

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebelum penelitian ini ada beberapa penelitian yang terkait dengan pengolahan *Biogas* guna meningkatkan kualitas *Biogas* itu sendiri baik secara keseluruhan maupun sebatas pada bagian tertentu saja.

Alan Darma Saputra, dkk (2012) melakukan penelitian tentang bagaimana cara meningkatkan kualitas *Biogas* sehingga nilai kalornya menjadi lebih tinggi yaitu dengan melakukan absorpsi kandungan CO₂ dalam *Biogas*. Pada hal ini didapatkan bahwasanya dengan kadar CO₂ dari 38,4 % bisa turun menjadi 15% volumenya.

Lili Zalizar, dkk (Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan 23 (3): 32-40) melakukan penelitian tentang potensi produksi dan ekonomi *Biogas* serta implikasinya terhadap kesehatan pada manusia, ternak dan lingkungan. Pada hal ini didapatkan hasil bahwasanya *Biogas* merupakan energi alternatif yang baru dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Selain itu *Biodigester Biogas* sangat bermanfaat untuk menjaga kesehatan manusia, ternak dan lingkungan.

Septian Indra Kusuma (2009) melakukan penelitian tentang rancang bangun pembangkit listrik tenaga *Biogas*. Pada hal ini didapatkan hasil bahwa H₂S dapat diabsorpsi sebesar 1,76 g per jam, H₂O 5 g per jam. Dalam hal ini digunakan limbah besi dari mesin bubut dan *Silica Gel*.

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 meningkatkan kualitas *Biogas* dengan cara mengurangi kadar pengotornya dengan menggunakan *Zeofilter* dan juga NaOH sehingga kualitasnya bisa meningkat dengan menganalisa performa yang dapat dihasilkannya *Genset*.

2.2 *Biogas*

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganismen dalam keadaan anaerobik (Asri Wuryantari Nurcahyaningtyas, 2014).

Secara umum *Biogas* mengandung 55 – 75 % gas Metana, hal ini cukup untuk menyalakan mesin mengingkat *Biogas* dengan konsentrasi 5 - 15% di udara mampu terbakar jika terdapat nyala api. Semakin tinggi konsentrasi gas metana maka semakin tinggi nilai kalor *Biogas*.

Tabel 2.1 Unsur Penyusun Dalam *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 ditunjukkan bahwasanya gas metan (CH₄) merupakan unsur penyusun utama *Biogas* (55-75 %), kemudian disusul dengan CO₂ (25-45 %).

Sifat Fisika :

1. Wujud : Gas
2. Warna : Tidak berwarna
3. Bau : Tidak berbau
4. Titik didih : -161,5 C
5. Titik Beku : -182,5 C
6. Titik nyala : -188 C
7. Titik bakar : 580 C
8. Specific gravity : 0,55
9. Kelarutan dalam air : Tidak larut

Sifat Kimia :

1. Rumus molekul : CH₄
2. Sifat karat : Tidak menimbulkan karat
3. Nyala api : biru
4. Sifat racun : Pada konsentrasi tinggi menyebabkan defisiensi oksigen
5. Nilai kalor : 20 MJ/ m³

Untuk saat ini masih banyak kesulitan dalam pengolahan *Biogas* menjadi bentuk cair (LNG). Metana termasuk gas yang bersifat non-condensable (tidak dapat langsung berubah menjadi cair) bahkan sampai tekanan suhu yang tinggi. Hal ini tidak seperti LPG yang dengan mudah berubah menjadi cair pada 8 atm pada

suhu kamar. Selain itu ketika dilakukan penekanan maka akan terjadi kenaikan suhu yang dapat menyebabkan resiko ledakan pada saat penekanan. (Ika: 2014)

Gas metana juga dikategorikan dalam gas rumah kaca yang dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon. Gas metan (CH_4) ketika berada di atmosfer maka akan lebih berbahaya 25 kali dibandingkan dengan gas CO_2 . Untuk saat ini kadar gas metan di dunia, 16% berasal dari kegiatan peternakan dan yang lainnya berasal dari ladang pertanian dan penggundulan hutan.

