati titik mati pada akhir langkah kompresi. Oleh karena itu angka oktan juga berkaitan dengan perbandingan kompresi dari motor.

Berhubungan dengan angka oktan ini maka ASTM (American Society for Testing and materials) menetapkan suatu standar penilaian anti ketukan dari suatu bahan bakar bensin. Standarisasi bahan bakar ini diharapkan industri otomotif dapat memproduksi motor yang dapat beroperasi tanpa terjadi ketukan dengan menggunakan kualitas bahan bakar yang sesuai (Philip, 2002:26-27).

2.8. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas dari reaksi pada volume konstan dan keadaan standar untuk pembakaran sempurna satu mol pada bahan bakar (Muhammad, 2013:31).

Adapun nilai kalor pada bahan bakar terdiri dari:

1) Nilai Kalor Atas

Nilai kalor atas atau *highest heating value (HHV)* atau *gross heating value (GHV)* merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar memperhitungkan panas kondensasi uap, jenis air yang dihasilkan dari pembakaran berwujud cair (Napitupulu, 2006:60).

2) Nilai Kalor Bawah

Nilai kalor bawah atau *lowest heating value (LHV)* merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas

kondensasi uap, jenis air yang dihasilkan dari pembakaran berwujud gas atau uap (Napitupulu, 2006:60).

Pada bahan bakar pertalite angka *highest heating value* yang dimiliki adalah sebesar 47500.12 kJ/kg. Sementara pada etanol angka *highest heating value* yang dimiliki sebesar 29710 kJ/kg.

2.9. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi ini merupakan perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya mesin yang digunakan. Konsumsi bahan bakar yang kemudian bisa diketahui adalah penggunaan bahan bakar yang irit atau tidak dalam suatu motor. Konsumsi bahan bakar dicari dengan persamaan:

$$Q_f = \frac{\Delta h_g A_g}{t} \quad (5)$$

dengan:

Δh_g : penurunan bahan bakar didalam gelas ukur, diambil 2,5 cm atau (5 garis)

A_g : luas penampang gelas ukur

t : waktu penurunan bahan bakar didalam gelas ukur (detik)

Konsumsi bahan bakar spesifik dicari dengan persamaan:

$$\text{SFC: } \frac{Q_f}{P}, \text{ cm}^3/\text{Joule} \quad (6)$$

Untuk mengetahui adanya perbedaan ketika penggunaan bahan bakar dengan campuran etanol atau murni maka perlu adanya pengukuran terkait dengan berkurangnya bahan bakar yang dapat diketahui dengan ukuran. Hal tersebut dapat ditentukan dengan beberapa faktor, meliputi volume tabung yang digunakan. Berikut rumus volume tabung:

$$\text{volume} = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (7)$$

Keterangan:

Π = 3,14 atau 22/7 ketetapan ukuran lingkaran

r = jarak poros dengan lingkaran

t = tinggi tabung

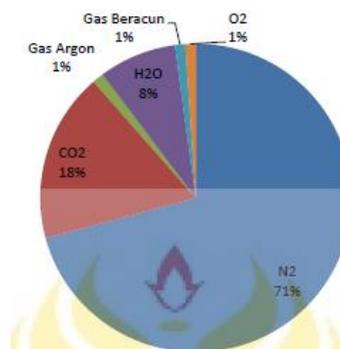
2.10. Emisi Gas Buang

Ellyanie (2011:438) menjelaskan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara terdiri dari komponen gas yang sebagian besar merupakan polusi bagi lingkungan hidup. Besarnya emisi gas buang pada motor bensin tersebut akan seiring dengan besarnya penambahan jumlah campuran udara dan bahan bakar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kaya campuran udara dan bahan bakar maka akan semakin besar konsentrasi NO_x , CO dan HC, sementara semakin kurus campuran udara dan bahan bakar maka konsentrasi NO_x , CO, dan asap, akan tetapi HC sedikit mengalami peningkatan (Arifin dan Sukoco, 2009:35). Berikut uraian yang terkandung dari emisi gas buang:

