

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Turnip (2010) menjelaskan bahwa biodiesel merupakan pengganti bahan bakar solar atau fosil yang berasal dari minyak nabati dan sifatnya dapat diperbaharui. Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel antara lain jarak dan kelapa sawit. Keunggulan dari biodiesel adalah proses pembuatan yang mudah, ramah lingkungan, dan bisa dipakai di sebagian besar merek kendaraan saat ini. Biodiesel dihasilkan melalui proses reaksi antara minyak nabati dengan *methyl alcohol* atau *ethyl alcohol* dalam suatu lingkungan yang diberi katalis. *Pottassium hydroxide* (KOH) atau *sodium hydroxide* (NaOH) merupakan katalis yang biasa dipakai. Transesterifikasi adalah proses kimiawi yang hasil akhirnya adalah biodiesel dan gliserin. Biodiesel bisa digunakan di mesin diesel dalam bentuk murni (100% biodiesel) atau bisa juga dicampur dengan solar.

Hofman (2003) menjelaskan bahwa energi yang terkandung di dalam bahan bakar dinyatakan dengan nilai kalor. Besar energi yang terkandung berhubungan dengan nilai kalor, semakin tinggi nilai kalornya semakin besar energi yang terkandung. Untuk menghasilkan daya yang besar mesin harus memerlukan bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi. Apabila mesin menggunakan bahan bakar dengan nilai kalor rendah mesin akan membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak untuk menghasilkan daya yang sama.

Sari (2007) menyatakan bahwa tanaman jarak adalah salah satu bahan baku minyak nabati, tanaman jarak memiliki nilai kalor yang hampir sama dengan bahan bakar konvensional. Untuk penggunaan secara langsung sebagai bahan bakar menemui kendala, karena minyak nabati memiliki viskositas lebih besar dari minyak diesel. Hal ini mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna dan menghambat proses injeksi. Untuk mengurangi viskositas minyak nabati antara lain dengan pengenceran minyak dengan pelarut, emulsifikasi, pirolisis, dan transesterifikasi.

Kurdi (2006) melakukan pengujian uji kerja (*performance*) mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel dari bahan baku minyak jarak. Pengujian awal dengan membuat biodiesel dari minyak jarak. Minyak jarak dicampur metanol dengan rasio sebesar 5:1. Biodiesel yang dihasilkan kemudian di uji sifat fisiknya antara lain kandungan energi yang terdapat di dalamnya, viskositas dan angka setana (*Cetane number*). Hasil pengujian sifat fisik didapatkan nilai kandungan energi sebesar 9.4% lebih kecil dibandingkan dengan minyak solar, hasil dari pengujian biodiesel pada mesin diesel dengan putaran 3.500 rpm terdapat penurunan daya sebesar 4.5% dengan bahan bakar B10. Penurunan tersebut di sebabkan nilai kandungan energi lebih rendah 9.4% dibandingkan minyak solar. Meskipun nilai kandungan energi rendah pada biodiesel dibandingkan minyak solar, apabila minyak solar tersebut di campurkan dengan biodiesel dengan komposisi tertentu dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik dari minyak solar murni itu sendiri. Berikut tabel mengenai sifat fisika dan kimia minyak jarak pagar.

Tabel 2.1 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jarak Pagar (Achten dkk, 2008)

Karakteristik	Nilai
Wujud	Cairan
Warna	Bening berwarna kuning dan tidak menjadi keruh meski disimpan dalam waktu yang lama
$\rho = 78^{\circ}\text{C}$	0,8783 kg/liter
$\mu = 20$	71 cp
Indeks Bias	1,477 – 1,478
Angka Iodiu m	102,8 – 103,1
Angka Penyabunan	176 – 181
% FFA (asam oleat)	5 – 80%
Bilangan Asam	0,4 - 4,0
Kelarutan dalam alkohol (20°C)	Jernih (tidak keruh)
Bilangan Asetil	145-154
Titik Nyala	210 - 240 °C
Tegangan Permukaan pada 20°C	

Susila (2005) melakukan analisa tentang pengembangan kelapa sawit di Indonesia. Proses Analisa meliputi pengumpulan data dan analisis data dari

Lembaga riset perkebunan Indonesia dan Lembaga – Lembaga lain yang terkait. Produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2004 mencapai 25,67 juta ton. Kelapa sawit adalah salah satu bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Pengembangan biodiesel di Indonesia dengan bahan baku kelapa sawit memiliki prospek yang baik karena ketersediaan bahan baku yang mendukung untuk pengembangan biodiesel tersebut.