Karbon dioksida juga termasuk dalam kategori gas yang berperan terhadap dampak pemanasan global. CO_2 memiliki daya serap tinggi terhadap cahaya infrarad sehingga bisa menyebabkan peningkatan suhu rata – rata atmosfer. Didalam *Biogas*, karbon dioksida (CO_2) merupakan salah satu unsur pengotor yang paling besar sekitar 25% - 45%, sehingga keberadaannya akan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan nilai kalor yang terkandung dalam *Biogas*. Gas CO_2 memiliki titik didih pada suhu $-78\text{ }^\circ\text{C}$ dan massa jenisnya $1,98\text{ kg/m}^3$. Cara yang paling bagus untuk menghilangkan kadar CO_2 dalam *Biogas* ialah dengan mendinginkannya pada suhu $-78\text{ }^\circ\text{C}$ hingga kemudian berubah menjadi padatan kemudian baru dipisahkan. Dengan begini bisa didapatkan gas metan dengan tingkat kemurnian hingga 98%. Namun cara ini tergolong kurang ekonomis dikarenakan membutuhkan biaya yang sangat besar.

Unsur lain dalam *Biogas* ialah O_2 dan H_2S dengan kadar 0 – 3%. Namun, walaupun kadarnya sedikit zat ini sangat berbahaya bagi mesin yang berbahan bakar *Biogas* tanpa pemurnian. H_2S atau sulfur yang ikut terbakar dapat menimbulkan kerak dan korosi terhadap logam dalam jangka panjang.

Uap air merupakan salah satu pengotor lainnya yang jumlahnya cukup sedikit. Namun, kandungan yang sedikit ini sangat berpengaruh terhadap nilai kalor dan juga kualitas *Biogas*. Selain itu jika uap air dalam jumlah banyak nantinya bisa menyebabkan kerusakan pada *Engine* dikarenakan air tidak dapat dikompresi layaknya udara.

Tabel 2.2 Kesetaraan *Biogas* Dengan Beberapa Sumber Energi Lainnya

1 m ³ <i>Biogas</i>	0.46 Kg LPG
	0,52 liter Minyak solar
	0.62 liter Minyak tanah
	3.5 Kg Kayu bakar

Sumber: Wahyuni, 2008

Kandungan *Biogas* yang dihasilkan tidak selalu sama persentasenya dari setiap tempat dan waktu. Karena hal ini sangat dipengaruhi dari jenis bahan baku, kondisi lingkungan yang mempengaruhi, metode dan kondisi reaktornya.

Tabel 2.3 Jenis Bahan Baku Penghasil *Biogas*

Bahan	Produk Biogas (L/Kg TS)	Kadar Metan %	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 2.3. dapat menyimpulkan bahwasanya pisang (buah dan daun) merupakan penghasil *Biogas* paling banyak yaitu dengan 940 L/Kg TS dengan massa tinggal sekitar 15 hari. Sedangkan dari segi kualitas kotoran ayam memiliki kualitas gas metan yang jauh lebih baik dibanding yang lain yaitu sekitar 57 – 70 %.

Sedangkan kotoran sapi merupakan yang paling banyak dimanfaatkan dilapangan dikarenakan barangnya melimpah. Kotoran sapi ini mampu menghasilkan 190 – 220 liter *Biogas* per kilogram kotoran dengan kadar gas metana yang dihasilkan sebesar 68% dan masa tinggal 20 hari. Namun itu semua bisa berubah persentasenya tergantung jenis kotoran, cuaca dll. Hal lain yang tidak bisa dipungkiri karena makanan yang dimakan sapi selalu berubah-ubah. Terkadang sapi makan rumput, terkadang makan ampas tahu dan terkadang makan jerami. Jadi untuk kualitas dan jumlah *Biogas* yang dihasilkan juga bisa bervariasi.

2.2.1. Biodigester

Biodigester merupakan tempat dimana material organik diurai oleh bakteri secara *Anaerob* (tanpa udara) menjadi *Biogas*. *Biodigester* harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi *Anaerob* dapat berjalan baik. Pada umumnya, *Biogas* mulai terbentuk pada 3–5 hari setelah *Biodigester* diisi. Produksi *Biogas* yang banyak umumnya terjadi pada 20–25 hari dan kemudian produksinya turun jika *Biodigester* tidak diisi kembali.

Terdapat 3 kelompok bakteri dalam proses penguraian kotoran, yaitu :

1. Kelompok bakteri metana, yaitu dari jenis *methanobacterium*, *methanobacillus*, *methanosacaria*, dan *methanococcus*.

