

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Saputri dkk, (2014), berpendapat bahwa bahan baku pembuatan biogas dari kotoran sapi merupakan penghasil biogas yang paling baik diantara kotoran hewan yang lain karena setiap 10 - 25 kg kotoran sapi per hari mampu menghasilkan 2 m<sup>3</sup> biogas. Yang mana pada 1 m<sup>3</sup> biogas dapat membangkitkan energi sebesar 4,7 kWh dan mampu digunakan sebagai penerangan 60 sampai 100 watt selama 6 jam. Pemanfaatan biogas dengan menggunakan kotoran sapi sangat potensial. Seperti diketahui kotoran sapi perhari dapat mencapai 25 kg, dengan jumlah sapi sebanyak 4.000 ekor berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 3.760 kWh/hari atau 12,8297 mega Btu. Jika dibandingkan dengan sumber biogas lainnya seperti kotoran gajah (2.538kWh/hari), babi (698,79 kWh/hari), itik (281,76 kWh/hari) dan manusia (48,4 kWh/hari) potensi energi listrik yang dihasilkan oleh kotoran sapi lebih tinggi dari pada sumber-sumber tersebut.

Perbedaan tekanan yang dapat menyebabkan biogas dapat mengalir keruang bakar, sehingga terjadi konversi energi biogas menjadi energi listrik. Hasil perhitungan dengan menggunakan massa biogas 2,675 kg dan beda tekanan 431,85 Pa dapat menghasilkan daya listrik 60 Watt. Khusus untuk alat pencampur biogas udara dengan kapasitas 16 m<sup>3</sup> dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik selama 12 jam dan dapat menghasilkan daya listrik sebesar 900 Watt hal ini sangat menjanjikan sebagai energi alternatif. Daya listrik yang dihasilkan dari konversi biogas sudah banyak digunakan di Indonesia terutama di daerah peternakan. (Lasmi dkk, 2015)

Memodifikasi mesin genset berbahan bakar fosil menjadi bahan bakar biogas dengan menabahkan *koversion kit* dan *mixer* pada saluran bahan bakar. Modifikasi ini menggunakan sistem *duelfuel* yaitu dua bahan bakar secara bersamaan dengan komposisi 70% bensin dan 30% biogas. Penggunaan bahan

bakar BBMG untuk masyarakat pedesaan ditinjau secara ekonomis, masyarakat dapat menghemat bahan bakar bensin (BBM) 0,60 liter/jam selama operasional. (Pungut dkk, 2012).

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Biogas

Biogas merupakan gas yang mudah terbakar yang dihasilkan dari penguraian senyawa – senyawa organik pada biomassa akibat dari aktivitas mikroorganisme ( fermentasi ) pada kondisi tanpa udara (anaerobic). Kandungan yang terdapat pada biogas sebagian besar yaitu gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sebagian kecil dari kandungan biogas yaitu gas hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) , hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Kandungan gas metana yang besar dapat menjadikan biogas mudah terbakar, sehingga mampu dipakai sebagai sumber energi untuk kegiatan memasak, penerangan, bahkan dalam skala besar dapat menghasilkan energi listrik. (Pungut dkk, 2012)

Tabel 2.1 Komposisi biogas

| Penjelasan       | Rumus                | Persentase |
|------------------|----------------------|------------|
| Metana           | $\text{CH}_4$        | 55 - 65%   |
| Karbondioksida   | $\text{CO}_2$        | 38 - 45%   |
| Nitrogen         | $\text{N}_2$         | 0 - 3%     |
| Hidrogen         | $\text{H}_2$         | 0 - 1%     |
| Oksigen          | $\text{O}_2$         | 0 - 1%     |
| Hidrogen Sulfida | $\text{H}_2\text{S}$ | 0 - 1%     |

(Pungut dkk, 2012)

Tabel 2.2. Kandungan Biogas

| No | Komponen      | Jumlah (%) |
|----|---------------|------------|
| 1  | $\text{CH}_4$ | 48,57      |
| 2  | $\text{CO}_2$ | 34,06      |

Sumber : Lab. Pengelolaan limbah FTP UGM

Pada tabel 2.2 merupakan kandungan biogas yang terdapat di peternakan sapi Pandan Mulyo, Bantul, Yogyakarta.

