

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Biodiesel didefinisikan sebagai metil ester atau etil ester dari asam lemak (*fatty ester*) yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. (Rudianto, 2015). 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.

Indrayanti (2019) dalam penelitiannya untuk memperbaiki karakteristik biodiesel jarak pagar dengan mencampur minyak jarak pagar dengan minyak nabati lainnya dengan suhu rendah. Dalam pembuatan proses biodiesel dapat dilakukan dengan tahap *esterifikasi* dan *transesterifikasi* tergantung pada kandungan asam lemak bebas yang dimiliki oleh masing-masing minyak nabati tersebut. Titik awan yang dihasilkan biodiesel jarak pagar dan biodiesel kelapa masing-masing 15°C dan 12°C dan dengan campurannya mampu menurunkan titik awan dan titik tuang masing-masing sebesar 3°C dan 6°C terhadap biodiesel jarak pagar. Dari hasil penelitian campuran minyak jarak pagar dengan minyak kelapa menghasilkan campuran biodiesel terbaik yang mampu menurunkan titik awan dan titik tuang pada biodiesel jarak pagar. Viskositas dan densitas campuran minyak ini menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar *ASTM D 6751* dan SNI.

Minyak kelapa sawit pada umumnya memiliki warna kuning kemerah-merahan dan berbentuk kasar. Dengan suhu kamar, minyak sawit kasar berbentuk semi padat mempunyai titik cair 40-47 °C dengan bau yang sedap dan tahan terhadap ketengikan. Pada minyak sawit kasar mengandung sekitar 500-700 ppm. koroten dan 600-1000 ppm tokotrienol dan tokoferol. Pada minyak sawit lebih banyak mengandung asam-asam palmitat, oleat dan linoleat dibandingkan dengan minyak sawit kasar (Indrayati, 2009). Minyak kelapa sawit mempunyai viskositas 43,1 cSt,

setelah dijadikan biodiesel (*Metil Ester*) viskositasnya menjadi 8 - 6 cSt. Terjadi penurunan sekitar 82 – 86 %, dan mendekati batasan maksimal viskositas dari minyak solar dan minyak diesel, yaitu 5.8 – 6 cSt. Biodiesel ini dapat dicampur dengan minyak solar ataupun dengan minyak diesel (Hamid, yusuf, 2002).

Mahmud, dkk (2010) melakukan penelitian tentang pengukuran nilai kalor sebagai campuran bahan bakar minyak nabati dengan cara mencampurkan minyak jarak dengan jenis minyak lain. Dalam penelitian menyimpulkan bahwa minyak jarak pagar memiliki viskositas, densitas, bilangan asam, dan asam lemak tidak jenuh yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas. Nilai kalor minyak jarak pagar lebih rendah dari minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas. Hal ini menyebabkan semakin besarnya kuantitas minyak jarak pagar maka semakin tinggi nilai viskositas, densitas, bilangan asam, dan asam lemak tidak jenuh. Namun pada penelitian tersebut menggunakan parameter viskositas, densitas dan nilai kalor, sedangkan untuk angka *flash point* dan kandungan asam lemak belum dilakukan.

Sumarsono (2008) melakukan penelitian tentang pengujian motor diesel dengan menggunakan campuran bahan bakar minyak jarak pagar diesel untuk menganalisis pengaruh komposisi campuran bahan bakar terhadap kinerja motor dan emisi gas buang. Metode pengujiannya adalah persentase minyak jarak dalam campuran bahan bakar adalah 0%, 10%, 30%, 50% dan 100%. Untuk setiap campuran bahan bakar komposisi dan putaran motor konstan 2000 rpm dengan beban tenaga listrik dari 0 dan 2 kW, data mengenai konsumsi bahan bakar, minyak pelumas suhu dan emisi gas buang diukur. Hasil tes ditunjukkan semakin tinggi persentase minyak jarak dalam campuran bahan bakar, semakin tinggi konsumsi bahan bakar dan emisi karbon dioksida dan nitrogen oksidasi pada gas buang. Namun semakin rendah emisi gas buang hidrokarbon, oksigen dan asap hitam gas buang.

