

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Sebelum penelitian ini ada beberapa penelitian yang terkait dengan pengolahan biogas menjadi sumber tenaga pembangkit listrik baik secara keseluruhan maupun sebatas pada bagian tertentu saja.

Dyah Wulandani (2014) melakukan penelitian yang diterbitkan pada jurnal Keteknikan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, mendapatkan hasil bahwa biogas dapat digunakan pada motor bensin Honda GX 3,5 HP menghasilkan daya mencapai 1,3 kW dengan perbandingan campuran udara dan bahan bakar 1:2,778.

Anak Agung Intan Kartika Putri, dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh jenis kotoran terhadap jumlah kuantitas biogas yang dihasilkan menemukan bahwa 6 liter kotoran sapi mampu menghasilkan 6,75 liter biogas dan untuk kotoran kambing sebesar 6,643 liter.

Muhrom Khudhori (2013) mempublikasikan penelitiannya yang berjudul “Desain Modifikasi Karburator Pada Mesin Penggerak Appo Berbahan Bakar Biogas di Pilot Plant DME Berbah” menghasilkan desain karburator yang lebih sederhana dibandingkan karburator bensin dengan memasang pipa tambahan di lubang venturi sebagai tempat keluarnya biogas.

Maulana Arifin, dkk (2011) dari Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI melakukan penelitian biogas sebagai sumber pembangkit tenaga listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat menghasilkan bahwa jumlah konsumsi biogas untuk pembangkit listrik dengan

daya output 1047 Watt sebesar 0,019 m³/menit. Reaktor menggunakan digester beton dengan Volume 7 m³ dan menghasilkan biogas sebesar 1,92 m³/hari dengan memasukkan kotoran sapi sebanyak 0,5 m³/hari atau sama dengan kotoran 4-6 ekor sapi.

Penelitian yang dilakukan oleh Septian Indra Kusuma (2008) diperoleh hasil bahwa biogas dapat digunakan untuk bahan bakar genset dengan engine motor 4 tak dan mampu mengeluarkan daya sebesar 1 kW. Dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar konvensional mengalami penurunan daya 72%.

Masih banyak lagi penelitian yang berkaitan erat dengan biogas sebagai pembangkit tenaga listrik dan beberapa penelitian yang membahas khusus pada satu bidang namun membantu memberikan informasi pada penelitian ini. Pada penelitian kali ini akan di fokuskan pada bagaimana cara mengkonversi energi pada biogas menjadi energi listrik dengan analisa efisiensi bahan bakar, desain peralatan dan daya output yang dihasilkan.

2.2. Biogas

Biogas adalah dekomposisi bahan organik secara anaerob (tertutup dari udara bebas untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbondioksida. Gas yang terbentuk disebut gas rawa atau gas bio. Proses dekomposisi anaerob dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan (Hadi, 1980).

Secara umum biogas mengandung 60 – 65 % gas Metana (Harikishan, 2008), hal ini cukup untuk menyalakan mesin mengikat biogas dengan

konsentrasi 5 - 15% di udara mampu terbakar jika terdapat nyala api. Semakin tinggi konsentrasi gas metana maka semakin tinggi nilai kalor biogas.

Menurut Hermawan (2005) biogas mengandung komponen – komponen penyusunnya sebagai berikut :

Tabel 2.1. Unsur penyusun biogas

Komponen	Konsentrasi (%)
Metana (CH ₄)	55 – 75
Karbon dioksida (CO ₂)	25 – 45
Nitrogen (N ₂)	0 – 0,3
Hidrogen (H ₂)	1 – 5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3
Oksigen (O ₂)	0,1 – 0,5

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi biogas bersifat relatif. Gas metana (CH₄) merupakan gas utama penyusun biogas.

Gas metana merupakan unsur utama yang menyusun biogas. Memiliki titik nyala -188 °C dan titik didih -161 °C pada tekanan 1 atmosfer. Metana dalam bentuk cair tidak akan terbakar kecuali jika diberi tekanan 4 – 5 atmosfer. Sehingga menyulitkan dalam proses penyimpanan. Dibutuhkan pengolahan lebih lanjut untuk memproses biogas menjadi LNG. Gas metana murni tidak berbau sehingga untuk keamanan diberikan bau buatan sehingga kebocoran gas mudah dideteksi.

Gas metana juga termasuk dalam gas rumah kaca (GRK) karena menyebabkan kerusakan lapisan ozon. Molekul CH_4 di atmosfer lebih berbahaya 25 kali dari CO_2 . Saat ini 16% kadar gas metana dunia disumbangkan dari hasil kegiatan peternakan dan sisanya dari pertanian ladang dan penggundulan hutan.