2. Kelompok bakteri fermentatif, yaitu dari jenis *steptococci*, *bacteriodes*, dan beberapa jenis *enterobactericeae*.
3. Kelompok bakteri asetogenik, yaitu *desulfovibrio*.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan *Biodegester*, yaitu:

1. Kondisi abiotis harus sepenuhnya *Anaerob*. Jadi tidak boleh ada udara yang mengandung oksigen masuk kedalam *Biodigester* karena hal demikian akan mengurangi produksi gas metan yang akan dihasilkannya. Hal ini dikarenakan bakteri cenderung memakan oksigen yang masuk dibandingkan terus bekerja untuk memakan kotoran organik yang terdapat didalam *Biodigester*.
2. Kondisi temperatur yang ideal untuk *Biodigester* pada umumnya di Indonesia rata – rata 20-30 °C.
3. Kondisi keasaman (pH) yang baik untuk perkembangan bakteri dalam *Biodigester* antara 6,6 – 7,0 dan pH diusahakan tidak di bawah 6,2.
4. 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).
5. Dalam proses fermentasi, bakteri membutuhkan beberapa nutrisi tambahan berupa sedikit unsur logam. Nutrisi yang dibutuhkan antara lain ammonia (NH₃) sebaga sumber Nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe),

magnesium (Mg), fosfor dalam bentuk fosfat (PO_4), dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit. Jika kekurangan salah satu unsur nutrisi yang dibutuhkan dapat menurunkan proses produksi metana.

Tabel 2.4 Daftar Bahan Nutrisi Tambahan Dalam 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

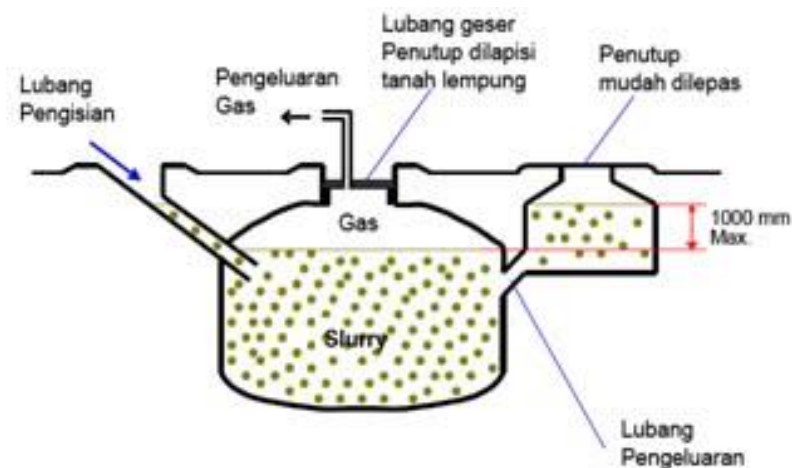
6. Pengaruh starter yang mengandung bakteri Metana diperukan untuk mempercepat proses fermentasi *Anaerob*. Beberapa jenis starter yang dapat digunakan untuk mempercepat proses fermentasi antara lain:
 - a. Lumpur aktif, timbunan kotoran, timbunan sampah organik, *Sludge*, cairan *Septic Tank* dan seperti lumpur kolam ikan.
 - b. Starter buatan, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

2.2.2. Jenis *Biodigester*

Jenis *Biodigester* dapat dibagi menjadi bermacam-macam. Dari segi konstruksinya, *Biodigester* dibedakan menjadi :

1. *Fixed Dome*.

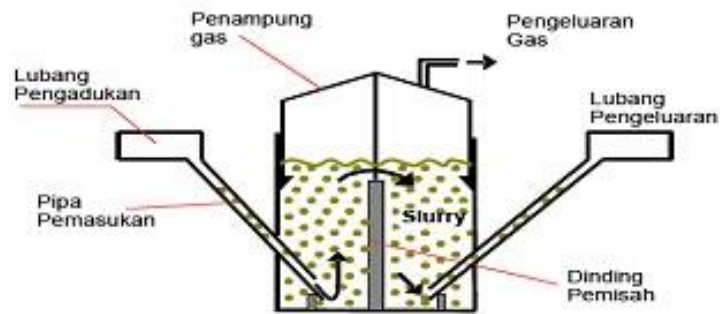
Biodigester ini memiliki volume yang tetap, sehingga ketika terjadi penambahan produksi gas metana akan meningkatkan tekanan pada *Biodigester*. Untuk menghindari tekanan yang berlebihan di dalam *Biodigester* maka perlu ditambahkan katup pengaman tekanan (*Relief Valve*).