- a. Karbon monoksida (CO) adalah gas berwarna, tak berbau dan tak berasa. CO merupakan karbon yang berikatan dengan satu atom Oksigen. Memiliki densitas (massa setiap satuan volume benda) 0.789 g/cm^3 , liquid 1.250 g/L at 0°C , 1 atm, dan 1.145 g/L pada 25°C , 1 atm (lebih ringan dari udara). Dengan titik lebur -205°C (68 K) yang titik didihnya -192°C (81 K) serta kelarutan dalam air 0.0026 g/100 mL (20°C). Karbon monoksida merupakan pembakaran tidak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam.
- b. NO_x merupakan kelompok gas nitrogen yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2). Kedua gas tersebut diketahui sebagai bahan pencemaran udara. Pembentukan NO dan NO_2 merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO yang kemudian bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 . NO_x di udara dapat mengakibatkan pencemaran yang menimbulkan Peroxy Acetil Nitrates (PAN), hal ini dapat menyebabkan iritasi pada mata sehingga mata perih dan berair.
- c. Hidrokarbon atau HC merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin. HC yang ada pada gas buang adalah senyawa yang tidak terbakar habis dalam proses pembakaran motor, HC diukur dalam satuan ppm (part per million). Penyebab emisi hydrocarbon ada beberapa macam, misalnya tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna, tidak terbakarnya minyak pelumas pada silinder. Emisi

hydrocarbon ini berbentuk seperti metan yang menyebabkan leukimia dan kanker.

Pada reaksi pembakaran aktual, diusahakan agar tidak menghasilkan gas CO karena bersifat racun. Pembakaran sempurna pada mesin sangat sulit untuk didapatkan sehingga, dihasilkan gas-gas hasil pembakaran yang berbahaya dan beracun seperti CO, NO_x, HC, SO_x, dan Pb (Arijanto dan Haryadi, 2006:21). Karena itu penurunan kadar karbon monoksida akan tergantung pada pengendalian emisi seperti penggunaan bahan katalis yang mengubah bahan karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan penggunaan bahan bakar terbarukan yang rendah polusi bagi kendaraan bermotor. Gas buang pada umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun N₂ (nitrogen), CO₂ (Karbon dioksida) dan H₂O (Uap Air). Sebagian kecil merupakan gas beracun seperti NO_x, HC, dan CO (Arifin dan Sukoco, 2009:34).



Gambar 2.8 Konsentrasi Emisi Kendaraan Bermotor
(Gambar diperoleh dari Skripsi Yuda Helmi 2018)

Keterangan diatas telah menjabarkan terkait dengan konsentrasi emisi gas yang semestinya. Oleh karena itu juga di beberapa negara di dunia sudah menetapkan standart emisi gas yang bisa digunakan di negaranya agar mencegah adanya pencemaran udara berlebihan, berikut data standar emisi gas dunia:

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Beijing	China 4			Beijing 5 / China 5			Beijing 6 (proposed)							
China - nationwide	China 3	China 4					China 5		China 6					
India - large cities	Bharat III	Euro 4							Bharat VI					
India - nationwide	Bharat II	Bharat III					Bharat IV		Bharat VI					
Indonesia	Euro 2								Euro 4/IV					
Thailand	Euro 3/III		Euro 4											
Vietnam	Euro 2								Euro 4					Euro 5
Philippines	Euro 2							Euro 4						
Brazil	Proconve L-5				Proconve L-6									
Turkey	Euro 4	Euro 5					Euro 6							

Gambar 2.9 Standar Emisi 2013

(Gambar diperoleh dari www.otomotif.kompas.com)

Standar emisi Euro adalah standar yang digunakan negara Eropa untuk kualitas udara di negara Eropa. Semakin kecil batas kandungan gas karbon dioksida, nitrogen oksida, karbon monoksida, *volatile hydro carbon* dan partikel lain yang berdampak negatif pada manusia dan lingkungan. Berikut spesifikasi kendaraan standar Euro:

1) Euro-I

Batas emisi Euro-I (bensin) CO: 2,72g/km, HC + NO_x : 0,97g/km

2) Euro-II

Batas emisi Euro-II (bensin) CO: 2,20g/km, HC + NO_x : 0,50g/km

3) Euro-III

Batas emisi Euro-III (bensin) CO: 2,30g/km, HC + NO_x : 0,20g/km

4) Euro-IV

Batas emisi Euro-IV (bensin) CO: 1,00g/km, HC: 0,10g/km, NO_x: 0,08g/km

5) Euro-V

Batas emisi Euro-V (bensin) CO: 1,00g/km, HC: 0,10g/km, NO_x: 0,06g/km,

6) Euro-VI

Batas emisi Euro-VI (bensin) CO: 1,00g/km, HC: 0,10g/km, NO_x: 0,06g/km,

Penjabaran diatas menjelaskan bahwa Euro IV memiliki batas emisi kandungan Karbon monoksida (CO) 1,00g/km, Hidrokarbon (HC) 0,10g/Km dan nitrogen oksida (NO_x) 0,08g/km. Mengikuti standar euro IV harus memiliki kualitas bahan bakar yang memadai, dalam hal ini menjadi tugas Pertamina untuk memenuhi standar BBM untuk mesin Euro IV. Desain mesin dibuat lebih rapat dan ditambahkan alat katalitik konverter untuk pembakaran bahan bakar lebih sempurna dan gas buang sesuai standar. Indonesia sejak tahun 2018 sudah mulai memberlakukan Euro IV aturan ini di keluarkan melalui peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 untuk kendaraan tipe baru M,N dan O atau leboh dikenal dengan Emisi Euro IV. Penetapan ini diharapkan agar meminimalisir adanya pencemaran udara.