Karbon dioksida merupakan salah satu unsur pengotor dalam biogas. Keberadaannya dalam biogas akan mengurangi nilai kalor dan kualitas biogas. Titik didih CO_2 berada di suhu $-78\text{ }^\circ\text{C}$, dan masa jenis $1,98\text{ kg/m}^3$. Cara modern untuk menghilangkan unsur CO_2 dari biogas yaitu dengan mendinginkan biogas hingga di bawah suhu $-78\text{ }^\circ\text{C}$ hingga menjadi padat kemudian dipisahkan dari gas metana. Cara ini mampu meningkatkan kemurnian gas metana hingga 98%. Namun biaya yang dikeluarkan cukup besar, dan kurang ekonomis untuk pembangkit listrik skala kecil.

Karbon dioksida merupakan gas yang paling berperan terhadap dampak pemanasan global. Sifatnya yang memiliki daya serap tinggi terhadap cahaya infrarad sehingga meningkatkan suhu rata – rata atmosfer.

Unsur lainnya berupa H_2O , O_2 dan H_2S berada pada kadar yang rendah. Namun H_2S atau sulfur ketika ikut dalam pembakaran akan meninggalkan kerak pada mesin. Hal ini sangat berbahaya bagi mesin, karena mesin yang menggunakan bahan bakar biogas tanpa proses pemurnian harus bongkar total 100 kali lebih awal.

Kandungan gas metana maupun zat penyusun lainnya pada biogas yang dihasilkan tentu saja tidak selalu sama di setiap tempat dan waktu. Karena sangat

dipengaruhi oleh bahan baku, metode pembuatan dan kondisi reaktornya. Bahkan apabila berasal dari kotoran ternak juga berbeda setiap jenis ternaknya.

Tabel 2.2. Jenis bahan baku penghasil biogas

Bahan	Produksi Biogas (L/kg TS)	Kadar Metana (%)	Waktu Tinggal (hari)
Pisang (Buah dan daun)	940	53	15
Rumput	450-530	55-57	20
Jagung (batang secara keseluruhan)	350-500	50	20
Jerami (dicacah)	250-350	58	30
Tanaman rawa	380	56	20
Kotoran ayam	300-450	57-70	20
Kotoran sapi	190-220	68	20
Sampah (fraksi organik)	380	56	25

Sumber : Arati (2009), modifikasi. *)TS= *total solids*/ bahan kering

Berdasarkan tabel diatas pisang (buah dan daun) menghasilkan biogas paling banyak dan paling pendek masa tinggalnya dibandingkan bahan baku yang lain. Dari segi kualitas kotoran ayam menempati posisi dengan kualitas biogas tertinggi dengan kadar gas metana 57 – 70 %.

Kotoran sapi yang paling banyak dimanfaatkan di lapangan menghasilkan 190 – 220 liter biogas per kilogram kotoran. Kadar gas metana yang dihasilkan sebesar 68% dan masa tinggal 20 hari.

2.2.1. Digester

Biogas merupakan bahan bakar terbarukan yang sangat potensial untuk dimanfaatkan. Di Indonesia jumlahnya sangat melimpah karena kaya akan sumber daya alam berupa material organik berupa dedaunan, kotoran hewan maupun kotoran manusia. Biogas dapat dimaksimalkan produksinya bila bakteri pengurai bekerja pada keadaan tanpa oksigen atau *anaerob*.

Untuk menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar diperlukan suatu alat yang disebut digester. Biogas pada digester akan terbentuk pada hari ke 4-5 dan mencapai puncaknya pada hari ke 15-20. Produksi biogas rata – rata mengandung 55% gas metana yang merupakan bahan bakar utama biogas.

Terdapat 3 kelompok bakteri dalam proses penguraian kotoran, yaitu :

1. Kelompok bakteri fermentatif, yaitu dari jenis *steptococci*, *bacteriodes*, dan beberapa jenis *enterobacteriaceae*.
2. Kelompok bakteri asetogenik, yaitu *desulfovibrio*.
3. Kelompok bakteri metana, yaitu dari jenis *mathanobacterium*, *mathanobacillus*, *methanosacaria*, dan *methanococcus*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat proses pembangunan biodegester, yaitu:

Kondisi abiotis harus sepenuhnya anaerob. Jika terdapat udara yang mengandung oksigen masuk kedalam digester akan mengurangi produksi gas metana yang dihasilkan. Karena bakteri cenderung akan memakan oksigen yang masuk daripada terus bekerja memakan kotoran organik yang terdapat dalam digester.

1. Kondisi temperatur yang stabil. Kondisi temperatur yang ideal untuk digester pada umumnya di indonesia rata – rata 20-30 derajat celcius. Dengan posisi tanpa pemanasan dan terlindung dari sinar matahari atau pada umumnya di tanam di dalam tanah sehingga temperaturnya stabil.

