

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar diesel yang sangat potensial karena bahan bakunya mudah diperoleh dan berasal dari sumber yang bisa diperbaharui, yaitu minyak nabati dan hewani (Aziz, 2010). Biodiesel dengan bahan baku minyak nabati dapat dikatakan sebagai salah satu sumber daya terbarukan. Minyak jarak dan minyak sawit merupakan beberapa pilihan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Timu, dkk (2012) meneliti tentang analisa penggunaan minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas Oil*) sebagai campuran bahan bakar biodiesel. Metode yang digunakan adalah konsep - konsep dasar untuk merumuskan hubungan aplikatif teoritis dari variabel - variabel yang sesuai dengan pengaruh pemakaian bahan bakar minyak jarak terhadap daya mesin diesel. Variabel yang diteliti yaitu putaran mesin 1500 rpm ; 2000 rpm ; 2500 rpm ; dan 3000 rpm, dengan waktu pengambilan data 120 detik dan beban rem 0,15 Kg. Adapun variabel terikat yaitu putaran mesin terbebani, daya temperatur dan konsumsi bahan bakar. Dari hasil analisa diperoleh kesimpulan bahwa nilai torsi tinggi akan semakin baik jika digunakan sebagai meningkatkan putaran awal mesin, dan penggunaan daya mesin akan maksimal dengan menggunakan campuran bahan bakar biodiesel 100% dengan minyak jarak pagar.

Insani, dkk (2011) dalam penelitiannya tentang sifat fisik minyak sawit kasar dan korelasinya dengan atribut mutu mendapatkan kesimpulan bahwa minyak sawit mempunyai bau yang khas dan memiliki warna mulai dari kuning muda sampai jingga. Secara umum sifat fisik kimia yang terkandung dalam minyak sawit yaitu warna, bau (*flavor*), kelarutan, bobot jenis, indeks bias, titik cair, bilangan iod, dan bilangan penyabunan. Minyak sawit memiliki komponen utama yaitu trigliserida 94%, dan juga mengandung asam lemak 3-5%. Asam

lemak tidak jenuh dan asam lemak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit mempunyai presentase yang hampir sama.

Havendri (2007) dalam penelitiannya tentang Kaji Eksperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Sawit dengan solar menyimpulkan bahwa setelah dilakukan perbandingan dengan standar emisi yang berlaku bisa dikatakan penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar masih layak dan aman, karena masih berada jauh dibawah ambang batas yang diizinkan. Campuran yang berada di dalam bahan bakar bisa menghasilkan konsentrasi NOx yang melebihi standar emisi yang diizinkan. Untuk mendapatkan konsentrasi emisi gas buang yang baik dan tidak terlalu mengurangi daya yang dihasilkan, maka disarankan menggunakan campuran biodiesel minyak sawit dibawah 30%.

Widianto (2014) dalam penelitiannya tentang uji kemampuan terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel campuran bahan bakar solar - biodiesel minyak biji jarak yang sudah divariasikan menjadi B17,5: B20: B22,5: dan B25 menyimpulkan bahwa campuran solar - biodiesel dari minyak biji jarak mampu meningkatkan unjuk kerja mesin, menghemat bahan bakar, dan menurunkan opasitas. Hal ini dibuktikan pada campuran solar - biodiesel (B25) yang terbaik dengan peningkatan torsi menjadi 2,79 kgf.m presentase peningkatan 32,3% pada 4500 rpm, campuran biodiesel (B25) terbaik dengan peningkatan daya 17,70 PS dengan presentase peningkatan sebesar 30,02% pada 4500 rpm. Tekanan efektif rata – rata menjadi 0,35 kg/cm² dengan presentase peningkatan sebesar 30,02%. Hal ini karena karakteristik campuran solar – biodiesel yaitu angka cetane dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Konsumsi bahan bakar menjadi 2,87 kg/jam dengan presentase penurunan sebesar 28,38% pada 4500 rpm. Sedangkan opasitas mengalami penurunan menjadi 6,40% dengan presentase penurunan sebesar 60,02%.