Biogas memiliki berat lebih ringan sekitar 20% dibandingkan dengan udara. Biogas memiliki suhu pembakaran antara 650-750° C. Nilai kalor yang terdapat pada gas metana yaitu 20 MJ/m<sup>3</sup> dan 60% nilai efisiensi pembakaran pada penggunaan kompor biogas. Gas metana merupakan gas yang dapat mengakibatkan efek rumah kaca, sehingga terjadi fenomena pemanasan global. hal ini dikarenakan gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas karbondioksida. (Wahyuni, 2013)

Menurut Wahyuni (2013), kandungan nilai kalor yang terdapat pada setiap 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah. Agar dapat memproduksi listrik setiap 1 kWh membutuhkan 0,62-1 m<sup>3</sup> biogas yang setara dengan minyak tanah 0,52 liter. Sehingga biogas yang ramah lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Tabel 2.3 Kesetaraan biogas

| <b>Keterangan</b>             | <b>Bahan Bakar Lain</b> |
|-------------------------------|-------------------------|
| <b>1 m<sup>3</sup> Biogas</b> | Elpigi 0,46 kg          |
|                               | Minyak tanah 0,62 liter |
|                               | Bensin 0,80 liter       |
|                               | Minyak solar 0,52 liter |
|                               | Kayu bakar 3,50 kg      |

(Wahyuni, 2013)

Tabel 2.4 Kandungan Bahan Kering Dan Volume Gas Yang Dihasilkan

| Jenis         | Banyak Tinja (kg/hari) | Kandungan Bahan Kering-BK (%) | Biogas yang Dihasilkan (m <sup>3</sup> /kg.BK) |
|---------------|------------------------|-------------------------------|--|
| Gajah         | 30                     | 18                            | 0,018 – 0,025                                  |
| Sapi / Kerbau | 25 – 30                | 20                            | 0,023 – 0,040                                  |
| Kambing       | 1,13                   | 26                            | 0,040 – 0,059                                  |
| Ayam          | 0,180                  | 28                            | 0,065 – 0,116                                  |
| Itik          | 0,34                   | 38                            | 0,065 – 0,116                                  |
| Babi          | 7                      | 9                             | 0,040 – 0,059                                  |
| Manusia       | 0,25 – 0,4             | 23                            | 0,020 – 0,028                                  |

(Sumber : Saputri dkk , 2014)

### 2.2.2. Teknolgi Biogas

Teknologi biogas adalah salah satu cara untuk mengolah suatu limbah, baik limbah rumah tangga, limbah kotoran ternak, limbah industri guna menghasilkan energi. Teknologi ini mengolah berbagai jenis limbah organik yang ditempatkan pada ruangan kedap udara atau anaerob dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mengubahnya. Kemudian hasil dari pengolahan limbah tersebut akan menghasilkan biogas dan pupuk organik yang sangat baik untuk digunakan.

Wahyuni (2013), berpendapat bahwa ada beberapa sifat organik yang berpengaruh pada tingkat produksi biogas :

#### 1. Perbandingan Rasio C/N

Hubungan antara nilai karbon dengan nitrogen yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio karbon/ nitrogen (C/N). Ketika rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan. Sebagai akibatnya produksi metan sangat rendah. Sebaliknya, apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi

dalam bentuk amoniak ( $\text{NH}_4$ ).  $\text{NH}_4$  akan meningkatkan derajat PH bahan dalam digester.

## 2. Pengadukan

Pengadukan dilakukan guna menjaga agar tidak terjadi pengendapan pada dasar digester yang berupa partikel padat. Apabila bahan terlalu pekat, maka aliran gas yang ada pada dasar digester akan terhambat oleh adanya partikel padat yang terdapat pada dasar digester. Sehingga mengakibatkan produksi gas yang dihasilkan akan berkurang.