2. Keasaman (pH). Kondisi keasaman yang baik untuk perkembangan bakteri dalam digester antara 6,6 – 7,0 dan pH diusahakan tidak di bawah 6,2.
3. C/N rasio. C/N rasio yang ideal untuk produksi biogas antara 25 – 30. Oleh karena itu untuk menambah kandungan karbon yang tinggi perlu ditambahkan jerami atau urea (unsur N). Berikut C/N rasio beberapa jenis kotoran hewan : Kerbau (18), Kuda (25), Sapi (18), Ayam (15), Babi (25), Kambing/Domba (30) dan Manusia (6-10).
4. Nutrisi tambahan. Dalam proses fermentasi, bakteri membutuhkan beberapa nutrisi tambahan berupa sedikit unsur logam. Jika kekurangan salah satu unsur nutrisi yang dibutuhkan dapat menurunkan proses produksi metana. Nutrisi yang dibutuhkan antara lain ammonia (NH_3) sebagai sumber Nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam jumlah yang sedikit. Selain itu, magnesium (Mg), fosfor dalam bentuk fosfat (PO_4), dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit pula.

Tabel 2.3. Daftar bahan nutrisi tambahan proses pembuatan biogas

Bahan	Jumlah Kebutuhan (mg/g asetat)
$\text{NH}_4 - \text{N}$	3,3
$\text{PO}_4 - \text{P}$	0,1
S	0,33
Ca	0,13
Mg	0,018
Fe	0,023
Ni	0,004
Co	0,003
Zn	0,02

Sumber : www.kamase.org

5. Pengaruh starter yang mengandung bakteri Metana diperukan untuk mempercepat proses fermentasu anaerob. Beberapa jenis starter antara lain:

- Lumpur aktif, timbunan sampah organik, timbunan kotoran, sludge, cairan *septic tank* dan seperti lumpur kolam ikan.
- Starter buatan, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

2.2.2. Jenis digester

Dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi :

1. *Fixed dome*. Pada digester ini memiliki volume yang tetap. Sehingga ketika terjadi penambahan produksi gas metana akan meningkatkan tekanan pada digester. Untuk menghindari tekanan yang berlebihan di dalam digester perlu ditambahkan katup pengaman tekanan atau *relief valve*.
2. *Floating dome*. Digester ini memiliki bagian tabung yang dapat bergerak dan menyesuaikan tekanan gas yang meningkat. Ketika tekanan gas meningkat maka volume digester juga akan meningkat pula.

Dari segi aliran bahan baku reaktor biogas, biodigester dibedakan menjadi :

1. Bak (*batch*). Bahan baku ditempatkan pada wadah dari proses awal hingga akhir proses digesti. Pada umumnya tipe ini digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi tertentu dari suatu bahan baku.
2. Mengalir (*continuous*). Untuk tipe ini, aliran bahan baku akan diisi terus – menerus dan terdapat pintu pembuangan untuk mengalirkan residu yang tidak terpakai.

Sementara dari segi tata letak penempatan digester, dibedakan menjadi :

1. Keseluruhan digester berada di permukaan tanah. Pada umumnya digester dibuat dari tong – tong bekas yang dimodifikasi sehingga dapat digunakan untuk proses digesti. Pada tipe ini jumlah produksi biogas sangat terbatas dan tidak bisa mencukupi kebutuhan rumah tangga. Material yang digunakan juga tidak dapat bertahan lama karena korosi.
2. Sebagian tangki biodigester di bawah permukaan tanah. Pada umumnya digester terbuat dari campuran beton yang dibentuk seperti sumuran lalu ditutup plat baja. Volume tangki dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan kebutuhan. Kelemahan dari tipe ini apabila temperatur di luar ruangan dingin akan merambat melalui plat baja dan akan mengurangi produksi gas metana.
3. Seluruh tangki digester ditanam di bawah tanah. Tipe ini menggunakan digester dengan konstruksi permanen menggunakan campuran beton. Tipe ini memiliki keunggulan dimana suhu digester sangat stabil dan tidak mudah terpengaruh suhu luar ruangan dan sangat mendukung perkembangan bakteri methanogen.

2.2.3. Komponen utama digester

1. Saluran masuk *slurry*. Dirancang untuk memudahkan *slurry* masuk ke dalam digester tanpa hambatan. Pada umumnya *slurry* terbuat dari polimer jenis PVC yang tahan terhadap keausan ataupun korosi akibat *slurry* yang masuk maupun udara luar. Beberapa tipe juga dilengkapi dengan pengaduk *slurry* pada ujung awal saluran masuk. Sehingga memudahkan proses

pencampuran kotoran yang dicampur dengan air lalu diaduk dengan pengaduk yang telah terpasang.

