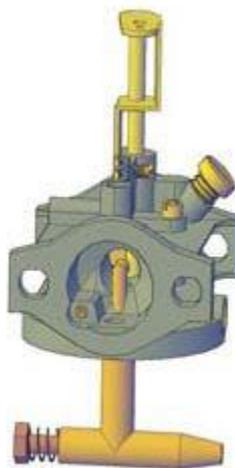


BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Khudori dkk, (2012) melakukan penelitian tentang genset berbahan bakar *hybrid* yaitu dengan menggunakan bensin dan biogas sebagai bahan bakarnya. Genset yang digunakan mempunyai daya 1000 Watt. Pada genset yang digunakan dilakukan perubahan dengan menambahkan saluran serta katup biogas pada bagian *venturi* karburator. Katup biogas ini merupakan tempat masuknya biogas menuju karburator, dengan adanya katup ini maka biogas yang masuk dapat diatur sesuai kebutuhan.

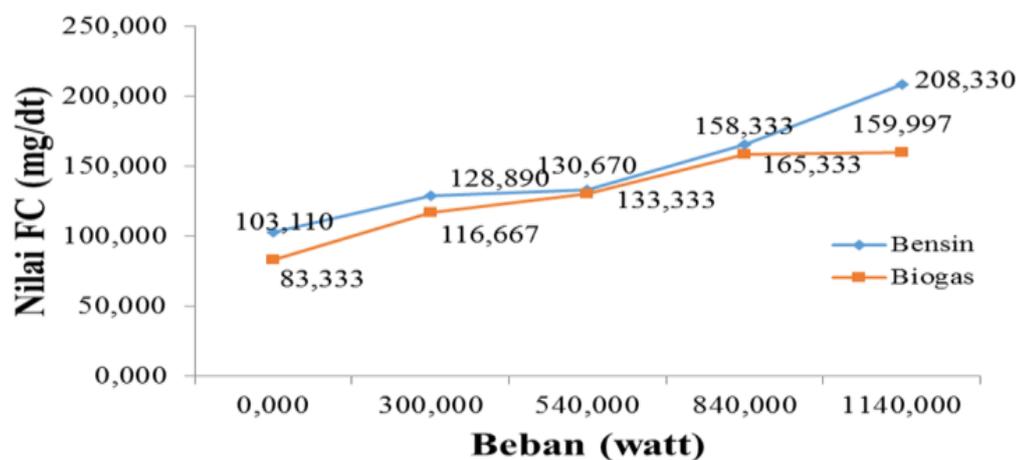


Gambar 2.1. Desain karburator dengan katup biogas
(Khudori dkk, 2012)

Parameter yang diambil untuk unjuk kerja genset yaitu meliputi putaran mesin (RPM), arus (Ampere), dan frekuensi (Hz) dengan beban lampu 100, 200, 300, 400, dan 500 Watt. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan terjadi peningkatan dari sebelum menggunakan katup biogas dan setelah menggunakan katup biogas. Putaran mesin sebelum menggunakan katup biogas sebesar 3.210 RPM meningkat menjadi 3.350 RPM begitu juga dengan arus dan frekuensi yang

timbul dimana sebelum menggunakan katup arus sebesar 0,46 Ampere meningkat menjadi 0,52 ampere, dan frekuensi dari 53,5 Hz meningkat menjadi 54 Hz. Hal ini disebabkan karena dengan adanya katup biogas maka campuran antara biogas dengan udara dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pada saat pembakaran berlangsung.

Prastya dkk, (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui perbandingan emisi gas buang serta konsumsi bahan bakar dari genset berbahan bakar bensin dan biogas. Genset yang digunakan mempunyai daya maksimum 1200 Watt. Modifikasi yang dilakukan pada genset berbahan bakar biogas yaitu dengan melepas pelampung, *Chambers*, dan *Spuyer* pada bagian karburator. Pengujian dilakukan dengan variasi pembebanan 0, 300, 540, 840, 1140 Watt. Hasil yang diperoleh yaitu konsumsi bahan bakar bensin cenderung lebih boros dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar menggunakan biogas.

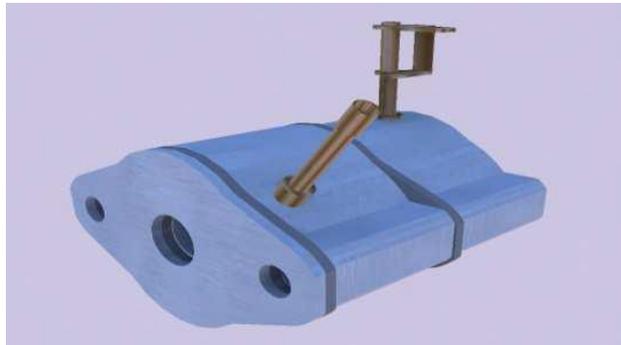


Gambar 2.2. Grafik konsumsi bahan bakar
(Prastya dkk, 2013)

Dari lima variasi pembebanan yang digunakan konsumsi bahan bakar menggunakan biogas cenderung lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar bensin. Dengan bertambahannya pembebanan maka akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar semakin boros.