Martin (2010) dalam penelitiannya tentang pengaruh komposisi biodiesel terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang menyimpulkan bahwa penambahan biodiesel sampai 20% kedalam solar dapat meningkatkan kinerja mesin. Daya torsi

tertinggi dihasilkan pada kecepatan 70 km/jam, akan tetapi penambahan komposisi biodiesel lebih tinggi mengakibatkan penurunan kinerja mesin. Emisi SO<sub>2</sub>, partikel, CO dan NO<sub>x</sub>. menurun secara konsisten dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam campuran bahan bakar. Akan tetapi karakteristiknya bervariasi tergantung dari jenis emisinya. Penurunan kadar emisi paling signifikan dengan digunakannya biodiesel terjadi pada emisi SO<sub>2</sub> dan PM.

Bedasarkan tinjauan pustaka di atas dapat disimpulkan biodiesel adalah bahan bakar pengganti solar atau fosil yang berasal dari minyak nabati yang sifatnya dapat diperbarui. Minyak jarak dan minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar biodiesel karena sifat fisiknya hampir mendekati sifat fisik solar dengan melalui proses transesterifikasi.

Pada penelitian unjuk kerja mesin diesel digunakan campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak sawit yang akan dicampur dengan solar. Pencampuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel sawit dengan solar diharapkan dapat memperbaiki sifat biodiesel tersebut.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Bahan Bakar Minyak**

Sampai saat ini bangsa Indonesia tidak terlepas dari ketergantungan menggunakan bahan bakar fosil yang semakin lama akan semakin habis. Secara umum sumber energi dibagi menjadi dua, yaitu energi terbarukan (*renewable*) dan tak dapat diperbaharui (*non-renewable*). Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui yaitu yang bersifat habis dan tidak dapat diperbaharui. Misalnya bahan bakar fosil, batubara, gas alam dan lain-lain. Sedangkan energi yang dapat diperbaharui yang secara otomatis bisa diisi kembali oleh alam secara berkelanjutan.

Ketersediaan minyak bumi yang berasal dari fosil ini terus mengalami penurunan seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan bahan bakar tersebut. Sehingga perlu dicari bahan bakar alternatif lain yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*) serta ramah terhadap lingkungan.

Bahan bakar fosil atau bahan bakar mineral termasuk sumber daya alam yang mengandung hidrokarbon seperti batu bara, petroleum, serta gas alam. Bahan bakar fosil dianggap sebagai sumber energi tak terbarukan, karena proses pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama. Selain itu menurut Sari dan Pramono, (2012) hasil dari pembakaran bahan bakar fosil ini menghasilkan karbondioksida yang merupakan salah satu gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

Biodiesel adalah salah satu energi terbarukan yang dapat menggantikan minyak solar. Biodiesel biasanya diperoleh dari limbah minyak sayur dan minyak hewani serta lemak. Biodiesel dapat dijadikan bahan bakar sebagai pengganti minyak solar pada mesin diesel modern dengan sedikit ataupun tanpa modifikasi pada mesin tersebut (Sari dan Pramono, 2012).