Fajar, dkk (2006) melakukan penelitian tentang efek komposisi biodiesel terhadap parameter kualitas bahan bakar dan unjuk kerja mesin perbandingan dengan sawit dengan biodiesel jarak castor, pengujian awal yang dilakukan dengan mencampur B30 sawit (solar 70% + *methyl ester* sawit 30%) dan B30 jarak (solar 70% + *methyl ester* jarak 30%). Hasil pengujian secara umum bahan bakar B30 sawit dan B30 jarak castor mengeluarkan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan dengan solar, (*smoke, hidrokarbon dan karbonmonoksida*) kecuali emisi NOx yang sedikit lebih tinggi. Terbentuknya NOx kemungkinan disebabkan oleh adanya ikatan rangkap, kandungan oksigen berlebih dan tingginya viskositas dari biodiesel, dan meskipun viskositas biodiesel jarak castor sangat tinggi ternyata tidak terlalu berpengaruh besar terhadap unjuk kerja mesin maupun emisi gas buang. Keunggulan dari biodiesel jarak castor yang penting adalah dapat meningkatkan sifat pelumasan dan memiliki sifat aliran yang baik pada temperatur rendah.

Berdasarkan dari tinjauan pustaka yang berasal dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa minyak jarak dan minyak sawit memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan satu proses atau dua proses, proses pembuatan biodiesel bergantung pada kadar asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku yang digunakan. Penelitian tentang pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak sawit telah dilakukan dengan hasil yang optimal pada komposisi 50:50 (%). Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan biodiesel campuran minyak jarak dan minyak sawit terhadap unjuk kerja mesin diesel.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar fosil atau minyak bumi adalah sumber daya alam yang berasal dari dalam bumi berbentuk cair yang bisa digunakan sebagai bahan baku industri maupun sebagai bahan bakar. Minyak bumi secara kimiawi terdiri dari

senyawa kompleks dengan unsur utama atom Hidrogen (H) dan Karbon (C), sehingga disebut juga senyawa Hidrokarbon (C_xH_y). Minyak bumi berasal dari organisme tumbuhan dan hewan berukuran sangat kecil (*plankton*) yang mati dan terkubur di lautan jutaan tahun lalu. (Sa'adah dkk, 2017).

Bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber energi yang tidak bisa diperbaharui, meskipun demikian penggunaan energi fosil lebih dominan bila dibandingkan dengan energi – energi yang lainnya, dari tahun ke tahun permintaan dan kebutuhan energi fosil terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang amat besar tersebut tentunya perlu penanganan yang serius, sebab jika kita terus bergantung pada bahan bakar fosil yang bersifat tidak bisa diperbaharui maka pada suatu saat tertentu harga bahan bakar akan meningkat drastis. Oleh karena itu perlu adanya bahan bakar alternatif yang bisa menggantikan posisi bahan bakar fosil yang strategis ini. Biodiesel adalah sumber energi alternatif yang cocok untuk dikembangkan di Indonesia. Biodiesel bisa disintesis dari berbagai tanaman yang tumbuh di Indonesia. Biodiesel merupakan bahan bakar yang bisa didaur ulang, bersih, dan aman bagi lingkungan karena tidak menimbulkan emisi seperti bahan bakar fosil (Harsono dan Siregar, 2015).

2.2.2 Minyak Jarak

Jarak pagar (*Jatropha Curcas Linneaus*) adalah salah satu sumber minyak nabati di Indonesia yang bisa dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel. Solusi yang tepat untuk menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa sekarang dan masa yang akan datang salah satunya dengan memanfaatkan biodiesel dari bahan baku minyak jarak pagar sebagai energi terbarukan. Hal ini dikarenakan hampir dari semua bagian tanaman jarak pagar dan limbah yang dihasilkan baik pada pengoperasian biji jarak pagar dan gliserin yang dihasilkan dari proses pembuatan biodiesel bisa dimanfaatkan dengan mengolahnya lebih lanjut menjadi produk-produk turunan lainnya (Kaswinarni, 2010).