Artayana, (2014) melakukan modifikasi genset berbahan bakar biogas dengan mengganti karburator dengan konverter. Konverter ini berfungsi sebagai

tempat pencampur udara dengan bahan bakar biogas sebelum masuk ke ruang bakar. Selain itu modifikasi juga dilakukan pada ukuran saluran udara pada konverter. Variasi ukuran saluran udara yang digunakan yaitu 0,3 cm, 0,4 cm, 0,5 cm, 0,6 cm, 0,7 cm, 0,8 cm, 0,9 cm, 1,0 cm, dan 1,1 cm.



Gambar 2.3. Konverter biogas
(Artayana, 2014)

Genset yang digunakan mempunyai daya maksimum 1200 Watt. Hasil yang diperoleh dengan bervariasi ukuran saluran udara yaitu semakin besar saluran udara maka laju aliran bahan bakar biogas juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari ukuran saluran udara sebesar 0,3 cm laju aliran bahan bakar biogas sebesar 3,7 liter/menit sedangkan pada ukuran saluran udara 1,1 cm laju aliran biogas sebesar 7,5 liter/menit. Selain itu pengaruh variasi diameter saluran udara pada konverter genset biogas dapat mempengaruhi daya mesin, energi, power, konsumsi bahan bakar, nilai kalor, massa bahan bakar dan efisiensi dari mesin genset. Daya terbesar yang dihasilkan pada penelitian ini mencapai 924 Watt.

Kusairi dkk, (2015) meneliti tentang genset berbahan bakar biogas dengan memodifikasi saluran masuk biogas lewat *insulator*. *Insulator* berfungsi sebagai penghubung antara *intake* dengan karburator. Pada bagian *insulator* ini dibor untuk memberi lubang tempat pemasangan *nipple* dengan ukuran $\frac{1}{4}$ inchi kemudian diberi *nipple* ukuran $\frac{1}{4}$ inchi untuk mengatur keluar masuknya biogas.

sumber bahan baku biogas berasal dari kotoran sapi. Kandungan utama biogas adalah gas Metana (CH_4), Karbondioksida (CO_2) dan beberapa kandungan gas lain dalam skala kecil (Korres dkk, 2013). Gas Metana (CH_4) merupakan gas dapat berperan sebagai bahan bakar. Nilai kalor gas Metana sebesar 20 MJ/m^3 dan mempunyai efisiensi pembakaran sebesar 60% (Wahyuni, 2013).

2.2.2 Komposisi Biogas

Setiap biogas memiliki komposisi gas yang berbeda-beda hal ini dipengaruhi oleh bahan baku biogas tersebut. Sebagian besar kandungan biogas berupa gas Metana (CH_4) dan gas Karbondioksida (CO_2) dengan sedikit Hidrogen Sulfida (H_2S), gas Hidrogen (H_2), dan gas Oksigen (O_2).

Tabel 2.1. Komponen Utama Biogas

No	Komponen	Jumlah (%)
1	Metana (CH_4)	50 – 60
2	Karbondioksida (CO_2)	30 - 40
3	O_2 , H_2 , H_2S	1 – 2

Sumber : (Wahyuni, 2013)

2.2.3 Kandungan Biogas di Kelompok Ternak Sapi Pandan Mulyo

Untuk mengetahui karakteristik kandungan dari bahan baku yang akan digunakan perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan gas yang ada di dalam biogas yang selanjutnya akan digunakan sebagai bahan bakar genset. Biogas yang baik mengandung kadar gas Metana (CH_4) yang tinggi dibandingkan dengan gas lain seperti Karbondioksida (CO_2) , Hidrogen Sulfida (H_2S) dan lain sebagainya. Semakin tinggi kadar gas Metana dalam biogas maka semakin tinggi pula kalor yang dihasilkan. Berikut ini merupakan hasil pengujian komposisi biogas yang diambil dari kelompok ternak sapi Pandan Mulyo.

Tabel 2.2. Kandungan Biogas

No	Komponen	Jumlah (%)
1	CH ₄	48,57
2	CO ₂	34,06

Sumber : Lab. Pengelolaan limbah FTP UGM

2.2.4 Proses Pembentukan Biogas

Proses pembusukan dari limbah organik dengan bantuan bakteri dalam keadaan anaerob (tanpa udara) merupakan proses terbentuknya biogas. Beberapa limbah organik berasal dari kotoran manusia, binatang, dan sampah organik rumah tangga. Proses pembusukan bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi (Haryati, 2006). Ada tiga tahap dalam proses kerja bakteri ini yaitu (Wahyuni, 2013) :

a. *Hidrolisis* (Pemecahan Polimer)

Hidrolisis merupakan tahap terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana , perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk monomer. Komponen organik sederhana yang larut dalam air digunakan oleh bakteri pembentuk asam. Pada fase ini mengubah protein menjadi asam amino, karbohidrat menjadi gula sederhana, dan lemak menjadi asam lemak rantai panjang. Laju hidrolisis tergantung pada jumlah substrat yang tersedia dan konsentrasi bakteri serta faktor lingkungan seperti suhu dan pH.