### **2.2.2 Minyak Jarak**

Jarak pagar (*Jatropha curcas L, Euphorbiaceae*) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropis. Walaupun telah lama dikenal sebagai bahan pengobatan dan racun berupa *phorbol ester*, saat ini telah mendapat perhatian sebagai sumber bahan bakar nabati. Kelebihan dari minyak jarak ialah penggunaan minyak jarak sebagai bahan bakar dapat mengurangi kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer, tanaman jarak tidak termasuk dalam tanaman pangan sehingga tidak akan mengganggu ketersediaan pangan. Jarak pagar memiliki kandungan minyak yang tinggi sekitar 30-50%. Minyak jarak pagar mengandung 16 – 18 atom karbon per molekul sedangkan minyak bumi sebagai bahan baku minyak diesel mengandung 8 – 10 atom karbon. Kandungan atom karbon yang lebih besar pada minyak jarak pagar mengakibatkan viskositas minyak jarak pagar lebih tinggi (lebih kental) bila dibandingkan dengan viskositas minyak bumi. Minyak jarak pagar memiliki daya pembakaran yang masih rendah untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar (biodiesel). Proses transesterifikasi dapat digunakan untuk menurunkan viskositas minyak jarak pagar dan meningkatkan daya pembakarannya sehingga sesuai dengan standar minyak diesel untuk kendaraan bermotor. Proses

transesterifikasi minyak jarak dilakukan dengan menggunakan alkohol untuk mengubah trigliserida (Said, 2010).

### 2.2.3 Minyak Sawit

Minyak sawit dikenal sebagai tanaman teropis penghasil minyak sayur yang berasal dari Amerika, tepatnya di Brazil yang dipercayai minyak sawit tumbuh untuk pertama kalinya. pertama kali dikenalkan di Indonesia pada tahun 1848 oleh pemerintah belanda. Dan pada tahun 1911 tanaman ini mulai dibudidayakan secara komersial. Minyak sawit menghasilkan 5.000 kg minyak mentah, atau hampir 6000 liter tiap hektarnya. Minyak sawit juga mengandung kolesterol cukup rendah yaitu 3 mg/kg. Selain itu kelapa sawit juga memiliki umur panjang sekitar 22 tahun (Supraniningsih, 2012).

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada dataran rendah di daerah tropis yang beriklim basah, yaitu sepanjang garis katulistiwa yaitu 15° LU sampai 15° LS. Di luar zona tersebut biasanya pertumbuhan tanaman kelapa sawit agak terhambat sehingga masa awal produksinya juga terhambat. Umumnya tanaman kelapa sawit tumbuh optimum pada dataran rendah dengan ketinggian 200-500 m dari permukaan laut (dpl). Ketinggian lebih dari 600 mdpl tidak cocok untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Perbedaan ketinggian tempat akan mempengaruhi suhu, tingkat pencahayaan dan curah hujan pada tanaman kelapa sawit (Setyamidjaja, 1993). Secara garis besar buah kelapa sawit terdiri dari serabut buah (*pericarp*) dan inti (*kernel*). Serabut buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapis yaitu lapisan luar atau kulit buah yang disebut *pericarp*, lapisan sebelah dalam disebut *mesocarp* atau *pulp* dan lapisan paling dalam disebut *endocarp*. Inti kelapa sawit terdiri dari lapisan kulit biji (*testa*), *endosperm* dan *embrio*. *Mesocarp* mengandung kadar minyak rata-rata sebanyak 56%, inti (*kernel*) mengandung minyak sebesar 44%, dan *endocarp* tidak mengandung minyak (Ketaren, 1986).

Minyak yang dihasilkan dari kelapa sawit (*Crude Palm Oil*) sangat potensial digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Keunggulan minyak kelapa sawit