Turnip (2010) melakukan penelitian mengenai pengujian dan analisa performansi motor bakar diesel menggunakan biodiesel minyak sawit. Biodiesel campuran yang digunakan adalah B01 dimana mengandung 10% biodiesel dan 90% solar, serta B02 dimana mengandung 20% biodiesel dan 80% solar. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa daya listrik yang dihasilkan terendah B02 pada beban 10 kg dan putaran 1000 rpm yaitu 3,2970 kW, serta SFC pada B01 tertinggi pada pembebanan 10 kg dan putaran 1000 rpm sebesar 4094,156743g/kWh.

Tommy (2013) melakukan analisa penelitian mengenai pengujian biodiesel minyak jarak-minyak sawit. Pengujian dimulai dengan menguji sifat fisik biodiesel, pengujian biodiesel pada mesin diesel, pengujian karakteristik injeksi biodiesel, analisis data dan kesimpulan. Hasil penelitian diperoleh bahwa bahan bakar biodiesel B5 dan B10 memiliki daya lebih rendah dari bahan bakar diesel. Biodiesel yang memiliki kekuatan tertinggi BJBS 55 B5 dengan daya 1,672 kW atau 2,90% pada beban maksimum. Konsumsi bahan bakar spesifik pada biodiesel B5 dan B10 lebih rendah dari bahan bakar diesel atau lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar. Hasil uji karakteristik injeksi menunjukkan bahwa biodiesel B5 dan B10 memiliki panjang semprotan dan sudut semprotan lebih kecil dari bahan bakar diesel. Semprotan terpanjang dan sudut semprotan terkecil ditemukan di BJBS 91 B10 dengan perbedaan 116,4 mm lebih lama dari semprotan bahan bakar diesel dan perbedaan sudut-sudut $2,15^{\circ}$ di bawah bahan bakar diesel dalam 0,01 detik.

Susila (2013) melakukan penelitian mengenai pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis CaO yang disinari dengan gelombang mikro. Dalam penelitian tersebut mempelajari kondisi optimum minyak Biodiesel dari minyak sawit dengan reaksi metanolisis katalis heterogen kalsium oksida (CaO)

komersial dibantu oleh penyinaran gelombang mikro. Perlakuan awal katalis untuk mendapatkan kondisi optimum telah dilakukan kalsinasi pada 500°C selama 1 jam. Pengurangan FFA mencapai 0,2% dengan esterifikasi. Hasil biodiesel dianalisis dengan gas kromatografi untuk mengukur total konversi metil ester. Kondisi optimum untuk transesterifikasi adalah 400 watt dengan katalis 5% CaO dari berat minyak, memiliki yield biodiesel 75,60% dan konversi metil ester 92%. Secara umum, kualitas produk biodiesel dalam percobaan ini tidak dapat memenuhi persyaratan standar biodiesel secara komersial. Berikut senyawa yang terkandung dari biodiesel minyak sawit pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Senyawa yang terkandung dari biodiesel minyak sawit Susila (2013)

No	Nama Senyawa	Puncak	Presentase (%)
1	C16:0 (methyl Palmitate)	1	9,8
2	C16:1 (methyl palmitoleate)	2	0,041
3	C18:0 (methyl stearate)	3	1,078
4	C18:1 (methyl oleate)	4	9,227

Dari tabel di atas terlihat bahwa biodiesel dari minyak sawit memiliki senyawa utama metil ester antara lain metil palmitat, metil palmitoleat, metil stearat dan metil oleat dimana konversi tertinggi dimiliki oleh metil palmitat karena asam lemak ini merupakan asam lemak dominan pada minyak kelapa sawit.

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas dapat disimpulkan bahwa biodiesel merupakan bahan bakar pengganti solar atau fosil yang berasal dari minyak nabati yang sifatnya dapat diperbaharui. Bahan baku yang dapat digunakan salah satunya dari minyak jarak dan minyak sawit dengan melalui proses transesterifikasi. Minyak jarak dan minyak sawit dapat digunakan sebagai biodiesel karena sifat fisiknya hampir mendekati sifat fisik solar.

2.2.1 Landasan Teori

2.2.2 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar adalah bahan yang digunakan dalam proses pembakaran sehari-hari dan bahan bakar sudah menjadi kebutuhan manusia. Sedangkan persediaan bahan bakar di Indonesia sudah semakin menipis. Bahan bakar diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu bahan bakar berbentuk cair, gas, dan

padat. Bahan bakar berbentuk cair diperoleh dari minyak bumi yang dalam kelompok ini ialah bensin dan minyak bakar, kemudian kerosin dan bahan bakar padat (Fuhaid, 2011). Ketersediaan bahan bakar minyak bumi mulai menipis seiring penggunaannya yang semakin meningkat. Sehingga penggunaan bahan bakar minyak bumi perlu dikurangi dengan mengalihkan ke bahan bakar lain yang dapat diperbaharui.