b. *Asidogenesis* (Pembentukan Asam)

Asidogenesis merupakan pengubahan komponen monomer (gula sederhana) yang dihasilkan ditahapan hidrolisis menjadi sumber makanan untuk bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari *asidogenesis* yaitu ammonia, asam asetat, , format, laknat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbon dioksida, propionate, hidrogen, dan propionat.

c. *Metanogenesis* (Pembentukan Metan)

Bakteri-bakteri anaerob yang berperan yaitu :

1. Bakteri pembentuk asam (*Acidogenic Bacteria*) yang bertugas mengubah senyawa organik menjadi senyawa yang lebih simpel, yaitu berupa asam organik, CO₂, H₂, H₂S.
2. Bakteri pembentuk asetat (*Acetogenic Bacteria*), bakteri ini bertugas mengubah asam organik, dan senyawa netral yang lebih besar dari methanol menjadi asetat dan hidrogen.
3. Bakteri penghasil metan (*Metanogen*), bakteri ini bertugas mengubah asam-asam lemak dan alkohol menjadi metan dan karbon dioksida.

2.2.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembentukan biogas diantaranya :

a. Kandungan bahan kering

Bahan kering yang digunakan untuk pembentukan biogas bermacam-macam. Apabila bahan biogas tersebut memiliki kandungan air yang sedikit maka perlu ditambah air yang cukup agar dapat menghasilkan biogas yang baik. Untuk memperoleh hasil yang optimal maka kadar bahan kering berkisar 7-9%. Kotoran dari berbagai macam hewan maupun manusia memiliki kandungan air yang berbeda-beda oleh sebab itu penambahan airpun harus disesuaikan dengan kadar air yang ada pada bahan baku tersebut. Setiap kotoran atau bahan baku akan berbeda sifat pengencerannya. Kotoran sapi mempunyai kadar bahan kering 18%. Agar diperoleh kandungan bahan isian sebesar 7-9% bahan kering, maka bahan baku tersebut perlu diencerkan dengan air mencukupi berbanding 1:1 (bahan baku:air).

b. Suhu

Suhu yang baik agar bakteri metanogen dapat hidup dengan baik berkisar antara 25 – 30⁰ C. Suhu optimum agar bakteri tetap hidup dalam pembentukan biogas adalah 35⁰ C, sedangkan suhu terendah adalah 10⁰ C

jika diluar suhu tersebut maka bakteri akan mati sehingga produksi gas akan berhenti.

c. Waktu retensi

Waktu retensi sangat dipengaruhi oleh pengenceran, temperatur, laju pengadukan bahan dan lain sebagainya. Jika suhu tinggi maka laju fermentasi akan berjalan dengan cepat, dan menurunkan waktu proses yang diperlukan. Fermentasi kotoran berlangsung antara dua sampai empat minggu pada kondisi normal.

d. Kandungan air

Kandungan air ini tergantung dari bahan baku biogas, apabila bahan baku telah banyak mengandung air maka tidak perlu menambah air terlalu banyak jika bahan baku sedikit mengandung air maka perlu ditambah air yang cukup banyak. Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan air tergantung dari banyaknya kandungan air yang ada pada bahan baku tersebut.

e. Bahan isian

Bahan isian yang baik yaitu bahan yang banyak mengandung selulosa hal ini karena selulosa tersebut mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Dalam bahan isian harus dipisahkan antara bahan organik dengan anorganik karena apabila tercampur maka bahan anorganik akan menghambat proses fermentasi sehingga biogas yang dihasilkan tidak maksimal.

f. Pengadukan

Tahap pengadukan ikut berperan penting dalam proses pembentukan biogas jika bahan baku tidak diaduk maka akan mengakibatkan tidak tercampurnya bahan dengan air. Hal ini menyebabkan bahan padat yang ada akan mengendap dan menimbulkan busa yang mengakibatkan gas akan sulit keluar.

g. Rasio Karbon Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur yang paling penting, selain terdapatnya selulosa sebagai sumber karbon. Bakteri penghasil metana memakai karbon tigapuluh kali lebih cepat daripada nitrogen. Untuk bahan yang

mengandung jumlah karbon limabelas kali dari jumlah nitrogen akan memiliki rasio C/N 15 berbanding 1, rasio C/N yang memiliki nilai 30 ($C/N = 30/1$ atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menghasilkan proses pencernaan pada tingkat yang optimal, apabila kondisi yang lain juga mendukung.