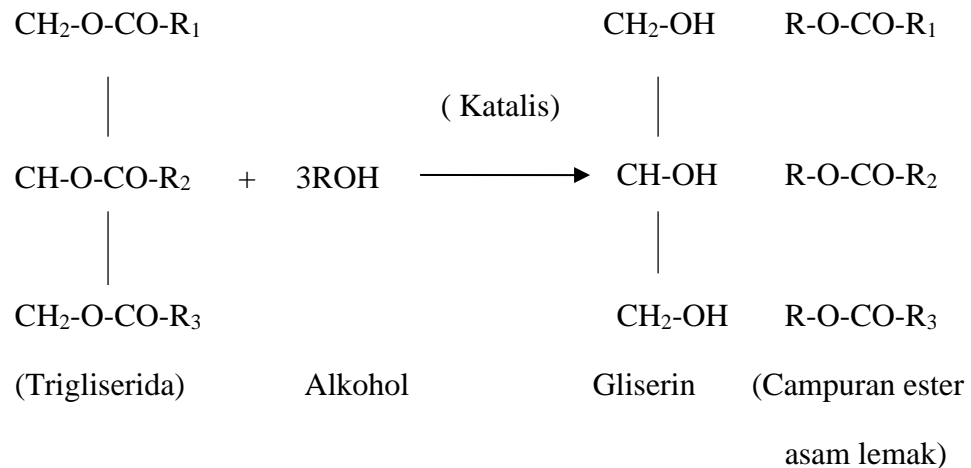
sebagai bahan baku biodiesel adalah kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sehingga akan menghasilkan angka setana yang tinggi. Selain itu minyak kelapa sawit mempunyai perolehan biodiesel yang tinggi per hektar kebunnya. Ketersediaan teknologi biodiesel dikenal relatif sederhana dengan produk berupa alkil ester asam lemak (*metil atau etil ester*) yang diproduksi dengan proses transesterifikasi (Tety, 2012).

#### **2.2.4 Biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar rendah emisi sebagai pengganti bahan bakar diesel (minyak solar) yang terbuat dari sumber daya terbarukan dan limbah lemak (Leung, et al. 2009). Menurut Kurdi (2006) Biodiesel terbentuk dari rantai panjang asam lemak dan alkohol. Asam lemak biasanya terdapat pada minyak nabati maupun minyak hewani. Biodiesel dari minyak nabati maupun minyak hewani dapat dihasilkan dengan cara mereaksikan *methyl alcohol* atau *ethyl alcohol* pada suatu lingkungan yang diberi katalis. Katalis yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel biasanya *pottasium hydroxide* (KOH) ataupun *sodium hydroxide* (NaOH). Pembuatan biodiesel dengan proses tersebut dinamakan transesterifikasi, yang pada akhirnya akan menghasilkan biodiesel dan gliserol. Secara kimiawi, biodiesel disebut *methyl ester* apabila alkohol yang digunakan adalah metanol dan *ethyl ester* jika yang digunakan etanol.

#### **2.2.5 Proses Pembuatan Biodiesel**

Dalam menghasilkan biodiesel cara yang paling umum digunakan adalah melalui proses transesterifikasi, terutama transesterifikasi yang dikatalisasikan dengan alkali. Minyak nabati maupun minyak hewani merupakan ester asam monokarbositat jenuh dan tidak jenuh dengan gliserida alkohol *trihydric*. Sehingga ester ini disebut dengan trigliserida yang kemudian dapat direaksikan pada alkohol dengan adanya katalis, umumnya proses ini dinamakan transesterifikasi.



Gambar 2.1 Bentuk reaksi kimia proses transesterifikasi (Leung dkk., 2009)

Dimana  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  merupakan rantai panjang hidrokarbon atau juga sering disebut dengan rantai asam lemak. Minyak hewani dan minyak nabati memiliki lima jenis rantai utama yaitu palminat, stearat, oleat, linoleat, serta linolenat. 1 mol ester akan terbebas pada setiap langkah ketika trigliserida diubah secara bertahap untuk menjadi digliserida, monogliserida, dan pada akhirnya menjadi gliserol (Leung dkk., 2009).

### 2.2.6 Karakteristik Bahan Bakar Diesel

Menurut Darmanto (2006) Bahan bakar diesel atau sering biasa disebut solar (*light oil*) adalah suatu campuran hidrokarbon yang diperoleh melalui penyulingan minyak mentah pada temperatur  $200^{\circ}\text{C}$ - $340^{\circ}\text{C}$ . Hidrokarbon rantai lurus (*hetadecene*( $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ )) dan *alpha-methilnaphthalane* merupakan minyak solar yang sering digunakan. Sifat-sifat dari bahan bakar yang dapat mempengaruhi prestasi kinerja mesin diesel seperti residu karbon, Penguapan (*volality*), viskositas, belerang, abu dan endapan, titik nyala, titik tuang, mutu nyala, sifat korosi dan *cetane number* (Mathur, Sharma, 1980).