2. Saluran keluar residu. Saluran keluar dibuat lebih besar dari saluran masuk dengan tujuan supaya residu yang keluar secara merata dan tidak ada yang tertinggal di dalam digester. Beberapa tipe saluran buang dilengkapi dengan bak penampung sisa residu, sehingga memudahkan saat menguras residu pada digester.
3. Katup pengaman tekanan (control valve). Untuk menghindari tekanan berlebih pada digester yang akan menimbulkan masalah dalam penyaluran biogas, digester dilengkapi dengan katup pengaman. Apabila tekanan di dalam digester melebihi batas tertentu katup pengaman akan mengeluarkan gas ke udara bebas sehingga tekanan dalam digester tetap stabil.
4. Saluran gas. Pada umumnya di Indonesia menggunakan pipa PVC untuk menyalurkan gas ke instalasi peralatan masak, lampu dan lain – lain. Penggunaan PVC dikarenakan tahan karat, tahan terhadap bahan kimia gas, mudah dalam pemasangan dan harganya yang relatif murah.

2.3. Motor bakar

2.3.1. Jenis motor bakar

Motor bakar adalah mesin untuk menghasilkan tenaga dengan menggunakan proses pembakaran bahan bakar. Motor bakar dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu motor bakar pembakaran dalam (internal combustion engine) dan motor bakar pembakaran luar (eksternal combustion engine). Contoh motor pembakaran

dalam adalah motor 4 tak, motor 2 tak dan motor diesel. Sedangkan contoh motor pembakaran luar adalah mesin uap, mesin jet, dan *stirling engine*.

Proses pada motor pembakaran dalam terjadi di dalam ruang bakar yang tertutup dari udara luar. Dimana bahan bakar dan udara dikompresi pada tekanan tertentu kemudian dipantik menggunakan busi atau terbakar dengan sendirinya pada motor diesel. Tekanan hasil pembakaran ini diubah menjadi gerak mekanik dan menghasilkan tenaga.

Pada motor pembakaran luar, proses terjadinya pembakaran terjadi di luar sistem tenaga atau ekspansi. Motor pembakaran luar memiliki keunggulan dalam penggunaan bahan bakar yang dapat diganti dengan kualitas yang bervariasi. Kelemahannya adalah memiliki nilai efisiensi nilai kalor bahan bakar yang sangat rendah dibandingkan motor pembakaran dalam.

Pada tulisan ini kami akan membahas pada jenis motor pembakaran dalam khususnya motor bensin 4 tak.

Pembakaran merupakan proses oksidasi cepat bahan bakar disertai produksi panas, energi dan cahaya. Terdapat 3 faktor pembakaran yaitu temperatur, oksigen dan bahan bakar.

Ketiadaan salah satu atau dua faktor akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna atau tidak akan terjadi.

Pada motor bensin terapat 3 syarat terjadinya pembakaran sempurna yang menghasilkan tenaga.

1. Tekanan kompresi yang cukup
2. Campuran bahan bakar dan udara yang mencukupi

3. Dan percikan bunga api yang cukup besar dari busi

Sebagai gambaran apabila bensin dituangkan ke dalam panci tanpa tutup lalu di nyalakan api, akan terbakar tanpa memberikan tenaga mekanik. Namun apabila panci tersebut ditutup kemudian dinyalakan api akan membakar bensin yang mendorong tutup panci keluar. Pada saat itu nyala api memberikan tenaga mekanik berupa dorongan pada tutup panci.

Pembakaran di dalam silinder membutuhkan waktu hingga seluruh campuran bahan bakar terbakar. Oleh karena itu pada motor bensin percikan bunga api dari busi dinyalakan beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA.

Pada motor bensin terdapat 4 macam proses yang harus dilalui untuk mencapai 1 kali siklus pembakaran yang menghasilkan tenaga :

1. Langkah hisap. Proses masuknya campuran bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan rasio perbandingan udara bahan bakar yang ideal 14,7 : 1. Campuran masuk akibat dari tekanan di dalam silinder lebih rendah dari udara luar.
2. Langkah kompresi. Campuran udara dan bahan bakar dikompresi dengan tekanan tertentu, umumnya untuk motor bensin rasio kompresi sekitar 6 – 11.
3. Langkah tenaga. Temperatur campuran udara dan bahan bakar akan naik dan mudah terbakar sehingga dengan pemantik percikan bunga api dari busi akan cepat membakar seluruh campuran di dalam ruang bakar. Meningkatnya temperatur ruang bakar dalam waktu singkat diikuti dengan

meningkatnya tekanan yang mendorong piston ke TMB dan menghasilkan tenaga.