Tabel 2.3. Rasio C/N untuk beberapa kotoran hewan

Jenis Kotoran	Rasio C/N
Kerbau	18
Kuda	25
Sapi	18
Ayam	15
Babi	25
Kambing	30

(Purnomo, 2009)

h. Derajat keasaman (pH)

Proses produksi biogas yang baik nilai pH berada dikisaran 6 – 7. Peranan pH berhubungan dengan media untuk aktifitas mikroorganisme. Nilai pH dalam digester juga dipengaruhi oleh waktu, pada awal proses fermentasi bakteri pembentuk asam banyak memproduksi asam organik dalam skala yang besar sehingga pada awal pembentukan nilai pH masih berada di bawah 5 hal ini mengakibatkan berhentinya proses fermentasi atau pencernaan. Bakteri-bakteri anaerob membutuhkan pH optimal antara 6,2 – 7,6 tetapi yang baik adalah 6,6 – 7,5. Apabila larutan yang ada dalam tangka berkisar 7,5 – 8,5 maka larutan dalam tangka tersebut dapat dibilang stabil. Batas bawah pH yang diizinkan yaitu 6,2, jika di bawah pH tersebut maka larutannya menjadi *toxic*, maksudnya *toxic* yakni bakteri pembentuk biogas

mati. Pengontrolan pH secara ilmiah dilakukan oleh ion NH_4 . Ion-ion ini akan menentukan besarnya pH.

2.2.6 Proses Pemurnian Biogas

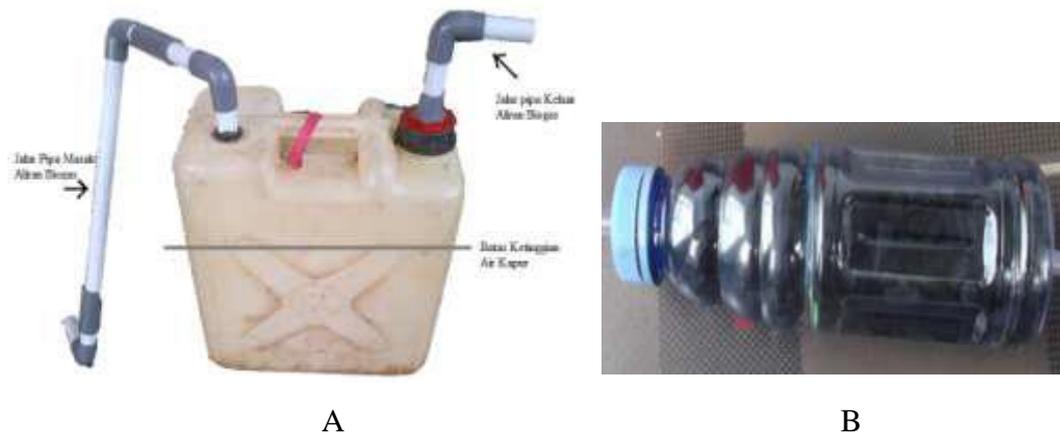
Untuk memperoleh biogas yang baik perlu dilakukan pemurnian biogas sebelum digunakan. Tujuan pemurnian biogas ini untuk mengurangi kadar gas penghambat pembakaran seperti CO_2 selain itu ada beberapa gas yang dapat membuat korosif pada mesin yaitu H_2O dan H_2S . Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam proses pemurnian biogas diantaranya :

a. Metode *Water Washing*

Metode *water washing* merupakan cara pemurnian biogas dengan pencucian biogas menggunakan air untuk menurunkan kadar CO_2 yang ada dalam biogas. Pencucian disini berarti mengalirkan biogas kedalam air sebelum biogas digunakan. Dalam metode ini apabila biogas yang mengalir melewati air maka akan membentuk asam karbonik (H_2CO_3) yang ditandai dengan gelembung-gelembung CO_2 yang terjatuh dalam air. Dengan terjatuhnya CO_2 tersebut maka secara otomatis akan menurunkan kadar CO_2 yang ada dalam biogas. (Nasef, 2017)

b. Pemurnian dengan Kalsium karbonat (CaCO_3) dan Arang

Metode ini dilakukan dengan dua langkah kerja yang pertama proses pemurnian menggunakan Kalsium karbonat. Tujuan pemurnian menggunakan Kalsium karbonat ini untuk mengurangi kadar CO_2 yang ada dalam biogas. Langkah pertama yaitu menyiapkan jerigen untuk menampung Kalsium karbonat (air kapur), selanjutnya biogas dialirkan kedalam jerigen tersebut untuk proses pemurnian yang pertama. Langkah kedua setelah biogas melewati pemurnian dengan air kapur selanjutnya biogas dialirkan menuju botol yang didalamnya telah terisi arang yang berfungsi untuk mengurangi kadar H_2S yang ada dalam biogas. Setelah melalui dua tahapan tersebut biogas dapat digunakan untuk bahan bakar genset. (Kusairi, 2015)



Gambar 2.5. (A) Jerigen berisi air kapur, (B) Arang

2.3 Digester

Digester adalah tempat pengolahan bahan buangan seperti kotoran hewan dimana dalam digester akan terjadi proses fermentasi bahan-bahan organik yang akan menghasilkan biogas. Digester harus dibuat kedap udara hal ini disebabkan proses fermentasi yang terjadi adalah secara *anaerob* (tidak ada oksigen). Pada umumnya, biogas terbentuk pada hari ke 4–5 setelah digester diisi dan mencapai puncak pada hari ke 20 – 25. Digester biogas bias dibuat dengan mempertimbangkan berbagai macam aspek diantaranya tipe, ukuran, selain itu juga pada bahan dan anggaran yang tersedia. (Baba, 2008).