Salah satu energi terbarukan adalah biodiesel yang mana untuk menggantikan bahan bakar minyak solar (Sari dan Pramono, 2012). Bahan untuk membuat bahan bakar biodiesel salah satunya menggunakan minyak sawit, minyak jarak, dan lain-lain.

2.2.3 Minyak Sawit

Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti kelapa sawit (*palm karnel oil*) dan bungkil inti kelapa sawit (*palm karnel meal atau pellet*). Minyak kelapa sawit mengandung beberapa asam lemak yaitu asam kaprilat, asam kaproat, asam laurat, asam palmiat, asam stearat, asam oleat, dan asam linoleat.

Menurut Sari dan Pramono (2012) menyatakan bahwa kandungan minyak terdapat pada mesocarp dengan 56% kadar minyak, sedangkan pada inti (karnel) mengandung kadar minyak sebesar 44% dan pada endocarp tidak terdapat kandungan minyak. Minyak sawit kebanyakan digunakan sebagai bahan baku untuk membuat minyak. Selain sebagai bahan untuk pembuatan minyak goreng, minyak sawit juga dapat dimanfaatkan untuk membuat biodiesel.

2.2.4 Minyak Jarak

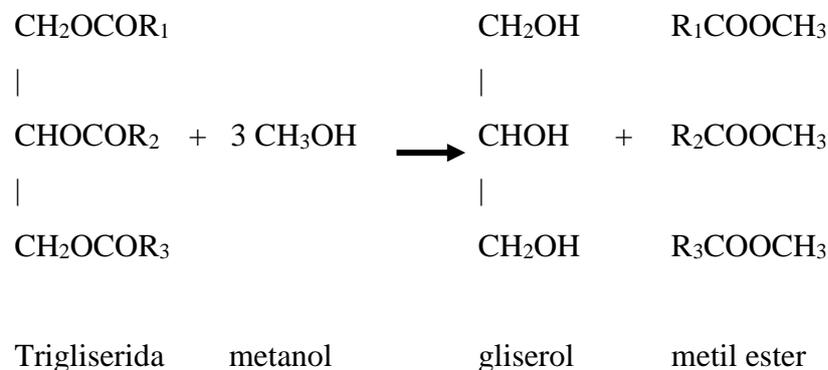
Sari (2007) menyatakan bahwa tanaman jarak adalah salah satu bahan baku minyak nabati, tanaman jarak memiliki nilai kalor yang hampir sama dengan bahan bakar konvensional. Jarak merupakan tanaman semak yang dapat tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3-5 meter. Minyak jarak diperoleh dari biji dengan metode pengempaan panas atau dengan ekstraksi pelarut. Minyak jarak tidak dapat dikonsumsi manusia karena mengandung racun yang disebabkan adanya senyawa ester forbol (Syah, 2006). Komponen asam lemak terbanyak dalam minyak adalah oleat.

Tanaman jarak memiliki kandungan minyak sekitar 30-50%. Minyak jarak mengandung 16-18 atom karbon sedangkan minyak bumi yang digunakan untuk bahan baku minyak solar mengandung 8-10 atom karbon. Tingginya kandungan atom karbon pada suatu minyak akan berpengaruh terhadap tingkat viskositas. Semakin tinggi nilai atom maka viskositasnya juga akan semakin tinggi. Salah satu kekurangan dari minyak jarak yaitu daya pembakaran yang masih rendah untuk dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar (Said dkk, 2010).

2.2.5 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif yang terbuat dari sumber daya hayati terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani (Ma dan Hanna, 2001). Biodiesel direaksikan dengan *methyl alcohol* atau *ethyl alcohol* dalam suatu lingkungan yang diberi katalis. *Pottassium hydroxide* (KOH) atau *sodium hydroxide* (NaOH) merupakan katalis yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel tersebut dinamakan transesterifikasi dengan hasil akhir yang berupa biodiesel dan gliserol. Secara kimiawi, biodiesel disebut *methyl ester* apabila alkohol yang digunakan adalah metanol dan *ethyl ester* jika yang digunakan etanol (Kurdi, 2006).