4. Langkah buang. Di akhir langkah tenaga sisa pembakaran keluar melalui saluran buang yang terbuka.

Untuk menghasilkan tenaga motor bensin berturut – turut harus mengikuti langkah ini secara *continue*. Terdapat 2 jenis motor bensin berdasarkan jumlah langkah piston untuk sekali tenaga :

1. Motor bensin 2 langkah

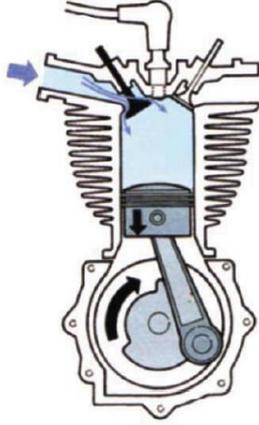
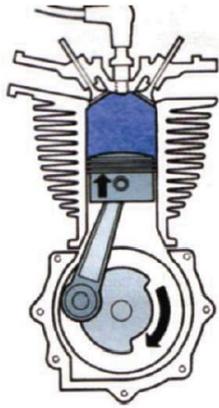
Membutuhkan 2 kali langkah piston untuk satu kali siklus pembakaran.

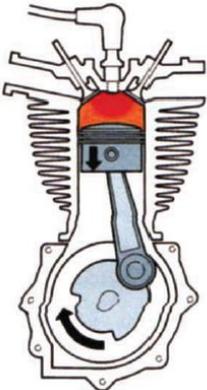
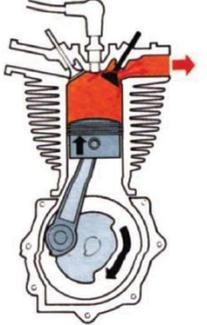
2. Motor bensin 4 langkah

Membutuhkan 4 kali langkah piston untuk satu kali siklus pembakaran.

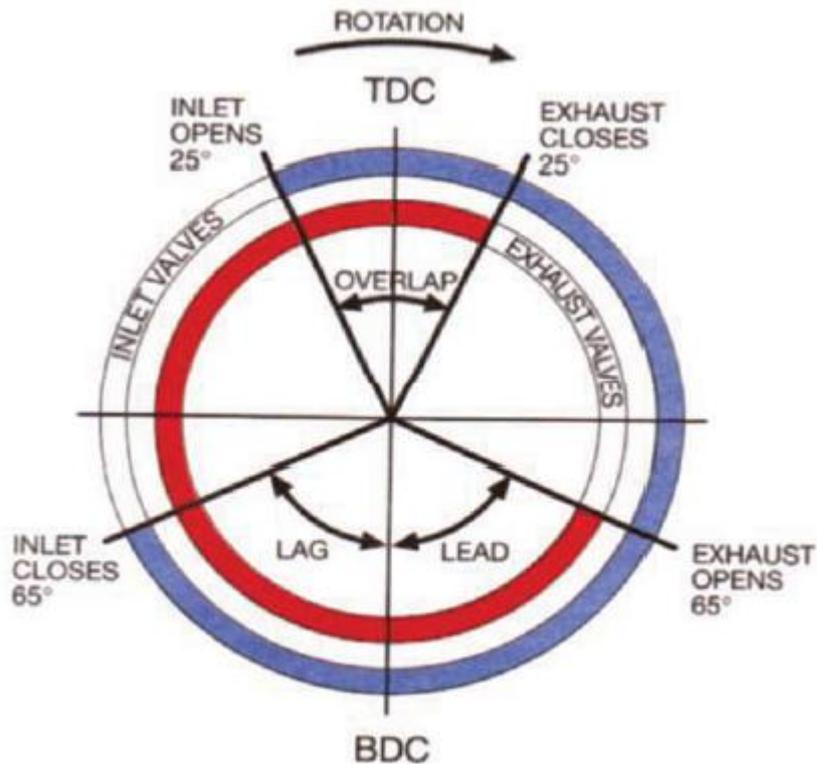
2.3.2. Cara kerja motor 4 tak

Tabel 2.4. Tabel cara kerja mesin 4 tak

Proses	Penjelasan dan gambar
<p>Langkah hisap</p> <ul style="list-style-type: none"> • Katup masuk terbuka, katup buang tertutup • Piston bergerak dari TMA menuju TMB 	<p>Saat piston bergerak dari TMA menuju TMB, terjadi kevakuman di dalam ruang bakar. Campuran udara dan bahan bakar masuk ke ruang bakar melalui <i>intake manifold</i> yang terbuka katupnya.</p> 
Proses	Penjelasan dan gambar
<p>Langkah kompresi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Katup masuk dan katup buang tertutup • Piston bergerak dari TMB menuju TMA 	<p>Campuran udara dan bahan bakar dikompresi untuk meningkatkan temperatur (temperatur naik sekitar tiga kali lipat) dan tekanan sehingga memudahkan penyalaan. Semakin tinggi temperatur campuran bahan bakar semakin meningkatkan tenaga yang dihasilkan. Beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA busi memercikkan bunga api dan mulai membakar campuran bahan bakar</p> 
Proses	Penjelasan dan gambar
<p>Langkah tenaga</p>	<p>Campuran bahan bakar terbakar dengan sangat</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Katup masuk dan katup buang tertutup • Piston bergerak dari TMA menuju TMB 	<p>cepat dan menimbulkan temperatur tinggi secara tiba – tiba, menekan ke segala arah dan mendorong piston menuju TMB. Gerakan mekanik piston diubah menjadi gerak putar melalui <i>connecting rod</i>.</p> 
Proses	Penjelasan dan gambar
<p>Langkah buang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Katup masuk tertutup, katup buang terbuka • Piston bergerak dari TMB menuju TMA 	<p>Sebelum piston sampai di TMB pada langkah tenaga, katup buang terbuka dan sisa pembakaran mengalir keluar. Ketika piston bergerak dari TMB menuju TMA katup buang terbuka penuh dan piston menekan keluar seluruh gas sisa pembakaran.</p> 

Saat pembukaan dan penutupan katup yang berhubungan dengan gerakan piston disebut “Valve timing” atau tertib katup.