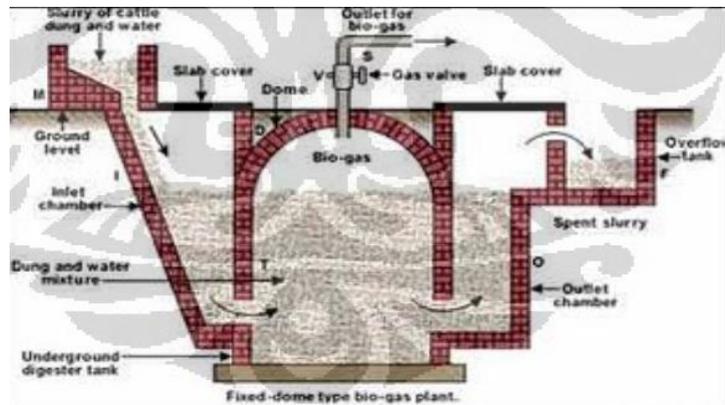
2.3.1 Jenis – Jenis Digester atau Reaktor

Berdasarkan konstruksinya digester biogas memiliki 4 macam tipe yaitu (Wahyuni, 2013) :

a. Tipe *fixed domed* (Kubah Tetap)

Digester ini mempunyai 2 bagian utama yang pertama merupakan digester tersebut yang digunakan sebagai tempat menampung kotoran dimana dibagian ini juga merupakan tempat berkembangnya bakteri pembentuk asam maupun bakteri pembentuk gas Metana. Bagian ini terbuat dari batu bata, beton, maupun batu dan terletak didalam tanah. Bagian yang kedua adalah kubah tetap yang berfungsi sebagai penampung gas yang tidak

bergerak yang berbentuk kubah. Keuntungan dari tipe ini yaitu konstruksi lebih sederhana, mudah dan murah perawatannya sedangkan kelemahannya yaitu mudah retak apabila terjadi gempa dan sulit untuk memperbaiki jika terjadi kebocoran.

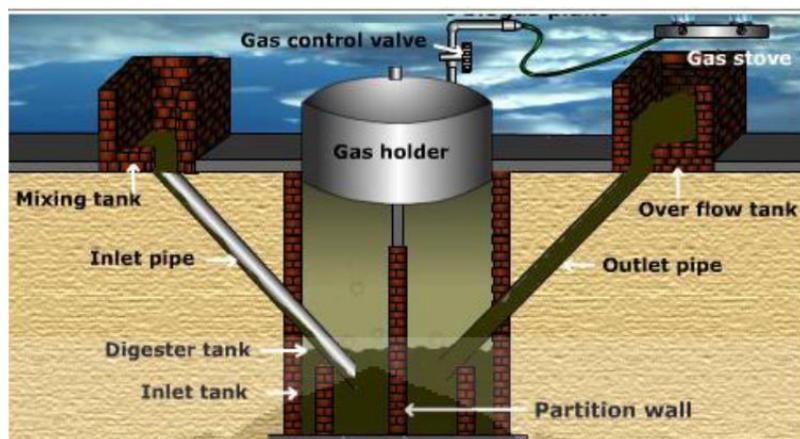


Gambar 2.6. Digester tipe kubah tetap

(Waskito, 2011)

b. Tipe *floating drum* (Tipe Silinder)

Pada tipe ini memiliki bagian yang sama pada digester kubah perbedaannya pada penampung gas dimana pada bagian ini penampung terbuat dari drum yang dapat bergerak sesuai dengan jumlah yang gas yang dihasilkan. Keuntungannya yaitu dapat melihat secara langsung biogas yang ada pada drum penampung.



Gambar 2.7. Digester tipe Kubah Apung

(Waskito, 2011)

c. Digester tipe balon

Digester ini banyak digunakan pada skala rumah tangga. Digester ini menggunakan plastik sebagai tempat kotoran sekaligus biogas yang dihasilkan.

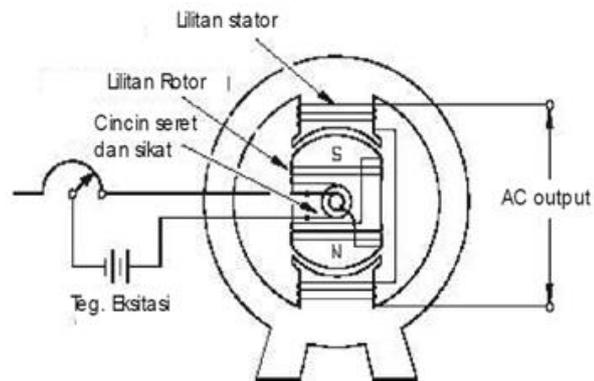
d. Digester *Fiberglass*

Digester ini terbuat dari *Fiberglass* dimana bahan baku beserta biogas yang dihasilkan berada ada satu ruang, bahan baku terletak dibagian bawah digester sedangkan biogas berada dibagian atas.