Gambar 2.1 *Biodigester Fixed Dome*
Sumber: Merameralogia.blogspot.com

2. *Floating Dome*.

Biodigester ini memiliki bagian tabung yang dapat bergerak seiring dengan peningkatan ataupun penurunan tekanan gas yang ada disalam *Biodigester*.



Gambar 2.2 *Biodigester Floating Dome*
 Sumber:Merameralogia.blogspot.com

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 *Biodigester*, dibedakan menjadi :

1. Keseluruhan *Biodigester* berada di permukaan tanah. Pada umumnya *Biodigester* dibuat dari tong – tong bekas yang dimodifikasi sehingga dapat digunakan untuk proses digesti. Material yang digunakan juga tidak dapat bertahan lama karena korosi.
2. Sebagian tangki *Biodigester* di bawah permukaan tanah. Pada umumnya *Biodigester* terbuat dari campuran beton yang dibentuk seperti sumur lalu ditutup plat baja. Kelemahan dari tipe ini apabila temperatur di luar ruangan

dingin akan merambat melalui plat baja dan akan mengurangi produksi gas metana.

3. Seluruh tangki *Biodigester* ditanam di bawah tanah. Tipe ini menggunakan *Biodigester* dengan konstruksi permanen menggunakan campuran beton. Tipe ini memiliki keunggulan dimana suhu *Biodigester* sangat stabil dan tidak mudah terpengaruh suhu luar ruangan dan sangat mendukung perkembangan bakteri methanogen. Namun hal ini juga memiliki sebuah kekurangan yaitu apabila terjadi kebocoran gas maka dapat menyulitkan dalam memperbaikinya.

2.2.3. Komponen Utama *Biodigester*

Komponen yang digunakan udalam membuat *Biodigester* sangat beragam, tergantung pada tujuan pembangunan dan jenis *Biodigester* yang akan digunakan. Namun, secara umum *Biodigester* terdiri dari empat komponen utama, antara lain:

1. Saluran masuk *Slurry*, digunakan untuk memasukkan *Slurry* (campuran kotoran ternak dan air) ke dalam reaktor utama. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi *Biogas*, memudahkan mengalirnya bahan baku.
2. Ruang *Digestion* (ruang fermentasi), berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *Digestion* sehingga ruangan ini dibuat kedap terhadap udara.
3. Saluran keluar *Residu (Sludge)*, berguna untuk mengeluarkan kotoran yang telah mengalami proses *Digestion* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. *Residu* yang keluar pertama kali merupakan *Slurry* (lumpur) masukan yang pertama setelah

waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangatlah baik digunakan untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang cukup tinggi.

4. Tangki penyimpan *Biogas*, bertujuan untuk menyimpan *Biogas* yang dihasilkan dari proses *Digestion*. Jenis tangki penyimpan *Biogas* ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*Fixed Dome*) dan terpisah dengan reaktor (*Floating Dome*).

Selain komponen utama tersebut, pada sebuah *Biodigester* perlu beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan *Biogas* yang jumlahnya banyak dan aman. Beberapa komponen pendukung adalah:

1. Katup pengaman tekanan (*Control Valve*).

Berfungsi sebagai pengaman *Biodigester* ketika terjadi lonjakan tekanan *Biogas* yang berlebihan. Bila tekanan *Biogas* dalam tabung penampung *Biogas* lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka *Biogas* akan dibuang keluar.

2. Sistem pengaduk.

Sistem pengaduk berguna untuk mengurangi pengendapan dan menyediakan populasi bakteri yang seragam sehingga tidak terdapat lokasi yang mati dimana tidak terjadi proses *Digestion* karena tidak terdapat bakteri. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung *Biogas*. Pengadukan dapat dilakukan dengan pengadukan mekanis yaitu dengan menggunakan poros yang dibawahnya terdapat semacam baling-baling dan digerakkan dengan motor listrik secara berkala.

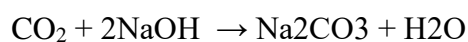
3. Saluran *Biogas*.

Saluran *Biogas* berfungsi untuk mengalirkan *Biogas* yang dihasilkan dari *Biodigester*. Bahan yang digunakan dalam saluran ini harus tahan terhadap korosi dan tidak boleh ada kebocoran karena bisa menimbulkan sebuah kebakaran.