Gambar 2.1. Diagram tertib katup

(Sumber : Jalius, Jama. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1)

2.3.3. Komponen utama motor bakar 4 tak

1. Kepala silinder

Kepala silinder berfungsi untuk menutup bagian atas silinder, tempat ruang bakar, dudukan katup, dudukan busi dan terdapat *rocker arm*. Kepala silinder terbuat dari bahan aluminium campuran yang ditempatkan di atas blok silinder dan dihubungkan menggunakan baut. Untuk mencegah kebocoran kompresi di antara keduanya di selipkan gasket dan lem sebagai perapat.

Terdapat dudukan katup masuk dan katup buang yang digerakkan secara tidak langsung menggunakan *rocker arm* dan *push rod* untuk tipe OHV (Over

Head Valve) dimana posisi *camshaft* berada di ruang engkol mesin. Dudukan busi diletakkan ditempat yang mudah untuk bongkar pasang, karena busi merupakan komponen yang sering aus akibat percikan bunga api dari aliran listrik tegangan tinggi dan harus diganti.

2. Blok silinder

Blok silinder dan silinder liner merupakan komponen terpisah yang dibuat suatu kesatuan. Blok silinder terbuat dari bahan besi tuang yang tahan terhadap panas sedangkan silinder liner terbuat dari besi tuang yang tahan terhadap panas dan gesekan. Di dalam blok silinder tidak terdapat banyak komponen. Di bagian samping terdapat lubang sebagai tempat push rod.

Konstruksi blok silinder sengaja dibuat terpisah dengan silinder liner. Hal ini dimaksudkan supaya ketika terjadi keausan yang berlebihan pada dinding silinder, silinder liner akan di lepas dan diganti. Bagian luar blok silinder dibuat sirip – sirip yang berfungsi untuk mempercepat pendinginan mesin. Sirip – sirip memperluas bidang pendinginan sehingga membuat suhu mesin selalu stabil.

Blok silinder merupakan tempat piston berada dan bergerak ketika mesin dioperasikan. Silinder liner harus mampu menahan gesekan, tekanan dan panas dari pembakaran. Pada dinding silinder harus licin dan terhindar dari goresan. Pada umumnya goresan terjadi akibat adanya partikel dari luar yang masuk ke dalam silinder atau juga bisa terjadi akibat kesalahan memasang ring piston.

3. Piston

Piston berbentuk silinder ditempatkan tepat di tengah blok silinder. Gerakan piston merupakan gerakan translasi (bolak – balik) yang diubah menjadi gerak

putar di blok engkol dengan dihubungkan dengan *connection rod*. Pada saat beroperasi piston mampu bergerak hingga 2400 kali atau 40 kali per detiknya. Pada mesin 4 tak piston berfungsi sebagai alat pengubah energi panas hasil pembakaran menjadi gerak mekanik.

Konstruksi piston dibuat tahan panas, anti muai, tahan terhadap tekanan tinggi, mudah menghantarkan panas dan ringan. Bahan membuat piston adalah campuran aluminium. Piston terdiri dari batang piston dan ring piston. Ring piston berfungsi mempertatkan kerapatan antara piston dan dinding silinder untuk mencegah kebocoran gas dari ruang bakar ke ruang engkol. Oleh karena itu ring piston harus memiliki kepegasan yang kuat menekan ke dinding silinder. Terdapat 2 atau 3 ring piston pada motor bensin 4 tak :

1. Ring 1 atau yang paling atas adalah ring kompresi. Ring kompresi dibuat lebih kuat dan dibuat dari bahan yang lebih keras dan lebih tahan panas. Fungsi ring kompresi adalah mencegah kebocoran kompresi pada saat motor beroperasi.
2. Ring 2 atau yang tengah adalah ring bilas. Berfungsi untuk mencegah kebocoran kompresi sehingga bisa disebut ring kompresi juga dan berfungsi untuk membilas sisa oli yang masih tersisa di dinding silinder. Bahan pembuat ring bilas lebih lunak dari ring 1.
3. Ring 3 atau yang paling bawah adalah ring oli. Berfungsi untuk membersihkan oli yang menempel di dinding silinder akibat dari proses pelumasan. Ring oli memiliki bentuk yang paling berbeda dari yang lain terdapat alur pada seluruh konstruksi ring.