Menurut Kaswinarni (2010) Jarak pagar termasuk dalam famili *Euphorbiaceae*, satu famili dengan karet dan ubi kayu. Pohonnya berupa perdu

mempunyai tinggi sekitar 1 – 7 m, bercabang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, bila terluka mengeluarkan getah. Daunnya berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut 3 atau 5, tulang daun menjari 5 - 7 tulang utama, warna daun hijau. Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm. Bunga berwarna kuning kehijauan, berupa bunga majemuk berbentuk malai, berumah satu. Bunga jantan dan bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, muncul diujung batang atau ketiak daun. Bunga berupa buah kotak berbentuk bulat telur, diameter 2 – 4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika masak. Buah jarak terbagi 3 ruang yang masing-masing ruang diisi 3 biji. Biji berbentuk bulat lonjong, warna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 - 40%. Tanaman jarak salah satu tanaman tahunan yang tahan terhadap kekeringan. Tanaman ini juga mampu tumbuh dengan cepat dan kuat di lahan yang beriklim panas, tandus dan berbatu. Wilayah yang sangat cocok sebagai tempat tumbuhnya yaitu di dataran rendah hingga ketinggian 500 meter dpl.

Tanaman jarak pagar berasal dari daerah tropis Amerika Tengah, khususnya di daerah Meksiko. Oleh karenanya dalam waktu singkat tanaman jarak menyebar cukup luas, khususnya di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Wilayah Jawa Barat meliputi daerah Cirebon, Indramayu, Majalengka, Tasikmalaya, dan sekitarnya. Sementara, wilayah Jawa Tengah meliputi Kedu, Magelang, Banyumas, Solo, dan Semarang. Dalam perkembangan selanjutnya, tanaman jarak pagar meluas sampai di Kawasan Indonesia Timur, seperti Nusa Tenggara Timur dan Gorontalo (Atman, 2007).

2.2.3 Minyak Sawit

Tanaman kelapa sawit adalah tumbuhan tropis golongan plasma yang termasuk tanaman tahunan. Tanaman kelapa sawit berasal dari Negara Afrika Barat. Tanaman ini bisa tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Papua Nugini. Kelapa sawit adalah tanaman yang penting bagi pembangunan nasional, perkebunan kelapa sawit dapat menyerap lapangan tenaga kerja yang sangat besar dan sebagai sumber devisa negara. Tanaman kelapa sawit mulai

dikembangkan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1991. Andrian Hallet adalah orang pertama kali yang merintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang berkebangsaan Belgia yang mana telah belajar banyak tentang perkebunan kelapa sawit di Afrika (Masykur, 2013).

Kelapa sawit merupakan tumbuhan pohon. Tingginya bisa mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging buahnya padat, dimana daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyak kelapa sawit tersebut digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, lilin maupun sebagai bahan bakar biodiesel. Ampasnya dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Tempurungnya dapat digunakan sebagai bahan bakar dan arang (Departemen Perindustrian, 2007).