Apabila alkohol direaksikan dengan metanol, maka akan didapat metil ester, sedangkan jika direaksikan dengan etanol akan didapat etil ester. Metanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alkohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dari alkohol lainnya (Ma dan Hanna, 2001). Gambar 2.1 menunjukkan reaksi pembentukan metil ester.



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Metil Ester

Dimana R_1 , R_2 , R_3 adalah rantai panjang hidrokarbon atau biasa disebut rantai asam lemak. Metil ester yang diproduksi sebagai pengganti bahan bakar konvensional minyak bumi, harus memenuhi standar biodiesel. Legowo dkk. (2001), menyebutkan ciri biodiesel secara umum meliputi densitas, viskositas kinematik, bilangan setana, kalor pembakaran, titik tuang, titik pijar, dan titik awan.

2.2.6 Standar Mutu Biodiesel

Mutu biodiesel di Indonesia berdasarkan standar SNI Biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015. Berikut standar SNI Biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 standar SNI biodiesel (SNI 7882, 2015)

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m ³	850 - 890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3 - 6,0
3	Angka setana	Min	51
4	Titik nyala	°C, min	100
5	Titik Kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Nomor 1
7	Residu karbon - Dalam percontoh asli, atau - Dalam 10% amplas distilasi	%- massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%- massa, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Asbu tersulfatkan	%- massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%- massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%- massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%- massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g), maks	115
18	Kestabilan oksida - Periose induksi metode rancimat - Periose induksi metode petro oksidasi	Menit	480 36
19	Monoglisenda	%- massa, maks	0,8

2.2.7 Karakteristik Biodiesel

Bahan bakar motor diesel juga memiliki beberapa karakteristik atau sifat yang dapat mempengaruhi unjuk kerja. Berikut beberapa karakteristik bahan bakar diesel.

2.2.7.1 Viskositas

Viskositas (kekentalan) merupakan sifat instrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, yang disebabkan oleh gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain yang mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran sehingga terbentuk pengendapan pada mesin (Tommy, 2017:12).

Pada umumnya viskositas minyak nabati jauh lebih tinggi dibandingkan viskositas solar, sehingga biodiesel turunan minyak nabati masih mempunyai hambatan untuk dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar. Standar *kinematik viscosity* dari biodiesel adalah sebesar 2,3 cSt sampai 6 cSt (Gusman, 2011:33). Jika harga viskositas terlalu tinggi maka akan besar kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa akan berat, penyaringannya sulit dan kemungkinan kotoran ikut terendap besar, serta sulit mengabutkan bahan bakar.

2.2.7.2 Titik Nyala (*flash point*)

Menurut Sudik (2013) titik nyala adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara. Bila nyala terus terjadi secara menerus maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpanannya (Widyastuti, 2007).

2.2.7.3 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen (Hendartono, 2005). Nilai kalor yang semakin tinggi dalam bahan bakar maka akan semakin besar energi yang dikandung dalam bahan bakar persatuan massa. Nilai kalor ini diperlukan untuk perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang diperlukan mesin dalam satu periode.

2.2.7.4 Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar (Arpiwi, 2015). Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