Menurut Suhartanta dan Arifin (2008) bilangan setana (*cetane number*) menjadi tolak ukur, dimana semakin tinggi suatu bilangan setana maka akan semakin mudah terbakar. Bahan bakar diesel umumnya memiliki bilangan setana

dengan rentang antara 0 – 100, dimana 100 merupakan bilangan setana untuk bahan bakar yang sangat mudah terbakar, sedangkan bahan bakar diesel dengan bilangan setana yang baik idealnya memiliki angka yang lebih besar dari 30, supaya terjadi pembakaran yang lebih sempurna ketika di dalam suatu ruang bakar. Bahan bakar diesel juga diharapkan memiliki kekentalan (*viskositas*) yang relatif rendah agar mudah ketika melalui proses pada pompa injeksi, dan memiliki titik nyala (*flashpoint*) yang tinggi supaya tidak mudah terbakar ketika pada suhu kamar.

#### **2.2.6.1 Viskositas**

Viskositas (kekentalan) yaitu sifat fluida untuk melawan tegangan geser ketika mengalir, tingkat kekentalan juga dapat didefinisikan sebagai besarnya tahanan fluida pada saat mengalir di bawah pengaruh tekanan yang dikenakan. Dapat dikatakan, besarnya nilai viskositas adalah perbandingan antara tegangan geser yang bekerja dengan gaya gesek (Tambun, 2009). Menurut Dewi (2015) untuk mengetahui nilai besar kecilnya suatu viskositas dapat diukur dengan menggunakan alat *viscometer*. Semakin tinggi viskositas 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.

#### **2.2.6.2 Densitas**

Densitas merupakan berat jenis persatuan volume yang berhubungan dengan massa dan volume dari suatu zat. Densitas dari suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volume (Dewi, 2015). Temperatur dapat mempengaruhi nilai densitas dari suatu zat. Semakin tingginya temperatur suatu zat maka kecepatan zat tersebut akan semakin rendah, hal ini dikarenakan molekul – molekul yang saling mengikat pada suatu zat akan terlepas. Kenaikan temperatur suatu zat akan menyebabkan volume zat tersebut meningkat, sehingga hubungan antara densitas dengan volume suatu zat berbanding terbalik. (Sinarep, 2011). Selain itu



nilai densitas juga dapat diprediksi dari densitas asam lemak penyusunnya (Indrayati, 2009).

#### **2.2.6.3 Titik Nyala (*Flashpoint*)**

Menurut Widyastuti (2007) Menjelaskan *flash point* merupakan nilai yang menyatakan suhu terendah dari campuran bahan bakar dengan udara masih menyala. Jika penyalaaan yang terjadi secara kontinyu, maka suhu itu disebut titik api. Dengan demikian kita dapat mengetahui materi–materi yang volatil dan mudah terbakar, sehingga secara tidak langsung titik nyala akan berkaitan erat dengan kerja mesin, penyimpanan dan keamanan. Selain itu *flash point* yang rendah dapat membahayakan karena tingginya resiko terjadi penyalaaan. Sebaliknya, *flash point* tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah (Kurdi, 2006).

#### **2.2.6.4 Nilai Kalor**

Menurut Sinarep dan Mirmanto (2011) Nilai kalor bahan bakar (*Calorific Value*) merupakan besarnya panas yang ditimbulkan pada satu satuan bahan bakar yang dibakar secara sempurna. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan bakar maka semakin besar energi yang terkandung dalam bahan bakar tersebut. Selain itu nilai kalor mempunyai batas atas *Highter Heating Value (HHV)* dan batas bawah *Lower Heating Value (LHV)*. Nilai kalor atas atau *Higher Heating Value (HHV)* yaitu nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 Kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair). Sedangkan *Lower Heating Value (LHV)* yaitu nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 Kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas/uap) (Napitupulu, 2006).