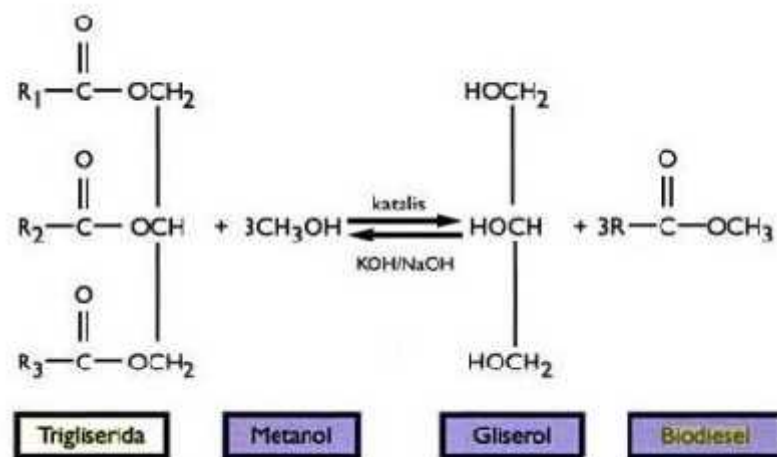
Menurut Tety, dkk (2012) dari kelapa sawit dapat menghasilkan minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*) yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Keunggulan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel adalah kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sehingga akan menghasilkan angka setana yang tinggi. Selain itu minyak kelapa sawit mempunyai perolehan biodiesel yang tinggi per hektar kebunnya. Ketersediaan teknologi biodiesel dikenal relatif sederhana dengan produk berupa alkil ester asam lemak (*metil atau etil ester*) yang diproduksi dengan proses transesterifikasi.

2.2.4 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 bisa diperoleh melalui transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku (Hikmah dan Zuliyana, 2010).

2.2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

Dalam menghasilkan biodiesel cara yang paling umum digunakan adalah melalui proses transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan proses reaksi trigliserida dengan alkohol akan terbentuk akil ester dengan gliserol (Dewi, 2015). Proses transesterifikasi ini mengeluarkan gliserin dari minyak akan mereaksikan asam lemak bebas dengan alkohol menjadi biodiesel. Berikut bentuk reaksi kimia proses transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Reaksi Kimia Proses Transesterifikasi (Nurhayati, 2014)

Faktor utama yang mempengaruhi rendaman ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah rasio molar antara trigliserida dan alkohol, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku yang dapat menghambat reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi kandungan ester pada biodiesel diantaranya kandungan gliserol, jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi, jumlah katalis sisa dan kandungan sabun. Pada proses transesterifikasi selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingnya adalah gliserin (gliserol) (Nurhayati, 2014).

2.2.6 Bahan Bakar Diesel

Menurut Aziz (2010) bahan bakar diesel adalah hasil fraksi minyak bumi yang mendidih antara 175°C – 370°C dan digunakan sebagai bahan bakar dalam mesin diesel. Mesin diesel bekerja dengan kecepatan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin bensin yang seringkali mempunyai kecepatan di atas 4000 rpm. Kebanyakan mesin diesel bekerja dengan kecepatan antara 50 – 2500 rpm. Mesin diesel yang bekerja dengan kecepatan kurang dari 500 rpm disebut mesin diesel dengan kecepatan putaran lambat, diatas 1200 rpm disebut mesin diesel kecepatan tinggi, sedangkan diantara keduanya disebut mesin diesel kecepatan sedang. Mesin diesel tidak mempunyai karburator seperti mesin bensin, sebagai gantinya dipakai sistem injeksi bahan bakar. Disamping itu mesin diesel tidak mempunyai busi dan penyalaan terjadi karena suhu tinggi yang diperoleh pada pemampatan udara di dalam silinder mesin.