2.3 NaOH

Natium Hidroksida/ Sodium Hidroksida atau biasa disebut dengan istilah soda api atau caustic soda merupakan senyawa yang bersifat basa anorganik. Dalam bentuk kristal memiliki warna putih terang agak transparan, dibuat dalam bentuk flake, pellet, atau granular. Untuk bentuk cairnya tak memiliki warna (bening).

Soda api larut dalam air, ethanol, dan methanol. Soda api mudah mencair pada udara terbuka, karena memiliki sifat yang higroskopis, dan mampu menurunkan kelembaban udara. Selain itu soda api juga bisa mengabsorpsi karbon dioksida (CO₂) dari udara. Proses absorpsi gas CO₂ oleh NaOH dapat dilihat pada reaksi berikut ini :



Ketika CO₂ bereaksi dengan NaOH, maka akan menghasilkan natrium karbonat (Na₂CO₃) dan juga air (H₂O). Cairan ini memiliki warna yang bening. NaOH atau yang sering disebut dengan caustic soda sudah sering digunakan mulai dari rumah tangga hingga industri.

Pada industri, NaOH digunakan sebagai bahan kimia basa untuk kebutuhan pembuatan kertas, tekstil, air minum, proses pembuatan air aquadest, sabun, deterjen, industri pembuatan kaca, industri metalurgi dan pengolahan hasil tambang mineral logam, industri pengolahan rumput laut, dan sebagainya.

2.3.1 Profil Natrium Hidroksida (NaOH)

1. Jenis Senyawa : Senyawa Ion
2. Bentuk : Kristal dan Bubuk Bewarna Putih dan Tidak Berbau
3. Densitas : 2,13 gr/cm
4. Titik Leleh : 318 °C
5. Titik Didih : 1388 °C
6. Tingkat Kelarutan Dalam Air : Suhu 0 °C , 418 gr/L. Suhu 20 °C , 1150 gr/L
7. Massa Molekul Relatif (Mr) = 40
8. Larut Dalam : Air, Methanol, Ethanol, larutan Ammonia dan Eter
9. Bahaya : Bersifat Corrosif
10. Tingkat Kebasaan (Pkb) = 0,2 (Rank 4)
11. Rivalitas Asam = HCl

2.3.2 Sifat-Sifat Fisika NaOH

NaOH murni memiliki warna putih jernih dan umumnya diproduksi dalam bentuk flake. Flake NaOH sangat mudah larut dan memiliki kelarutan yang tinggi dalam air dibanding dalam ethanol atau methanol.

2.3.3 Sifat-Sifat Kimia dan Pemakaian NaOH

1. Pengendap (*Precipitant*)

NaOH merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai pengendap dalam berbagai reaksi kimia dikarenakan senyawa ini mudah larut dalam air dibandingkan dengan senyawa hidroksida lainnya.

2. Aditif pada Industri Pemboran Gas dan Minyak Bumi

Pada industri pengeboran minyak bumi, soda api dapat digunakan sebagai zat aditif guna menambah alkalinitas dari lumpur bentonite, untuk menaikan viskositas dari lumpur, dan menetralkan gas asam (H_2S atau CO_2) yang keluar dari perut bumi.

3. Saponifikasi (*Saponification*)

Saponifikasi merupakan proses pembuatan sabun yang berasal dari lemak ataupun minyak yang berasal dari tumbuhan atau hewan, yang menggunakan basa kuat agar terjadi hidrolisis ester, amida, dan alkil halida.

4. Katalis

Senyawa NaOH juga sering digunakan sebagai katalis dalam proses transesterifikasi methanol dan triglycerid. Proses ini berlangsung jika menggunakan senyawa NaOH yang anhidrat; jika mengandung air, maka terjadi penyimpangan reaksi kimia, yang justru menghasilkan sabun.

Selain itu NaOH juga sangat banyak digunakan untuk proses pemurnian alumina dari mineral bauksit untuk melarutkan senyawa aluminium dan memisahkannya dari material ikutan. Proses ini disebut dengan istilah "Proses Bayer". Hasil dari proses bayer selanjutnya digunakan sebagai bahan baku

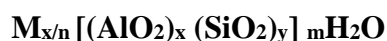
pembuatan logam aluminium, pembuatan senyawa-senyawa aluminium lainnya seperti PAC, aluminium sulfat (tawas), dan sebagainya.