2.4 Generator Arus Bolak Balik (AC)

Generator adalah mesin yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator arus bolak-balik mempunyai fungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator Arus Bolak-balik atau disebut alternator, generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Sering disebut generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala. (Juhari, 2013)

2.4.1 Konstruksi Generator AC



Gambar 2.8. Konstruksi Generator
(Juhari, 2013)

Menurut Juhari, 2013 Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

A. Stator yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak balik. Stator terdiri dari 3 bagian :

1. Rangka stator (*stator frame*)

Rangka stator berfungsi sebagai pemegang inti jangkar maupun stator. Rangka stator merupakan perangkat keras dan terbuat dari elemen dengan pelat baja. Rangka ini ditopang pondasi pelat beton didalam rumah pembangkit (*Power House*). Pemasangan rangka stator dilakukan dengan cermat agar diperoleh kedudukan yang tepat dan mampu menahan hal-hal atau kondisi yang tidak menguntungkan baik pada saat gangguan seperti hubung singkat atau bencana alam.

2. Inti stator (*stator core*)

Inti stator atau inti jangkar dibuat dari baja silikon yang mempunyai kualitas yang tinggi. Inti stator terdiri dari lempengan-lempengan yang dilasutkan antara satu dengan yang lain dengan menggunakan pernis resistansi pijar (*heat resisting vernish*). Lempengan-lempengan diikat menjadi satu

membentuk stator, *laminasi* (pelapisan) dilakukan dengan tujuan mengurangi arus eddy (*Eddy Current*).

3. Kumparan stator (*stator winding*)

Kumparan stator diletakkan pada alur atau slot yang terdapat pada inti stator, kumparan ini terbuat dari tembaga yang mempunyai konduktivitas tinggi. Kumparan dirancang sedemikian rupa sehingga rugi-rugi yang disebabkan oleh arus sirkulasi dapat ditekan seminimal mungkin. Sehingga kebocoran arus pada lilitan kumparan dapat dihindarkan, maka generator mampu menahan tanpa mengakibatkan kerusakan pada kumparan stator dan isolasinya. Alur tempat kumparan stator dirancang dan dikonstruksi sedemikian rupa sehingga lilitan atau kumparan dapat dipotong atau dimasukkan dan dilepaskan dengan mudah di saat perbaikan atau dirasa perlu untuk diganti.

B. Rotor yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Tipe konstruksi rotor ada 2 macam, yaitu :

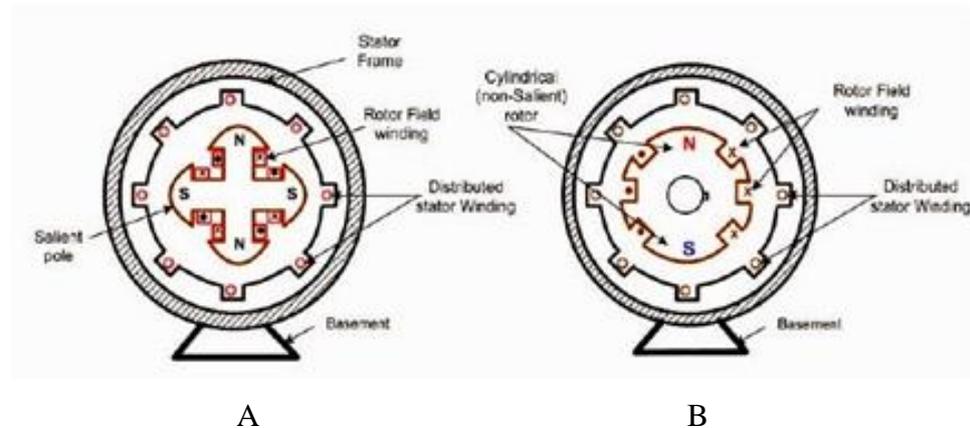
1. Jenis kutub menonjol (*salient pole*)

Rotor kutub *salient* dapat menimbulkan rugi angin yang besar apabila putaran tinggi, dan juga menghasilkan suara yang berisik sehingga rotor ini kebanyakan dipakai pada generator yang memiliki penggerak utama dengan kecepatan rendah dan menengah. Rotor ini memiliki kutub yang terdiri dari lapisan lapisan besi, dimaksudkan untuk mengurangi panas akibat arus eddy. *Salient pole* terdiri dari inti kutub dan sepatu kutub. Belitan medan dililitkan pada badan kutub, pada sepatu kutub juga dipasang belitan peredam (*damper winding*). Belitan kutub terbuat dari tembaga, sedangkan badan kutub dan sepatu kutub terbuat dari besi lunak.

2. Jenis kutub silinder

Rotor silinder biasa digunakan pada generator yang tipe penggerak utamanya adalah turbin uap, yaitu turbin alternator yang mempunyai putaran yang sangat tinggi. Rotor ini berbentuk silinder dimana

kelilingnya terdiri dari alur-alur sebagai tempat kawat kumparan medan. Alur-alur tersebut terbagi atas pasangan-pasangan kutub.