Untuk memperoleh panas yang tinggi dalam menyalakan bahan bakar, mesin diesel harus mempunyai perbandingan kompresi yang lebih tinggi dari pada perbandingan kompresi mesin bensin. Mesin diesel mempunyai perbandingan kompresi berkisar antara 12:1 sampai 18:1. Tekanan kompresi dapat mencapai 400 sampai 700 psi dan suhu udara yang dimampatkan dapat mencapai 1000°F . Mesin diesel mampu bekerja dengan siklus dua atau empat langkah. Tepat sebelum langkah kompresi berakhir dan pada saat udara mencapai suhu yang tinggi, bahan bakar mulai diinjeksikan. Setelah injeksi bahan bakar ini, tetes bahan bakar yang sangat kecil akan menyala dan nyala akan melebar secara spontan dalam ruang silinder dan menyebabkan tekanannya naik menjadi 600 sampai 1000 psi. Ketika bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder mesin diesel, bahan bakar tidak segera menyala. Tetes – tetes bahan bakar harus lebih dahulu berubah menjadi uap sebelum penyalaan terjadi. Kelambatan waktu yang sangat pendek akan terjadi, kira – kira satu per seribu detik, antara permulaan injeksi dan pembentukan nyala, yang disebut kelambatan penyalaan (*ignition delay*). Apabila kelambatan penyalaan ini berlebihan, kenaikan tekanan yang tajam akan terjadi pada saat penyalaan terjadi. Hal ini mengakibatkan operasi mesin menjadi kasar

dan terjadi kehilangan daya, terdengar suara ketukan yang disebut ketukan diesel. Kelambatan penyalaan tergantung pada mesin dan kompresi bahan bakar (Aziz, 2010).

2.2.7 Karakteristik Bahan Bakar

2.2.7.1 Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida dan berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida. Fluida memiliki kekentalan yang berbeda - beda, biasanya dinyatakan dengan μ . Untuk mengetahui nilai besar kecilnya suatu viskositas dapat diukur dengan menggunakan alat *viscometer*. Jika viskositas semakin tinggi maka membutuhkan tekanan yang tinggi pula untuk mengalirkan bahan bakar. Hal ini sangat penting, karena berpengaruh pada kerja injektor pada mesin. Oleh karena itu bahan bakar harus memiliki viskositas yang relatif rendah agar dengan mudah dapat teratomisasi dan mengalir (Dewi, 2015). Selain itu viskositas juga dipengaruhi oleh jumlah ikatan rangkap (Indrayati, 2009).

2.2.7.2 Densitas

Densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda setiap satuan volume benda tersebut. Massa jenis rata – rata benda adalah total massa dibagi dengan total volume. Densitas dipengaruhi oleh berat molekul minyak dan derajat ketidakjenuhan. Derajat ketidakjenuhan yang semakin besar akan menyebabkan densitas yang semakin kecil. Densitas juga berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan mesin per satuan volume bahan bakar (Dewi, 2015). Nilai densitas juga dapat diprediksi dari densitas asam lemak penyusunnya (Indrayati, 2009). Selain itu densitas juga dipengaruhi karena adanya zat – zat pengotor seperti gliserol hasil dari reaksi penyabunan, asam – asam lemak yang tidak terkonversi menjadi biodiesel, sodium hidroksida sisa, air, ataupun sisa metanol yang masih terdapat dalam biodiesel (Setiawati, 2012)

2.2.7.3 Flash Point

Flash point atau titik nyala merupakan suhu terendah dimana ketika uap suatu zat bercampur dengan udara akan menyala dengan waktu tidak cukup lama dan kemudian apabila didekatkan dengan nyala api begitu lama dapat menimbulkan nyala api yang kontinyu. Hal tersebut disebabkan karena dalam kondisi tersebut belum menghasilkan api yang kontinyu dan belum mampu membuat bahan bakar bereaksi. Titik nyala digunakan atas pertimbangan – pertimbangan mengenai tentang keamanan dari pengangkutan bahan bakar minyak dan penimbunan minyak terhadap bahaya kebakaran. Berhubungan dengan keselamatan, titik nyala sangat penting untuk diketahui. Titik nyala tersebut juga dapat digunakan sebagai indikator adanya alkohol didalam biodiesel. (Kholidah, 2014).