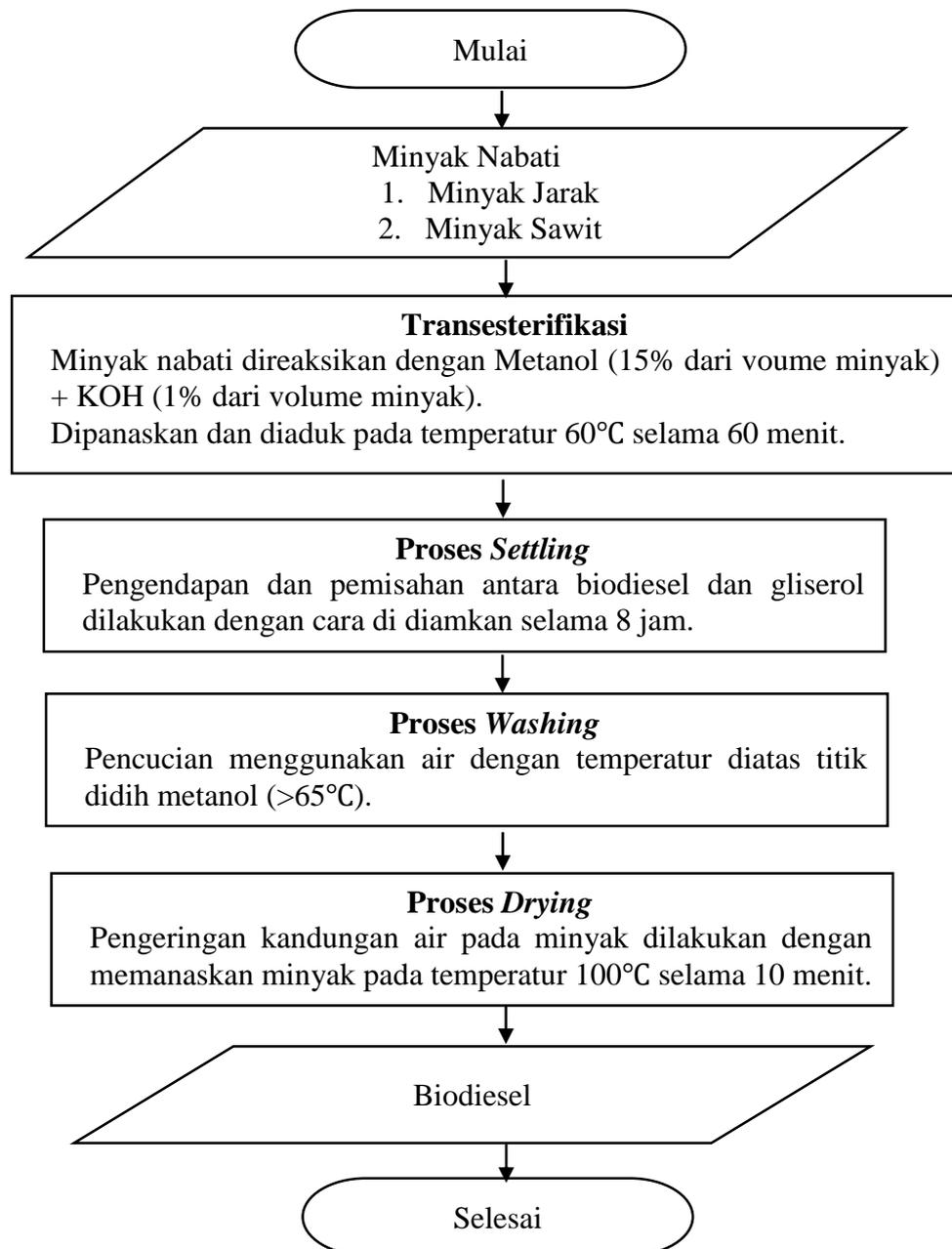
ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa (kg)

v = volume (m^3)

2.2.8 Proses Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel melalui reaksi trans-esterifikasi. Transesterifikasi adalah proses reaksi antara lemak atau minyak nabati dengan alkohol yang menghasilkan ester dan gliserol sebagai produk sampingannya. Syarat suatu minyak untuk dapat dilakukan proses trans-esterifikasi secara langsung yaitu yang memiliki kadar asam lemak bebas kurang dari 2.5% (Leung, 2009). Secara sederhana, proses pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Proses Pembuatan Biodiesel

Menurut (Uji LPPT UGM) Minyak jarak memiliki kadar asam lemak bebas sebesar 0.70%, sedangkan minyak sawit memiliki kadar asam lemak bebas sebesar 0.06%. Sehingga kedua minyak tersebut telah memenuhi syarat proses transesterifikasi secara langsung tanpa melalui proses esterifikasi.

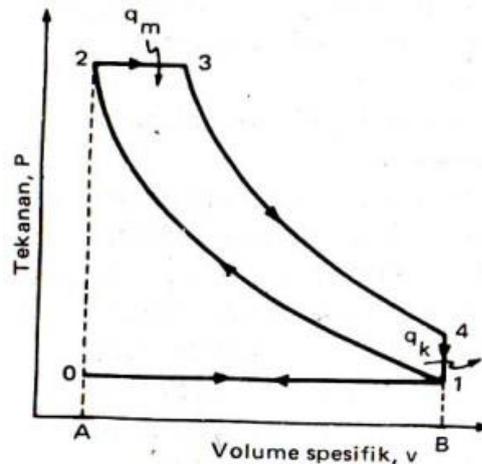
2.2.9 Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu pesawat kalor yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik untuk melakukan kerja. Mesin kalor secara garis besar di kelompokkan menjadi dua jenis pembakaran yaitu pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), dan pembakaran luar (*External Combustion Engine*). Motor bakar dalam adalah proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin atau ruang bakar yang berada di dalam mesin. Motor bakar luar adalah suatu motor dimana proses pembakarannya di luar dari mekanisme mesin. Jenis mesin pembakaran dalam adalah motor diesel, turbin gas dan motor bensin, sedangkan yang termasuk pembakaran luar adalah turbin uap (Wardono. dkk, 2004).