Piston dan ring piston bersama – sama berfungsi sebagai berikut :

1. Menghisap dan mengkompresi campuran bahan bakar di ruang bakar
2. Mengubah tenaga ekspansi gas pembakaran menjadi tenaga mekanis
3. Mencegah kebocoran gas dari ruang bakar ke ruang engkol.

4. Katup (*Valve*)

Katup hanya terdapat di motor bakar 4 langkah. Berfungsi untuk membuka dan menutup ruang bakar. Letaknya berada di kepala silinder. Setiap silinder terdiri dari 2 jenis katup , yaitu katup masuk dan katup buang. Dalam pengoperasiannya katup dibantu oleh mekanisme katup yang terdiri dari :

- Poros kam (*camshaft*)
- Batang penekan (*Push rod*)
- Pegas penutup (*Spring*)
- Baut penyetel
- *Rocker arm*

Gerakan pembukaan dan penutupan katup di atur untuk mengikuti gerak langkah piston. Untuk mekanisme katup tipe OHV poros kam dihubungkan dengan poros engkol (*crankshaft*) menggunakan rantai atau roda gigi. Terdapat minimal 2 kam pada *camshaft*. Kam katup buang dan kam katup masuk. Kam menekan *push rod* dan menggerakkan *rocker arm* lalu menekan katup untuk membuka. *Spring* berfungsi untuk mengembalikan katup pada posisi semula.

5. Bak engkol (*Crankcase*)

Bak engkol pada umumnya terbuat dari aluminium die casting dengan tambahan sedikit logam. Berfungsi sebagai tempat dudukan beberapa komponen di dalamnya :

- Poros engkol dan bantalan peluru
- Bobot kontra
- Sebagai wadah oli mesin
- Pompa oli
- Poros kam

2.3.4. Unjuk kerja motor bakar

a. Torsi mesin

Torsi adalah ukuran suatu mesin untuk menghasilkan kerja. Semakin besar torsi semakin besar tenaga yang dihasilkan. Besar torsi dapat dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{N_e}{\left(\frac{2\pi.n}{60}\right)} = \frac{30.N_e}{\pi.n} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

T : torsi (N.m)

N_e : daya poros (Watt)

N : putaran (rpm)

b. Tekanan efektif rata – rata (*Brake Mean Effective Pressure = bmep*)

Tekanan efektif rata – rata adalah tekanan teoritis apabila gas mendorong torak sepanjang langkah kerja dan menghasilkan tenaga.

$$bmep = \frac{\text{kerja per siklus}}{\text{volume langkah h torak}} \dots\dots\dots(2)$$

$$bmep = \frac{N_e}{V_L \cdot Z \cdot n \cdot a}$$

dimana :

bmep : tekanan efektif rata – rata (kg/m² atau Pa)

N_e : daya poros/daya efektif (watt)

V_L : Volume langkah torak (m³)

Z : jumlah silinder

N : putaran poros engkol (rpm)

a : jumlah siklus per putaran, $\frac{\text{siklus}}{\text{putaran}}$

c. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Pemakaian bahan bakar spesifik adalah banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi mesin per jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan. Harga pemakaian bahan bakar spesifik yang lebih rendah menyatakan efisiensi yang lebih tinggi. Jika dalam suatu pengujian mesin diperoleh data mengenai penggunaan jumlah bahan bakar (kg bahan bakar/jjam), dan dalam waktu 1 jam diperoleh tenaga yang dihasilkan N, maka rumus pemakaian bahan bakar spesifik adalah sebagai berikut :

$$B = \frac{G_f}{N} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

B : pemakaian bahan bakar spesifik (kg bahan bakar/jam.W)

G_f : jumlah bahan bakar yang digunakan (kg bahan bakar/jam)

N : jumlah tenaga yang dihasilkan per waktu (W)

d. Efisiensi Termal Efektif

Efisiensi termal efektif adalah efisiensi pemanfaatan panas dari bahan bakar untuk diubah menjadi tenaga. Besar efisiensi total dapat dihitung dengan :

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_f \cdot Q_c} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

η_e : efisiensi termal efektif (%)

N_e : daya efektif (W)

G_f : jumlah bahan bakar yang dipergunakan (kg bahan bakar/s)

Q_c : nilai kalor bahan bakar (J/kg bahan bakar)

2.3.5. Modifikasi Motor Bakar

Modifikasi pada motor bakar bensin tidak terlalu sulit. Ada beberapa langkah modifikasi yang dapat digunakan antara lain :

1. Modifikasi pada kompresi mesin
2. Modifikasi pada system pengapian
3. Modifikasi pada system penyaluran bahan bakar atau karburasi

Menurunkan perbandingan kompresi akan membuat mesin lebih mudah menerima bahan bakar yang lebih rendah kualitasnya. Pada umumnya biogas yang memiliki kadar gas metana lebih dari 90% mampu bekerja dengan baik pada

rasio kompresi 11 – 13. Sedangkan motor bakar bensin pada umumnya 8 –11. Namun biogas yang belum melalui proses pemurnian mengandung banyak zat pengotor sehingga rasio kompresi harus diturunkan.