2.2.7.4 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan bahan bakar yang melepaskan energi pada saat terjadinya oksidasi di unsur – unsur kimia yang terdapat dibahan bakar tersebut. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*), didalam volume yang sama. Semakin kecil nilai kalornya, semakin besar berat jenis suatu minyak. Berlaku dengan sebaliknya semakin tinggi nilai kalornya, semakin rendah berat jenisnya. Bomb calorimeter merupakan alat untuk mengetahui nilai kalor dalam bahan bakar cair. Nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan sebagai menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan pada suatu mesin dengan satu periode. Nilai kalor umumnya dinyatakan menggunakan british yaitu satuan Kcal/kg atau Btu/lb (Kholidah, 2014).

2.2.8 Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis penggerak yang umumnya dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara

seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah (Mardiansyah, 2015).

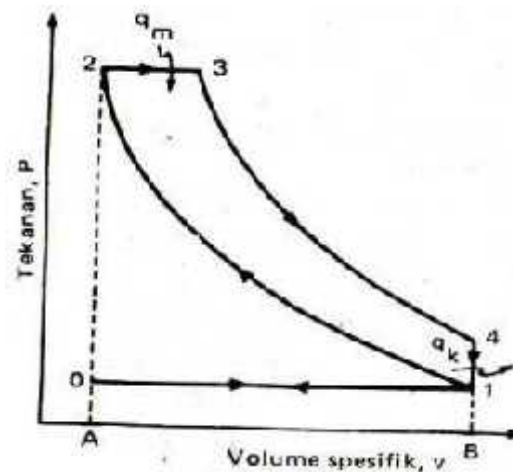
Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan tenaga uap. Untuk kendaraan transpot mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak (Mardiansyah, 2015).

2.2.8.1 Motor Diesel

Motor diesel merupakan jenis khusus dari mesin pembakaran dalam. Karakteristik utama dari mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar lain terletak pada metode penyalaan bahan bakarnya. Dalam motor diesel bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama proses pengkompresian udara dalam silinder mesin, suhu udara meningkat, sehingga ketika bahan bakar yang berbentuk kabut halus bersinggungan dengan udara panas ini, maka bahan bakar akan menyala dengan sendirinya tanpa bantuan alat penyala lain (Rumahorbo, 2014).

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 2.2.



Gambar 2.2 Siklus Mesin Diesel (Ideal) (Arismunandar, 1988)

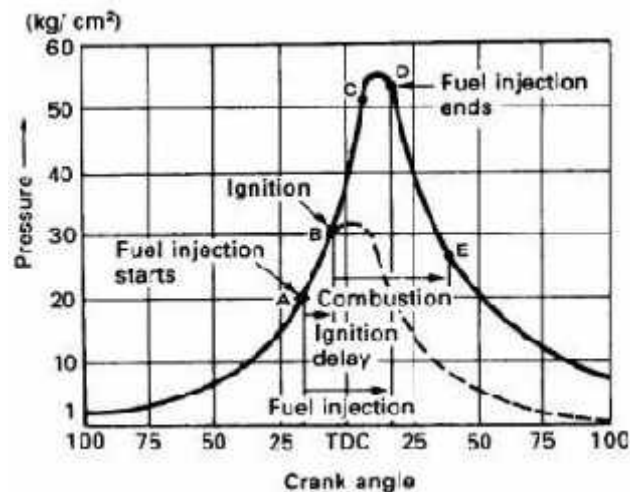
Proses dari siklus tersebut yaitu :

- 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)

2.2.8.2 Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel

Proses pembakaran adalah suatu proses pengubahan 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 yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 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.