Hal-hal yang harus diperhatikan ketika kita menggunakan NaOH

1. NaOH merupakan senyawa yang cukup berbahaya dan dapat menyebabkan luka pada kulit. Jika mengenai tangan maka akan membuat kulit mengalami iritasi, kulit terasa gatal dan juga panas seperti terbakar api. Apalagi jika terkena mata maka bisa menyebabkan kebutaan yang permanen. Maka dari itu dibutuhkan pengamanan yang cukup ketika menggunakan bahan kimia ini. Misalnya saja dengan memakai sarung tangan, kaca mata dll.
2. Karena NaOH memiliki sifat higroskopis, maka harus disimpan ditempat yang kering dan dalam kemasan yang rapat terhadap udara sekitar. Apabila tidak maka akan terjadi kontak antara NaOH dengan udara sekitar yang akan menyebabkan terserapnya udara oleh soda api (Dennis Ramadhan, 2016).

2.4 Zeolit

Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (AlO_4^{5-}) dan silica (SiO_4^{4-}) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berpori. Muatan negatif pada kerangka zeolite dinetralkan oleh kation yang terikat lemah. Selain kation, rongga zeolite juga terisi oleh molekul air yang berkoordinasi dengan kation.



M= kation bervalensi n

$(\text{AlO}_2)_x (\text{SiO}_2)_y$ =kerangka zeolite yang bermuatan (-)

H_2O = molekul air yang terhidrad dalam kerangka zeolite

Zeolite terdiri dari 2 macam yaitu zeolite alam dan sintetis. Zeolite alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^+ atau Mg^{2+} , sedang zeolite sintetis hanya mengandung K^+ dan Na^+ . Pada zeolite alam ada molekul-molekul air dalam pori-pori atau situs aktif dari zeolite, sehingga dapat menurunkan kapasitas absorbs maupun sifat katalis dari zeolite tersebut. Sehingga zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu.

2.5 Motor Bakar

2.5.1 Jenis Motor Bakar

Motor bakar merupakan *Engine* yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi kimia yang berasal dari bahan bakar menjadi sebuah gerak mekanik berupa kerja. Pada dasarnya motor bakar dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) dan motor bakar pembakaran luar (*Eksternal Combustion 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. Contoh motor pembakaran dalam adalah motor bakar torak dan sistem turbin gas.

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. Contoh motor pembakaran luar adalah mesin uap, mesin jet, dll.

Pada kali ini yang akan kami bahas fokus pada jenis motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) khususnya motor 4 langkah.

Terjadinya sebuah gerak mekanik berupa kerja pada motor dikarenakan adanya sebuah pembakaran atau ledakan yang terjadi didalam ruang bakar yang kemudian dimanagemen melalui komponen-komponen lainnya sehingga bisa menimbulkan sebuah gerak (kerja). Ada tiga syarat agar bisa terjadinya pembakaran didalam ruang bakar sehingga dihasilkan sebuah tenaga antara lain:

1. Tekanan kompresi yang cukup,
2. Campuran bahan bakar dan bahan bakar,
3. Percikan bunga api.

Ledakan yang terjadi akibat terbakarnya campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresi dalam ruang bakar mendorong piston bergerak menuju TMB. Gerakan naik turun piston dirubah menjadi gerak memutar oleh poros engkol dan setelah itu menuju komponen selanjutnya sehingga bisa dihasilkan tenaga.

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

1. Langkah Hisap

Pada saat ini campuran udara dan bahan bakarmasuk kedalam ruang bakar akibat tekanan udara didalam silinder lebih rendah daripada yang diluar, adanya sebuah kevakuman dan juga hisapan dari gerak turunnya piston dari

TMA menuju TMB. Campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan rasio perbandingan yang ideal 14,7 : 1.

2. Langkah Kompresi.

Pada saat langkah kompresi campuran udara dan bahan bakar dikompresi dengan gerak naiknya piston dari TMB menuju TMA dengan tekanan tertentu. Umumnya untuk motor bensin rasio kompresinya 9-12.

3. Langkah Usaha.

Pada saat usaha tenaga maka temperatur udara dan bahan bakar yang telah dikompresi menjadi naik. Beberapa derajat sebelum TMA busi memercikkan bunga api untuk membakar campuran udara dan bahan bakar. Dengan cepat seketika terjadi ledakan setelah busi memercikkan bunga api, ledakan ini kemudian mendorong piston bergerak menuju TMB untuk menghasilkan tenaga. Gerak naik turunnya piston diubah menjadi gerak memutar oleh poros engkol.