Modifikasi pada sistem kompresi yaitu dengan cara mengubah kedudukan sambungan antara batang piston dengan batang engkol. Sehingga memperpanjang langkah piston dan meningkatkan kapasitas mesin namun dengan volume ruang bakar yang sama. Cara lain dengan mengganti kop silinder dengan ruang bakar yang lebih kecil sehingga dengan volume langkah yang sama otomatis meningkatkan rasio kompresi.

Bahan bakar biogas lebih sukar terbakar jika dibandingkan bensin. Hal ini dikarenakan biogas memiliki banyak zat pengotor yang sukar dipisahkan atau dipurifikasi. Oleh karena itu jika tetap menggunakan mesin standar motor bensin maka akan terjadi keterlambatan pembakaran saat beroperasi. Bahan bakar biogas akan terus terbakar tidak pada waktu yang tepat. Hal ini akan menyebabkan panas dan tenaga maksimal akan sukar didapatkan. Bahan bakar akan lebih boros.

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi waktu pengapian yang tepat, diantaranya :

1. Putaran mesin, semakin tinggi kecepatan putaran mesin maka waktu pengapian harus semakin dimajukan, ini dilakukan untuk memberi waktu api merambat di ruang bakar.
2. Suhu atau temperatur pembakaran mesin, semakin tinggi temperatur maka waktu pengapian harus diundurkan, karena bahan bakar akan semakin mudah dibakar di suhu yang tinggi.

3. Penggunaan jenis bahan bakar, kandungan oktan di setiap bahan bakar berbeda. Pada umumnya angka oktan yang tinggi akan lebih mudah terbakar dibandingkan dengan bahan bakar dengan angka oktan lebih rendah.
4. Banyaknya kandungan udara dalam campuran bahan bakar, semakin banyak udara semakin bahan bakar mudah terbakar dan mengharuskan waktu pengapian dimundurkan.

Modifikasi pada sistem pengapian dengan cara mengubah waktu pengapian sehingga busi memercik pada waktu yang tepat. Untuk mengubah waktu pengapian dengan cara menggeser posisi spull pengapian.

Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna diperlukan salah satunya perbandingan bahan bakar dan udara yang tepat. Udara memiliki kandungan oksigen sekitar 21%. Untuk mendapatkan perbandingan yang tepat ilmuwan melakukan penelitian bagaimana memaksimalkan kandungan oksigen di udara dalam proses pembakaran. Setiap bahan bakar memiliki karakteristik yang berbeda dalam memaksimalkan oksigen ketika pembakaran.

Perbandingan massa campuran bahan bakar yang ideal untuk motor bakar bensin sekitar 1 : 14,7 pada tekanan 1 atm. Sedangkan perbandingan massa campuran biogas dengan kadar 50% gas metana sekitar 1 : 4,6 atau jika diukur dengan volume sekitar 1 : 5,8.

Diperlukan karburator atau *mixer* khusus untuk mendapatkan perbandingan ideal untuk biogas. Karburator biogas dapat dibuat dari karburator

bensin yang dimodifikasi ataupun membuat sendiri menggunakan bahan tertentu.

Biogas mempunyai karakteristik yang berbeda dengan bensin, diantaranya :

Tabel 2.5. Perbedaan karakteristik biogas dengan bensin

Bensin	Biogas
<ul style="list-style-type: none"> • Bahan bakar gas yang sebagian besar wujudnya masih cair • Memiliki tekanan gas yang kecil dan cenderung tidak memiliki tekanan • Mudah sekali terbakar di udara bebas, bahkan oleh percikan bunga api • Memiliki nilai kalor 9766 kkal/kg • Massa Jenis Bensin 783 kg/m³ • Murni terdiri zat yang mampu terbakar • Mudah disimpan dan dibawa dikendaraan 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan bakar gas dengan wujud gas • Memiliki tekanan gas yang berubah – ubah • Lebih sulit terbakar dibandingkan dengan bensin • Memiliki nilai kalor yang lebih rendah dari bensin 5 – 6 KWh (4320 – 5184 kkal/m³) tergantung dari jumlah kandungan CH₄ • Massa Jenis Biogas 1,3 kg/m³ • Masih mengandung banyak zat pengotor sehingga perlu pemurnian • Sulit digunakan untuk kendaraan karena jika biogas dikompres pada suhu ruangan hingga lebih dari 5 atm akan menyala dengan sendirinya

Sumber : Suyitno, 2009