2.2.10 Motor Diesel

Motor diesel merupakan salah satu jenis motor pembakaran dalam yang membakar bahan bakar melalui proses injeksi sampai panas tertentu, dengan tekanan udara yang tinggi dalam ruang bakar. Motor diesel biasa disebut dengan penyalaan kompresi (*compression ignition engine*) cara penyalaan bahan bakarnya dengan menyemprotkan bahan bakar yaitu solar ke dalam udara yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi (Nuruzzaman, 2003).

Pada motor diesel terdapat suatu proses pemasukan dan pengeluaran kalor dengan tekanan konstan atau biasa disebut dengan siklus udara tekanan konstan (siklus diesel). Siklus udara tekanan konstan merupakan siklus motor bakar torak yang terjadi ketika pemasukan dan pengeluaran kalor terjadi pada kondisi tekanan konstan. Jenis siklus ini terjadi motor diesel. Gambar siklus mesin diesel dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siklus Mesin Diesel (Ideal)
(J. Trommel, 1991)

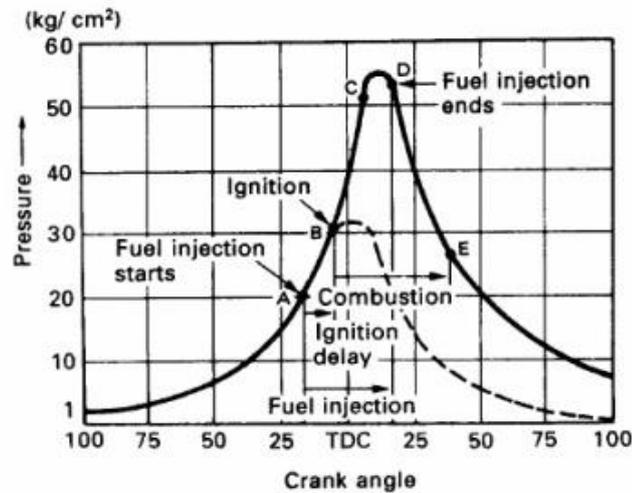
Proses dari siklus tersebut yaitu :

- 0-1 : Langkah hisap, tekanan (p) konstan (isobarik)
- 1-2 : Langkah kompresi, tekanan (p) bertambah (adiabatik)
- 2-3 : Proses pemasukan kalor (isobarik)
- 3-4 : Proses ekspansi (adiabatik)
- 4-1 : Proses pengeluaran kalor (isokhorik)
- 1-0 : Langkah buang, tekanan (p) konstan (isobarik)

2.2.11 Proses Pembakaran Mesin Diesel

Proses pembakaran adalah suatu proses perubahan tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanik yang terjadi pada suatu mesin. Dalam suatu proses pembakaran di dalam silinder terjadi pembakaran antara bahan bakar dan oksigen yang berasal dari udara. Proses pembakaran menghasilkan gas yang mampu menggerakkan torak yang dihubungkan dengan poros engkol (*crankshaft*) oleh batang penggerak (*connecting rod*) (Nuruzzaman, 2003). Syarat-syarat yang sangat penting dari proses pembakaran pada motor diesel diantaranya adalah emisi yang rendah, pemakaian bahan bakar yang hemat, dan suara pembakaran yang rendah.

Proses pembakaran pada motor diesel berlangsung dalam empat periode sebagai berikut.



Gambar 2.4 Diagram Proses Pembakaran Motor Diesel
(Isuzu Training Center, 2011)

1. Periode pertama : kelambatan pembakaran / *ignition delay* (A - B) periode ini biasa disebut dengan fase persiapan pembakaran, karena pada tahap ini, dimana bahan bakar mulai diinjeksikan oleh nosel injektor sehingga bahan bakar mulai bercampur dengan udara yang sudah dikompresikan di dalam silinder.
2. Periode kedua : saat perambatan api / *flame propagation* (B - C) campuran bahan bakar dan udara akan mulai terbakar di beberapa titik di dalam ruang bakar silinder. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi seolah – olah campuran bahan bakar terbakar sekaligus. Pada periode perambatan api ini akan mengakibatkan tekanan di dalam silinder naik. Kenaikan pada periode ini, sesuai dengan jumlah campuran bahan bakar dan udara yang diinjeksikan pada langkah pertama. Periode ini sering disebut periode pembakaran letup.
3. Periode ketiga : saat pembakaran langsung / *direct combustion* (C – D) akibat nyala api di dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan akan langsung terbakar. Pembakaran pada periode ini dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan, oleh karena itu periode ini sering disebut juga dengan periode pembakaran terkontrol.