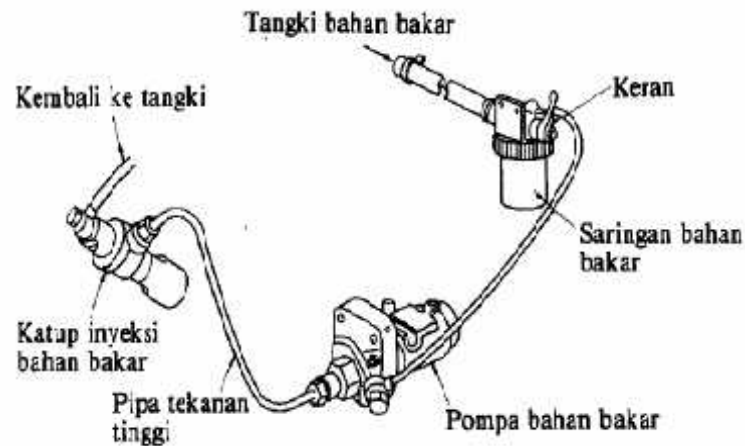
3. Periode ketiga : saat pembakaran langsung / *direct combustion* (C-D) akibat nyala api di dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan akan langsung terbakar. Pembakaran pada periode ini dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan, oleh karena itu periode ini sering disebut 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 sifat karakteristik dari bahan bakar yang digunakan.

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

2.2.9 Sistem Bahan Bakar

Menurut Kuncahyo (2016) menjelaskan bahwa sistem bahan bakar merupakan komponen yang penting dalam mesin diesel, sistem bahan bakar pada mesin diesel memiliki fungsi sebagai penyuplai bahan bakar keruang bakar dengan tekanan dan takaran yang sesuai dengan kerja motor diesel. Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak silinder tunggal (*horizontal*) diantaranya yaitu : tangki bahan bakar, keran, saringan bahan bakar (*fuel filter*), pompa injeksi bahan bakar, pipa tekanan tinggi, injektor (katup injeksi bahan bakar). Berikut adalah skema aliran bahan bakar motor diesel dapat dilihat pada Gambar 2.4.



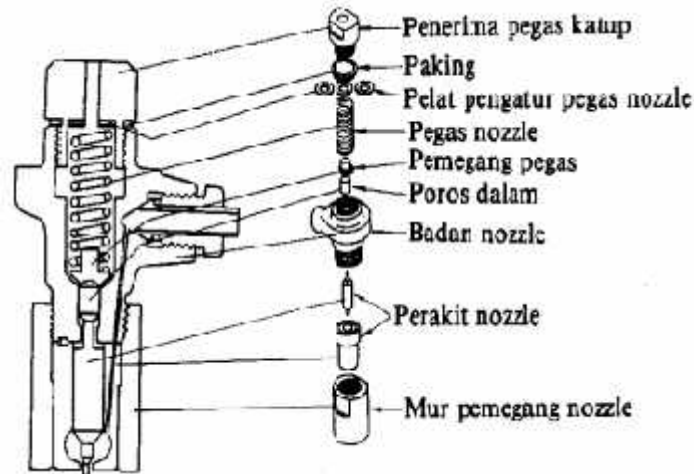
Gambar 2.4 Skema aliran bahan bakar motor diesel (Dikmenjur, 2004)

Kuncahyo (2016) menjelaskan cara kerja dari sistem bahan bakar pada motor diesel secara umum adalah sebagai berikut : ketika keran bahan bakar diputar ke posisi membuka maka bahan bakar akan mengalir ke pompa injeksi melalui saringan bahan bakar terlebih dahulu. Saat mesin mulai dihidupkan, pompa injeksi juga turut bekerja dan memompakan bahan bakar ke injektor melalui pipa tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar yang tinggi mengakibatkan pegas penahan katup nosel didalam injektor terdesak (membuka nosel) dan bahan bakar di semprotkan kedalam ruang bakar, setelah proses injeksi bahan bakar diesel selesai maka katup nosel akan menutup kembali karena adanya tekanan pegas pengembali pada nosel.

2.2.9.1 Injektor dan Nosel

Menurut Kuncahyo (2016) injektor pada motor diesel berfungsi untuk mengatur bentuk kabut bahan bakar yang akan diinjeksikan kedalam silinder. Bentuk kabutan bahan bakar bertujuan untuk atomisasi dan penetrasi. Atomisasi bertujuan untuk proses penguapan bahan bakar agar dapat bereaksi (bercampur) dengan oksigen, sedangkan penetrasi bertujuan untuk mendapatkan homogenitas campuran, yaitu diawali dengan penyebaran bahan bakar yang merata keseluruhan ruang pembakaran. Konstruksi injektor dan komponen-komponennya dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Nosel merupakan salah satu bagian komponen dari suatu injektor yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.