4. Langkah Buang

Langkah buang dimulai setelah akhir dari langkah tenaga/ usaha. Setelah selesai langkah tenaga maka piston akan kembali menuju TMA posisi katup buang terbuka. Karena ada tekanan diluar lebih rendah dibandingkan dengan yang didalam maka gas sisa pembakaran akan mengalir menuju keluar. Namun piston juga berperan serta untuk mempercepat proses keluarnya gas buang dari ruang bakar.

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.

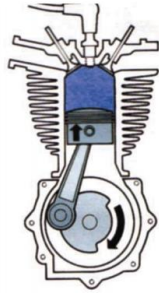
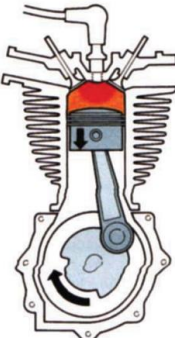
2. Motor bensin 4 langkah


Membutuhkan 4 kali langkah piston untuk satu kali siklus pembakaran.

2.5.2 Cara Kerja Motor 4 Langkah

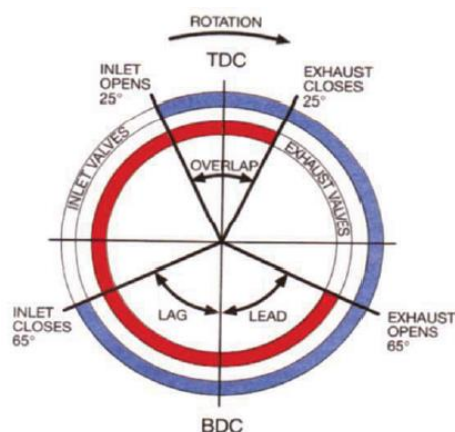
Tabel 2.5 Cara Kerja Mesin 4 Langkah

Proses	Penjelasan dan gambar
<p>Langkah hisap</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posisi 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. Posisi katup membuka, sehingga campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk ke ruang bakar melalui <i>Intake Manifold</i>.</p>  <p>Sumber : Jama, Jalinus. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1</p>
<p>Langkah kompresi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posisi kedua katup menutup 	<p>Pada saat piston bergerak dari TMB menuju TMA maka, campuran udara dan bahan bakar akan dikompresi sehingga tekanannya naik</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Piston bergerak dari TMB menuju TMA 	<p>(temperatur naik sekitar tiga kali lipat) sehingga memudahkan penyalaan.</p>  <p>Sumber : Jama, Jalinus. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1</p>
<p>Langkah tenaga</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posisi kedua katup menutup • Piston bergerak dari TMA menuju TMB 	<p>Beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA (akhir langkah kompresi) busi memercikkan bunga api dan mulai membakar campuran bahan bakar. Campuran bahan bakar terbakar dengan sangat cepat dan menimbulkan sebuah ledakan yang menekan ke segala arah dan mendorong piston menuju TMB. Gerakan mekanik piston diubah menjadi gerak putar melalui <i>Connecting Rod</i>.</p>  <p>Sumber : Jama, Jalinus. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1</p>

<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 gas sisa pembakaran terdorong oleh gerakan naik piston.</p>  <p>Sumber : Jama, Jalinus. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1</p>
--	--

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



Gambar 2.3 Diagram Tertib Katup
(Sumber : Jama, Jalinus. 2008 dalam Teknik Sepeda Motor jilid 1)

2.5.3 Komponen Utama Motor Bakar 4 Tak

1. Blok Silinder

Blok silinder merupakan tempat kerjanya komponen-komponen seperti piston, *Conecting Rod*, poros engkol. Blok silinder terbuat dari bahan besi tuang yang terbuat dari besi tuang yang tahan terhadap panas. Sedangkan silinder linernya terbuat dari besi tuang yang tahan terhadap panas dan goresan, hal ini dikarenakan silinder liner akan bergesekan langsung dengan piston jadi harus tahan terhadap goresan. Konstruksi antara blok silinder dengan silinder liner memang sengaja dibuat terpisah, hal ini bertujuan ketika terjadi keausan yang berlebihan pada dinding silinder, silinder liner bisa dilepas dan diganti sehingga akan lebih efisien.