4. Periode keempat : saat pembakaran lanjut / *after burning* (D – E) Meskipun injeksi bahan bakar telah selesai, keadaan proses pembakaran sempurna belum sepenuhnya tercapai pada titik D sehingga masih ada proses pembakaran pada titik D -E. Pembakaran pada periode ini berfungsi untuk membakar sisa campuran bahan bakar dan udara yang belum sepenuhnya terbakar.

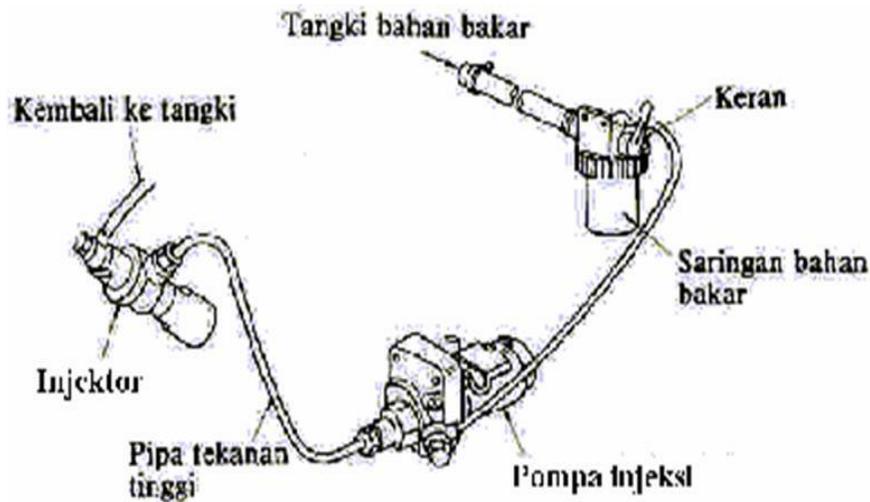
Proses pembakaran empat periode ini sangat berhubungan erat dengan tingkat efektifitas dari suatu kerja mesin. Efektifitas dari suatu mesin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu karakteristik dari bahan bakar yang digunakan.

Mengetahui karakteristik dari suatu bahan bakar sangat penting, karena berhubungan dengan kualitas penyalaan (*ignition quality*). Kualitas penyalaan ini sangat berkaitan dengan apa yang disebut "*ignition delay*". Semakin pendek *ignition delay* maka semakin baik pula kualitas penyalaannya.

2.2.12 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar (*fuel system*) pada motor diesel memiliki peranan yang sangat penting dalam menyediakan dan menyuplai bahan bakar ke dalam ruang bakar sesuai dengan kapasitas mesin, putaran mesin dan pembebanan mesin. Oleh karena itu, performa dari *fuel system* akan sangat mempengaruhi kinerja dari motor diesel.

Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak silinder tunggal (horizontal) yaitu : tangki bahan bakar, keran, saringan bahan bakar (fuel filter), pompa injeksi bahan bakar, pipa tekanan tinggi dan pengabut (*nozzle*) (Rabiman dan Zainal Arifin, 2011).



Gambar 2.5 Skema aliran bahan bakar motor diesel

(Dikmenjur, 2004)

Cara kerja sistem bahan bakar pada motor diesel secara umum yaitu : ketika keran bahan bakar diputar ke posisi membuka maka bahan bakar mengalir ke pompa injeksi melalui saringan bahan bakar (*fuel filter*). Saat mesin berputar, pompa injeksi berkerja memompakan bahan bakar ke injektor melalui pipa tekanan tinggi. Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengakibatkan pegas penahan katup nosel di dalam injektor terdesak (membuka nosel) dan bahan bakar terinjeksikan kedalam ruang bakar. Setelah proses injeksi selesai, maka katup akan menutup kembali karena adanya pegas kembali. Aliran bahan bakar pada setiap komponen sistem bahan bakar tersebut diatas bila dibuat kedalam diagram alir adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Diagram aliran system bahan bakar