### 2.2.7 Motor Bakar

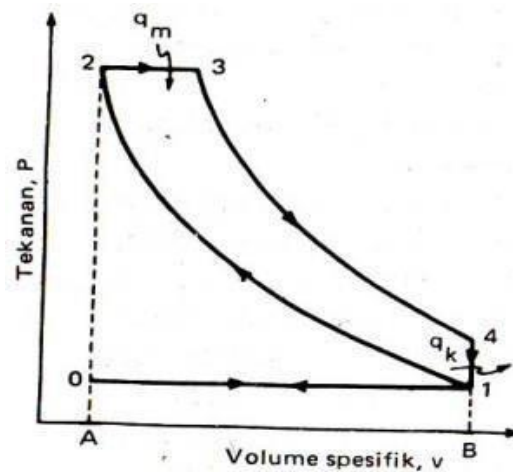
Menurut Mardiansyah (2012) Motor bakar adalah salah satu jenis penggerak yang umumnya dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam.

Menurut Rumarhobo (2011) motor bakar torak menggunakan sebuah silinder, silinder ini digunakan sebagai tempat torak yang bergerak secara bolak – balik atau translasi. Di dalam silinder tersebut terjadi proses kompresi udara yang mengakibatkan terjadinya proses pembakaran setelah bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar tersebut. Piston digerakkan oleh gas yang dihasilkan dari proses pembakaran, selanjutnya gerakan piston akan diteruskan ke poros engkol melalui batang penghubung (*connecting rod*). Sehingga dari gerak translasi torak tersebut menyebabkan terjadinya gerak rotasi pada poros engkol.

#### 2.2.7.1 Motor Diesel

Motor diesel termasuk motor bakar dalam yang menggunakan panas kompresi untuk proses pembakarannya. mesin diesel juga disebut motor penyalaan kompresi (*Compression Ignition Engines*), karena dalam motor diesel, bahan bakar di injeksikan kedalam 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. Motor diesel memiliki perbandingan kompresi sekitar 1 : 11 hingga 1 : 26, jauh lebih tinggi dibandingkan motor bakar bensin yang hanya berkisar 1 : 6 sampai 1 : 9. Konsumsi bahan bakar spesifik mesin diesel lebih rendah (kira-kira 25 %) dibanding motor bensin namun perbandingan kompresinya yang lebih tinggi menjadikan tekanan kerjanya juga tinggi (Sari, dkk 2012).

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)

(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)

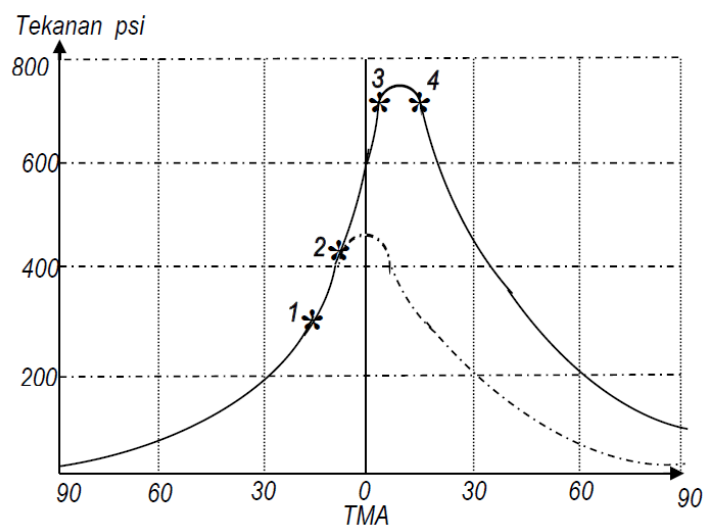
1-0 : Langkah buang, tekanan ( $p$ ) konstan (isobarik)