Untuk mencegah atau mengurangi besarnya polusi yang dikandung oleh gas buang kendaraan bermotor, khususnya CO, HC dan NO_x. Berikut beberapa hasil riset tentang gas buang yang disimpulkan:

1. Penggunaan campuran kurus

Hubungan antara campuran dengan kadar CO, HC, NO_x dari gas buang, yang mana konsentrasi emisi CO dan HC menurun pada saat NO_x meningkat seiring dengan campuran kurus (campuran dengan bahan bakar dan udara tetapi udaranya lebih banyak) dan sebaliknya.

2. Memperlambat saat pembakaran

Saat pembakaran diperlambat maka hasil HC dan NO_x akan berkurang. HC menurun karena adanya perlambatan timing pengapian temperatur pembuangan dan akan menjadi tinggi jika HC terbakar lebih baik pada sistem pembuangan. NO_x akan berkurang jika yang diperlambat timing pengapiannya dan hal tersebut akan menghasilkan kecepatan pembakaran yang berkurang pula namun juga menyebabkan temperatur pembakaran lebih rendah.

3. Mempertinggi putaran mesin

Mempertinggi putaran mesin akan berdampak pada pengabutan bahan bakar menjadi lebih baik, berarti distribusi setiap silindernya menjadi lebih baik serta akan menyebabkan kondisi pembakarannya menjadi sempurna serta kadar HC menjadi lebih sedikit tetapi karena temperatur pembakaran tinggi maka kadar NO_x akan bertambah.

4. Memperbesar *engine load*

Memperbesar *engine load*, temperatur pembakaran menjadi tinggi menyebabkan NO_x bertambah. Pada keadaan ini pembakaran menjadi lebih baik, HC menjadi turun tetapi biasanya beban akan naik jika digunakan campuran bahan bakar yang lebih banyak yang menyebabkan kadar HC menurun relatif lebih kecil.

5. *Tune-up*

Tune-up secara rutin akan mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor. *Tune-up* adalah penyetelan kendaraan seperti semula sesuai dengan spesifikasi dan standarisasi pabrik sehingga kendaraan dapat berjalan normal dan daya yang maksimal.

6. Perbaiki kualitas bahan bakar

Agar emisi yang dihasilkan oleh kendaraan tidak menjadi polutan sebaiknya menambahkan zat adiktif seperti senyawa alkohol (etanol) yang secara ekonomis baik dan tidak membahayakan lingkungan dan dapat menurunkan kadar emisi yang cukup tajam. Etanol juga memiliki sifat anti *knocking* dan nilai oktan yang tinggi.

2.11. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Yuda Helmi pada tahun 2018 melaporkan bahwa campuran bahan pertalite dengan bioetanol terbukti mampu meningkatkan prestasi mesin dan mereduksi emisi gas buang. Peningkatan torsi dan daya engkol terbaik didapatkan pada saat menggunakan bahan bakar campuran pertalite dan

bioetanol 15% (E₁₅) pada putaran mesin 2500 rpm dan bukaan katup dinamometer satu putaran yaitu 9,25% dan 10,4%. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik dengan kapasitas dan daya ukur yang sama pada bukaan katup dinamometer 0,5 putaran, yaitu sebesar 12,99%. Penurunan kadar CO dan HC terbaik diperoleh pada saat penggunaan bahan bakar E₁₅ yaitu sebesar 48,46% dan 47,71%.

2. Yongki Solendra tahun 2019 melaporkan bahwa bahan pertalite dengan etanol menggunakan alat uji *dynotest* memiliki pengaruh serta perubahan terhadap performa mesin sepeda motor empat langkah. Hasil terbaik didapatkan pada campuran etanol sebanyak 5% dan pertalite 95% dimana mampu meningkatkan torsi sebesar 12,07 N.m pada 5000 rpm dibandingkan dengan pertalite murni yang hanya memiliki 11,82 N.m atau selisih torsi 0,25 N.m. sementara pada daya mampu menghasilkan daya sebesar 8,7 HP pada 5000 rpm dan konsumsi bahan bakar jauh lebih irit.
3. Muhamad Rifal dan Wawan Rauf pada tahun 2018 melaporkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran E₄₀ adalah 14,3% lebih hemat daripada pembakaran pertalite murni.