Gambar 2.9. (A) rotor kutub *salient*, (B) rotor silinder
(Juhari, 2013)

2.4.2 Prinsip Kerja Generator AC

Prinsip dasar kerja generator adalah berdasarkan hukum *faraday* yang berbunyi “Bila suatu konduktor bergerak atau berputar pada suatu medan magnet maka konduktor tersebut akan memotong garis-garis gaya magnet dan akan timbul gaya gerak listrik (GGL) atau EMF (*Elektro Motoris Force*) pada konduktor tersebut”. Hal ini terjadi karena konduktor tidak lagi bergerak tegak lurus, sehingga akan membentuk beberapa sudut terhadap fluks atau garis gaya. Pada pembangkitan energi listrik pada generator yakni saat rotor diputar oleh penggerak mula (motor listrik, diesel, turbin, dan penggerak lainnya) maka kutub rotor generator akan berputar. Jika kumparan kutub medan rotor dialiri arus searah maka pada kumparan medan rotor akan timbul medan magnet yang kecepatannya sama dengan kecepatan putaran kutub. Rotor yang berputar tersebut akan memotong garis gaya magnet yang ada pada stator sehingga pada kutub medan rotor akan timbul tegangan induksi.

2.4.3 Generator Tanpa Beban

Pada keadaan generator tanpa beban dengan memutar alternator dengan kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan (I_f) maka untuk mencari tegangan (E_o) dapat digunakan rumus :

$$E_o = c \cdot n \cdot \phi \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- E_o = Tegangan armature
- c = Konstanta mesin
- n = putaran sinkron
- Φ = fluks yang dihasilkan oleh I_f

Pada saat keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, hal ini karena tidak adanya pengaruh reaksi jangkar. Fluks yang timbul hanya dihasilkan oleh arus medan (I_f).

2.4.4 Generator Berbeban

Pada saat generator diberi beban arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan timbulnya reaksi jangkar. Untuk mencari tegangan terminal yang dihasilkan oleh generator digunakan rumus :

$$V_t = E_o - (I_a \times Z_s) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

- V_t = Tegangan terminal
- E_o = Tegangan induksi pada jangkar
- I_a = Arus armature
- Z_s = Impedansi

2.5 Motor Bensin

Motor bensin merupakan suatu motor yang dapat menghasilkan tenaga dari proses pembakaran bahan bakar (campuran bahan bakar dan udara) didalam ruang bakar. Karena proses pembakaran bahan bakarnya terjadi didalam ruang bakar, maka motor bensin ini tergolong kedalam jenis motor pembakaran dalam (*Internal*

Combustion Engine). Motor bensin mengubah energi termal bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Motor bensin ini dilengkapi dengan busi dan karburator yang memiliki peran penting dalam proses pembakaran.

Karburator dalam motor bensin digunakan sebagai tempat pencampuran bahan bakar dan udara sampai didapatkan campuran bahan bakar-udara dalam bentuk kabut/gas, agar selanjutnya campuran bahan bakar tersebut dapat terbakar oleh percikan bunga api listrik dari busi di dalam ruang bakar. Setelah campuran bahan bakar – udara keluar dari karburator berbentuk gas, maka campuran bahan bakar tersebut dihisap ke dalam ruang bakar melalui katup masuk. Kemudian di dalam ruang bakar menjelang akhir langkah kompresi, loncatan bunga api listrik dari busi membakar campuran bahan bakar ini sehingga terjadilah proses pembakaran yang kemudian dapat menghasilkan daya motor. Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) menurut prinsip kerjanya, dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu motor bensin dua langkah (*two stroke*) dan motor bensin empat langkah (*four stroke*). Motor bensin 2 langkah memerlukan 2 kali langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 1 kali putaran poros engkol. Sedangkan motor bensin 4 langkah memerlukan 4 langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 2 kali putaran poros engkol. (Artayana, 2014)

2.5.1 Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah (*four stroke*) memerlukan 4 langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 2 kali putaran poros engkol dalam cara kerjanya (Artayana, 2014). Langkah-langkah yang terjadi pada motor bensin 4 langkah yaitu :

a. Langkah Hisap

Pada langkah hisap campuran udara yang telah bercampur pada karburator dihisap ke dalam silinder (ruang bakar). Hal ini mengakibatkan tekanan di dalam silinder lebih rendah dari tekan di luar. Langkah ini dimulai dengan bergeraknya piston kebawah dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sambil menghisap campuran bahan bakar

dan udara masuk kedalam silinder. Saat langkah ini, katup isap akan membuka dan kembali menutup setelah piston beberapa saat meninggalkan TMB, sedangkan katup buang selama langkah ini dalam keadaan tertutup.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah ini, piston kemudian bergerak naik keatas dari sesaat setelah TMB menuju TMA dengan memampatkan campuran bahan bakar dan udara yang berada didalam silinder. Selama langkah ini, kedua katup yaitu katup isap dan katup buang berada dalam keadaan tertutup, sedangkan poros engkol membuat setengah putaran yang kedua. Sesaat sebelum akhir langkah kompresi ini, pembakaran dimulai dan tekanan silinder naik lebih cepat.