### 2.2.7.2 Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel

Menurut Sukoco dan Arifin (2013) motor diesel termasuk mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) artinya proses pembakaran bahan untuk menghasilkan energi panas, dilakukan di dalam mesin itu sendiri. Selain itu pembakaran merupakan suatu reaksi kimia yang mana elemen-elemen tertentu dari suatu bahan bakar berkombinasi dengan oksigen sehingga menyebabkan naiknya temperatur dari gas-gas tersebut (Maleev, 1991).

Mekanisme pembakaran sendiri dipengaruhi oleh keadaan *intermediet* (pertengahan) dari keseluruhan proses pembakaran di mana atom atom dari komponen yang dapat terbakar bereaksi dengan oksigen dan membentuk produknya berupa gas (Doloksaribu, 2014). Elemen utama dari bahan yang mudah terbakar adalah hidrogen dan karbon, dan masing-masing elemen bergabung dengan oksigen dari udara secara terpisah, hidrogen bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida (Maleev, 1991).

Proses pembakaran yang terjadi pada motor diesel berlangsung dalam empat periode yaitu ditunjukkan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram proses pembakaran motor diesel (Samlawi, 2018)

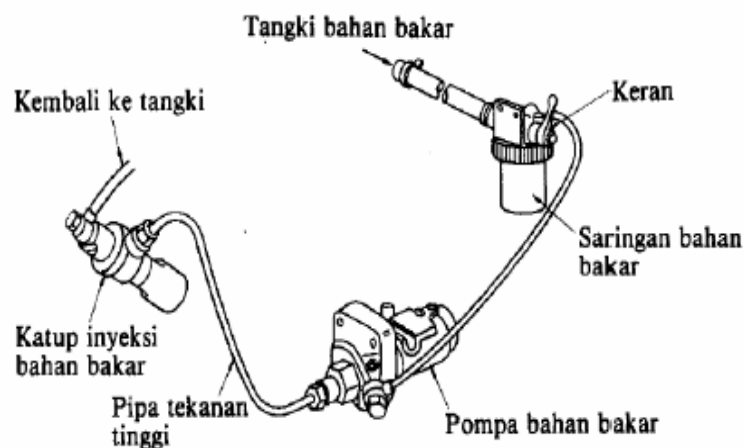
1. Periode pertama : Dimulai dari titik 1 sampai titik 2 yaitu bahan bakar mulai disemprotkan. Periode ini disebut periode persiapan pembakaran atau periode keterlambatan. Periode keterlambatan penyalaan ini juga tergantung dari beberapa faktor antara lain pada mutu penyalaan bahan bakar dan beberapa kondisi misalnya, kecepatan mesin dan perbandingan kompresi.
2. 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 tetapi tekanan masih naik sampai titik 3. Periode ini disebut periode cepat.
3. Periode ketiga : Dinamakan 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.
4. 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.

proses pembakaran keempat periode tersebut semuanya berhubungan erat pada tingkat efektifitas dari suatu kinerja mesin. Efektifitas dari suatu mesin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu sifat karakteristik dari bahan bakar yang digunakan.

Karakteristik dari suatu bahan bakar sangat penting, karena berhubungan dengan kualitas penyalaan (*ignition quality*). Kualitas dari penyalaan ini berkaitan dengan semakin pendek keterlambatan penyalaan maka kualitas penyalaan akan semakin baik.

### 2.2.8 Sistem Bahan Bakar

Menurut Rabiman dan Arifin (2011) menjelaskan bahwa sistem bahan bakar merupakan komponen yang penting dalam mesin diesel, sistem bahan bakar pada mesin diesel memiliki fungsi sebagai penyuplai bahan bakar ke ruang 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, injector (katup injeksi bahan bakar). Berikut adalah skema aliran bahan bakar motor diesel dapat dilihat pada Gambar 2.4.