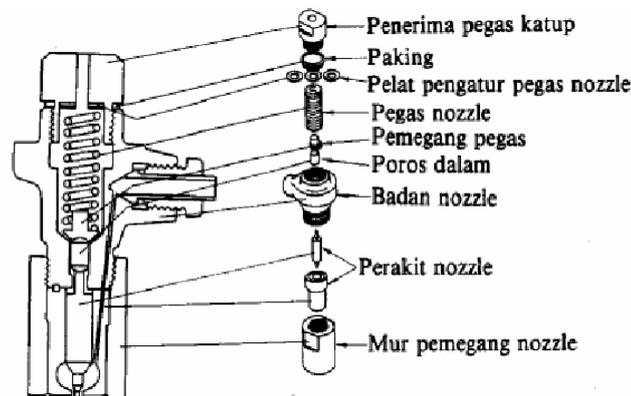
(Dikmenjur, 2004)

2.2.13 Injektor dan Nosel

Fungsi injektor adalah untuk menghantarkan bahan bakar dari pompa injektor ke dalam silinder di setiap akhir langkah kompresi dimana piston

mendekati titik mati atas (TMA). Injektor dirancang mengubah tekanan bahan bakar dari pompa injektor yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan antara 60 sampai 200 kg/cm², sehingga menyebabkan peningkatan suhu pembakaran di dalam silinder meningkat.

Nosel merupakan salah satu bagian dari injektor yang berfungsi sebagai penyemprot bahan bakar ke dalam ruang bakar.



Gambar 2.7 Kontruksi Injektor

(Dikmenjur, 2004)

Nosel adalah komponen pada setiap bagian ujung injektor. Nosel terdiri dari body dan jarum nosel yang dihubungkan dengan pegas injektor melalui *pressure spindle*. Besarnya tekanan pengabut melalui tegangan pegas yang menekan jarum nosel. Bila tekanan yang diinginkan lebih tinggi, maka tinggal mengencangkan baut penyetel (*adjusting screw*) dan mengunci dengan mur pengunci (*lock nut*) dan sebaliknya.

Cara kerja injektor yaitu bahan bakar yang ditekan oleh pompa injeksi masuk ke injektor melalui saluran tekan dengan tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar akan mendorong jarum pengabut keatas melawan tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang injektor dan bahan bakar masuk kedalam silinder. Pada saat proses penginjeksian, sebagian dari bahan bakar tidak ikut terinjeksi dan kemudian disalurkan kembali ketangki bahan bakar melalui saluran balik.

2.2.14 Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam setiap detik (Tipler,2010). Jika dalam waktu t detik sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar W , maka daya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana, P : Daya (Joule/detik) atau Watt

W : Usaha (Joule)

t : Waktu (detik)

1 joule/detik = 1 watt atau 1 J/s = 1 W

Karena $W = VIt$, maka pada persamaan (2.2) menjadi:

$$P = \frac{VIt}{t} \text{ atau } P = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana, P : Daya (watt)

V : tegangan/beda potensial (volt)

I : Arus (ampere)

2.2.15 Konsumsi Bahan Bakar

Dalam pengujian kinerja mesin diesel, besarnya daya suatu mesin diesel merupakan hasil dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang silinder. Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (sfc) merupakan perolehan besaran ruang dengan banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin diesel dibandingkan dengan daya pembeban yang dihasilkan dalam tiap waktu.

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Rumahorbo, 2014).

$$SFC = \frac{Mf}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana dari persamaan (1) dapat dicari Mf dengan persamaan berikut.

$$Mf = \frac{V \text{ bahan bakar} \times \rho \text{ bahan bakar}}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

Sfc :Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kwatt.jam)

- V bahan bakar : Volume bahan bakar (ml)
 t : Waktu konsumsi bahan bakar/10 ml (detik)
 P : Daya (KW)
 ρ bahan bakar : Spesific gravity (kg/l)
 Mf : Massa bahan bakar (kg/jam)

2.2.16 Besar Sudut Injeksi Bahan Bakar

Sudut penyebaran yang dihasilkan pada semprotan atau injeksi bahan bakar dipengaruhi oleh nilai viskositas yang terkandung dalam bahan bakar. Bahan bakar yang memiliki viskositas tinggi maka akan menghasilkan semprotan yang bersudut kecil, begitu sebaliknya. Untuk mencari sudut semprotan dapat menggunakan persamaan berikut (Borman, 1999).

$$\theta = 0,05 \times \left(\frac{\Delta P \times (d_o)}{\rho_f \times (V_f)} \right)^{1/4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- θ : Sudut semprotan ($^{\circ}$)
 ΔP : Tekanan injeksi (Pa)
 d_o : Diameter lubang nosel (mm)
 ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m^3)
 V_f : Viskositas kinematik bahan bakar (m^2/s)