c. Langkah Ekspansi

Ketika piston berada sesaat sebelum TMA, campuran bahan bakar dan udara kemudian dibakar menggunakan percikan api listrik dari busi, sehingga menyebabkan terbakarnya gas-gas yang kemudian menimbulkan tenaga yang mendorong piston kebawah menuju TMB. Selama langkah ini, katup buang akan menutup dan kembali terbuka beberapa saat sebelum piston mencapai TMB, sedangkan katup isap dalam posisi tertutup. Dan akhirnya poros engkol membuat setengah putaran yang ketiga.

d. Langkah Buang

Pada langkah buang ini, piston bergerak menuju TMA untuk mendorong gas-gas yang terbakar keluar melalui katup buang. Katup isap selalu tertutup pada langkah ini, sedangkan katup buang akan membuka. Katup buang akan menutup kembali setelah beberapa saat piston meninggalkan TMA. Poros engkol kemudian dapat menyelesaikan 4 putaran sepenuhnya. Akhirnya siklus kembali lagi dari awal dan dilakukan berulang-ulang.

2.6 Karburtor

Karburator berfungsi untuk mengubah bahan bakar cair menjadi kabut / gas, dengan cara mencampurkan bahan bakar cair dan udara

sehingga didapatkan campuran bahan bakar berbentuk kabut / gas sebelum masuk kedalam ruang bakar.



Gambar 2.10. Karburator Genset Honda OG 3200 LX

Beberapa hal yang perlu dipahami sebelum mengetahui prinsip kerja karburator adalah sebagai berikut :

1. Tekanan atmosfer
Tekanan atmosfer merupakan tekanan udara yang berada disekeliling kita.
2. Kevakuman
Vakum merupakan suatu kondisi atau keadaan dimana sama sekali tidak terdapat udara / hampa dalam suatu ruangan yang tertutup.
3. Prinsip Kerja Venturi
Pada venturi, terjadi penyempitan suatu ruangan sehingga menyebabkan tekanan udara menjadi turun, dan sebaliknya kecepatannya akan naik. Bahan bakar yang terhisap dan keluar dari pelampung disebabkan oleh adanya tekanan yang rendah pada venturi, sedangkan besarnya venturi ini dipengaruhi oleh perubahan ketinggian pada *throttle valve*.
4. Ruang Pelampung (*float chamber*)
Fungsi dari ruang pelampung ini yaitu sebagai tempat penampungan dan penyuplaian bahan bakar yang akan dikabutkan menuju kedalam ruang bakar. Pelampung dan Katup pelampung (*float valve*) berfungsi untuk mengatur banyaknya bahan bakar yang ada didalam ruang pelampung.
5. *Choke Valve*

Choke valve digunakan untuk memperkaya atau memperbanyak campuran bahan bakar dan udara pada saat motor start dingin.

6. *Piston Valve*

Besarnya venturi dalam karburator, diatur oleh Piston valve ini. Dengan diaturnya besar venturi pada karburator oleh piston valve ini, maka kecepatan udara yang akan masuk ke ruang bakar menjadi berubah. Piston valve mengatur jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dengan cara mengatur lebarnya pembukaan pada piston valve.

7. Sekrup Penyetel Udara

Sekrup ini berfungsi untuk mengatur jumlah campuran udara dengan bahan bakar yang tepat pada kondisi putaran lamsam.

2.7 Perhitungan Tekanan Hidrostatik (p), Debit Biogas (Q), Kecepatan Biogas (v), Daya Listrik (P), dan Laju Aliran Massa (ṁ)

2.7.1 Tekanan Hidrostatik (p)

Tekanan Hidrostatik adalah tekanan yang terjadi di bawah air. Tekanan ini terjadi karena adanya berat air yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah ruang dan gravitasi juga menentukan tekanan air tersebut. Tekanan Hidrostatik dirumuskan :

$$p = \rho \times g \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : P = Tekanan (Pa)

ρ = massa jenis (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

H = ketinggian (m)

2.7.2 Debit (Q)

Debit dalam aliran gas merupakan merupakan ukuran volume per satuan waktu. Untuk mengetahui debit dapat dicari dengan :

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : Q = Debit (m³/s)

V = Volume (m³)

t = Waktu (s)

Atau

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan Q = Debit (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan (m)

Maka

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.7.3 Daya Listrik (P)

Daya listrik adalah banyaknya energi listrik yang mengalir pada rangkaian listrik dalam setiap satuan waktu. Daya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : P = Daya (Watt atau Joule/sekon)

$W = \text{Energi listrik (Joule)}$

$t = \text{Waktu (sekon)}$

Karena:

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika W disubstitusikan, maka persamaan daya listrik menjadi :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : $P = \text{Daya (Watt) atau (Joule/sekon)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Kuat arus (Ampere)}$

2.7.4 Laju Aliran Massa (\dot{m})

Laju aliran massa merupakan banyaknya massa suatu zat yang mengalir per satuan waktu. Untuk mengetahui nilai laju aliran massa dapat digunakan rumus :

$$\dot{m} = Q \times \rho \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan : $\dot{m} = \text{Laju aliran massa (kg/s)}$

$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$

$\rho = \text{massa jenis (kg/m}^3 \text{)}$