2. Kepala Silinder

Kapala silinder terbuat dari paduan alumunium yang ditempatkan diatas blok silinder yang dihubungkan dengan baut. Kepala silinder berfungsi untuk menutup bagian atas silinder, selain itu kepala silinder juga berfungsi sebagai tempat dudukan katup, dudukan busi, ruang bakar serta tempat saluran masuk dan saluran buang.

3. Piston

Piston terbuat dari paduan alumunium yang tahan terhadap panas, muai dan tekanan tinggi. Walaupun begitu piston tetap harus ringan. Piston ditempatkan didalam blok silinder. Piston berfungsi untuk mengubah hasil energi pembakaran berupa ledakan menjadi gerakan bolak-balik (gerak translasi) piston akan diteruskan oleh *Conection Rod*. Selanjutnya oleh *Conection Rod* diteruskan menuju poros engkol dan akhirnya menjadi gerak putar.

Pada piston terdapat ring piston yang berfungsi untuk mempertatkan kerapatan antara piston dan dinding silinder guna mencegah kebocoran gas dari ruang bakar ke ruang engkol. Maka dari itu, ring piston harus memiliki kepegasan yang kuat menekan ke dinding silinder. Piston dan ring piston secara bersama-sama memiliki fungsi sebagai berikut :

- a Menghisap dan mengkompresi campuran bahan bakar dan udara yang berada di ruang bakar,
- b Mengubah tenaga ekspansi gas pembakaran menjadi tenaga mekanis
- c Mencegah kebocoran gas dari ruang bakar ke ruang engkol.

1. Katup (*Valve*)

Katup berfungsi untuk membuka ataupun menutup saluran masuk dan buang pada bagian kepala silinder. Ada beberapa model penggerak katup, antara lain: *Timing Gear*, *Timing Chain* atau dengan *Timing Belt*.

Untuk model *Timing Gear* sering digunakan pada motor jenis OHV dengan menggunakan lifter serta *Push Rod*. *Timing Gear* berfungsi sebagai penghubung putaran poros engkol dengan poros nok, sekaligus menempatkan posisi katup dengan piston.

Untuk model *Timing Chain* sering digunakan pada motor jenis OHC atau DOHC. Poros nok berada di kepala silinder dan digerakkan menggunakan chain serta roda gigi *Sprocket* sebagai pengganti *Timing Gear*.

Untuk model *Timing Belt* umumnya sama dengan konstruksi ada model *Timing Chain*. Hanya saja penggeraknya berupa belt sehingga akan lebih lembur suaranya dan jenis ini juga tidak memerlukan pelumasan.

2. Bak engkol (*Crankcase*).

Bak engkol pada umumnya terbuat dari aluminium *Die Casting* dengan tambahan sedikit logam. Berfungsi sebagai penampung oli motor.

2.5.4 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 :

$$T = \frac{N_e}{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}\right)} = \frac{30 \cdot N_e}{\pi \cdot n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

T : torsi (N.m)

N_e : daya poros (Watt)

N : putaran (rpm)

b. Voltase (V)

Tegangan listrik/ Voltase merupakan perbedaan potensial listrik antara dua kutub dalam rangkaian listrik.

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

V= Beda Potensial (Volt)

I= Kuat Arus (Ampere)

R= Hambatan (Ohm)

c. Arus (A)

Arus merupakan banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu.

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

V= Beda Potensial (Volt)

I= Kuat Arus (Ampere)

R= Hambatan (Ohm)

d. Daya/ Watt (P)

Daya merupakan laju energi yang dihantarkan atau kerja yang dilakukan tiap satuan waktu.

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

P= Daya (Watt)

V= Beda Potensial (Volt)

I= Kuat Arus (Ampere)

e. Persentase Daya

Untuk mengetahui presentase daya keluaran Genset dapat digunakan rumus:

$$\text{Presentase Daya} = (P_{\text{out}} / \text{Beban}) \times 100\% \dots\dots\dots$$

(2.5)

f. Laju Aliran Massa

Untuk menghitung laju aliran masa pada setiap pembebanan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\dot{m} = Q \times \rho \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju aliran masa (kg/s)

Q = Debit (m³/detik)

ρ = rho gas metana (kg/m³)

g. Persentase Kenaikan Dan Penurunan Performa *Genset Biogas*

Untuk menghitung besarnya kenaikan ataupun penurunan performa *Genset* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Kenaikan} = \frac{\text{Nilai Kenaikan}}{\text{Nilai Sebelum Kenaikan}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Nilai Penurunan}}{\text{Nilai Sebelum Penurunan}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$