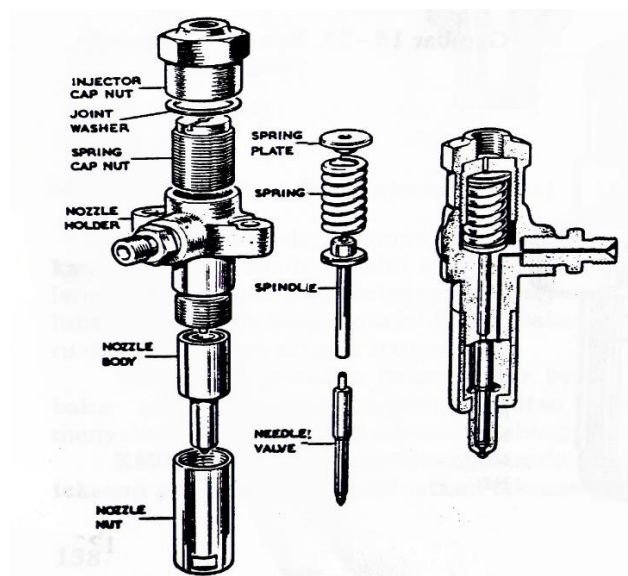
Gambar 2.4 Skema aliran bahan bakar motor diesel (Dikmenjur, 2004)

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 injector melalui pipa tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar yang tinggi mengakibatkan pegas penahan katup nosel didalam injector 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.

### 2.2.8.1 Injector dan Nosel

Menurut Kuncahyo (2016) injector pada motor diesel berfungsi untuk mengatur bentuk kabut bahan bakar yang akan diinjeksikan ke dalam 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 Injector dan komponen-komponennya dapat dilihat pada Gambar 2.5.

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



Gambar 2.5 Konstruksi injector (Sumardyanto dan Suilowati, 2018)

Kuncahyo (2016) menjelaskan konsep kerja dari suatu injector yaitu bahan bakar ditekan oleh pompa injeksi masuk ke injector melalui saluran tekan. Tekanan bahan bakar tadi akan mendorong jarum pengabut ke atas melawan tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang injector dan bahan bakar akan masuk ke dalam 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.

### 2.2.9 Daya Listrik

Menurut Rumahorbo, (2014) 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 :

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

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)

### 2.2.10 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Menurut Rumahorbo, (2014). 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

$$SFC = \frac{mf}{p} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan, SFC : Specific Fuel Consumption atau konsumsi bahan bakar  
Spesifik (kg/kW.h)  
 $mf$  : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)  
P : Daya keluaran (KW)

Besarnya laju aliran bahan bakar ( $mf$ ) dihitung dengan rumus berikut :

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

dengan,  $\rho_f$  : Densitas (g/ml)  
 $v_f$  : Volume bahan bakar yang diuji (ml)  
 $t_f$  : Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume yang diuji (detik)

### 2.2.11 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 angka viskositas pada suatu bahan bakar rendah maka akan menghasilkan semprotan dengan sudut besar, namun sebaliknya Jika bahan bakar memiliki angka viskositas tinggi maka akan menghasilkan semprotan yang bersudut kecil. Panjang semprotan atau injeksi bahan bakar dipengaruhi oleh densitas yang terkandung pada suatu bahan bakar tersebut. Bahan bakar yang

memiliki densitas rendah maka akan menghasilkan semprotan yang panjang, sedangkan jika suatu bahan bakar yang memiliki densitas tinggi maka akan menghasilkan semprotan yang pendek.

Sedangkan 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 :

- $\theta$  : Sudut semprotan ( $^{\circ}$ )
- $\Delta p$  : Tekanan injeksi (Pa)
- $d_0$  : Diameter lubang nosel (mm)
- $\rho_f$  : Densitas bahan bakar ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\nu_f$  : Viskositas kinematik bahan bakar ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