Gambar 2.5 Konstruksi Injektor (Dikmenjur, 2004)

Nosel yang berfungsi sebagai katup pembentuk kabutan bahan bakar ini salah satu bagian dari komponen injektor yang terletak pada ujung injektor. Nosel terpasang pada bodi injektor dengan menggunakan sebuah mur pengikat (*retaining mur*). Besar tekanan pengabutuan dari suatu nosel dapat diatur melalui tegangan pegas yang kemudian akan menekan jarum pada nosel. Apabila tekanan yang diinginkan lebih tinggi, maka dapat dilakukan dengan menambah plat pengatur pegas nosel dan juga sebaliknya.

Kuncahyo (2016) menjelaskan konsep kerja dari suatu injektor yaitu bahan bakar ditekan oleh pompa injeksi masuk ke injektor melalui saluran tekan. Tekanan bahan bakar tadi akan mendorong jarum pengabut keatas melawan tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang injektor dan bahan bakar akan masuk kedalam silinder. Pada saat proses penyemprotan bahan bakar menuju ruang silinder bahan bakar yang berlebihan akan di alirkan kembali menuju tangki melalui saluran balik yang ada pada nosel.

2.2.10 Daya Listrik

Daya listrik merupakan besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 detik atau besarnya suatu energi listrik yang dihasilkan oleh sumber dari setiap detik. Apabila dalam waktu t detik suatu sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar W , maka daya dari suatu alat tersebut dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Rumahorbo, 2014) :

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan, 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 :

$$P = \frac{VIt}{t} \text{ atau } P = V \times I \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan, P : Daya (Watt)
 V : Tegangan / beda potensial (Volt)
 I : Arus (Ampere)

2.2.11 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Konsumsi bahan bakar specific atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) merupakan suatu parameter kinerja mesin yang berhubungan dengan tingkat ekonomis dari sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal tersebut maka sebuah mesin dapat diketahui berapa banyaknya konsumsi bahan bakar terhadap daya yang telah dihasilkan oleh mesin tersebut dalam satuan waktu. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik, dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Rumahorbo, 2014).

$$SFC = \frac{m_f}{P} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan, SFC : Specific Fuel Consumption atau konsumsi bahan bakar

Spesifik (kg/kW.jam)

m_f : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

P : Daya keluaran (KW)

Besarnya laju aliran bahan bakar (m_f) dihitung dengan rumus berikut (Rumahorbo, 2014) :

$$m_f = \frac{\rho_f \times v_f}{t_f} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan, ρ_f : Densitas (g/ml)

V_f : Volume bahan bakar yang diuji (ml)

t_f : Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume yang diuji (detik)

2.2.12 Besar Sudut Injeksi Bahan Bakar

Sudut penyebaran bahan bakar yang dihasilkan pada semprotan atau injeksi dipengaruhi oleh nilai viskositas yang terkandung di dalam suatu bahan bakar tersebut. Jika bahan bakar memiliki angka viskositas tinggi maka akan menghasilkan semprotan yang bersudut kecil, namun sebaliknya jika angka viskositas pada suatu bahan bakar rendah maka akan menghasilkan semprotan dengan sudut besar.

Untuk mencari sudut semprotan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut (Borman, 1998) :

$$\theta = 0,05 \times \left(\frac{\Delta p \times (d_0)^2}{\rho_f \times \nu_f} \right)^{1/4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- θ : Sudut semprotan (°)
- Δp : Tekanan injeksi (Pa)
- d_0 : Diameter lubang nosel (mm)
- ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m³)
- ν_f : Viskositas kinematik bahan bakar (m²/s)