## 3. Proses Fermentasi

Proses fermentasi atau proses pencernaan mengacu berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi di antara bakteri metanogen dan bakteri non-metanogen dan bahan yang diumpangkan kedalam pencerna sebagai input.

## 4. Nilai pH

Produksi biogas dapat dikatakan apabila nilai PH yang terdapat pada campuran input digester mencapai kisaran 6 dan 7. Waktu di dalam digester merupakan fungsi dari derajat keasaman pH dalam digester. Ketika awal fermentasi, bakteri pembentuk asam akan memproduksi jumlah asam organik yang besar, nilai pH yang terdapat pada digester mampu mencapai di bawah 5. Dengan nilai asam yang rendah dapat menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Karena bakteri metanogenetik tidak mampu hidup dengan nilai pH dibawah 6, dikarenakan bakteri tersebut sangat peka terhadap pH.

## 5. Suhu

Saat bakteri metanogenetik pada kondisi tidak aktif dengan kondisi suhu tinggi ataupun rendah. Suhu optimum yaitu  $35^\circ\text{C}$ . Ketika terjadi penurunan suhu udara mencapai  $10^\circ\text{C}$  maka produksi biogas akan terhenti.

## 6. Laju Pengisian

Laju pengisian adalah jumlah bahan baku yang diberikan kedalam digester per unit dengan kapasitas per hari. Pada umumnya, 6 kg kotoran sapi per m<sup>3</sup> volume digester direkomendasikan pada suatu jaringan pengolahan kotoran sapi. Apabila pemasukan bahan baku yang terlalu banyak, akan mengakibatkan terganggunya akumulasi asam dan produksi metana yang dihasilkan. Sebaliknya apabila pengisian bahan baku yang diberikan pada digester terlalu sedikit, akan berakibat produksi menjadi rendah.

## 7. Waktu Didalam Digester

Waktu didalam digester rata-rata periode waktu pada saat bahan baku masih berada didalam digester dan pada saat bakteri metanogen melakukan proses fermentasi. Waktu tinggal dihitung dengan pembagian volume total dari digester oleh volume input yang ditambah setiap hari serta suhu minimal 35° C.

### **2.2.3. Reaktor biogas**

Reaktor biogas adalah ruangan kedap udara atau anaerob, dimana didalam reaktor akan terjadi fermentasi limbah organik yang menghasilkan biogas. Pada umumnya, proses fermentasi didalam reaktor biogas akan mulai terbentuk pada hari ke-3 samapi hari ke-7, yang mana puncaknya akan terjadi pada hari ke-14 sampaihari ke-20. Reaktor biogas dapat dibuat sebagai macam jenis tergantung kebutuhan dan ketersediaan bahan baku biogas.

Jenis – jenis reaktor biogas

#### 1. Tipe kubah tetap

Reaktor tipe kubah dinamakan kubah karena bentuk dari reaktor yang seperti kubah. Reaktor ini biasa dikembangkan oleh kelompok ternak di Indonesia. Reaktor tipe kubah dibuat menggunakan batu bata yang disusun seperti bangunan yang diletakan didalam tanah dengan kedalaman tertentu dan reaktor ini harus kuat konstruksinya agar tidak terjadi kebocoran gas.

2. Reaktor *floating*

Reaktor ini biasanya berbentuk silinder dan terbuat dari bahan plastik atau plat besi. Pada dasarnya reaktor floating ini mempunyai bagaian yang sama seperti reaktor tipe kubah namun memiliki perbedaan pada bagian penampung, yang mana terdapat peralatan yang terbuat dari drum yang dapat bergerak naik turun. Drum tersebut berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi.

3. Reaktor balon

Rektor balon ini terbuat dari bahan plastik, untuk penggunaanya biasanya digunakan untuk skala rumah tangga. Reaktor ini dapat digunakan sebagai penmpung biogas dan sekaligus sebagai digester.

#### 2.2.4. Biogas Kotoran Sapi

Pembuatan instalasi biogas skala kelompok perlu diperhatikan beberapa hal diantaranya, lokasi, jumlah ternak, dan kapasitas digester yang di pasang.

Untuk menentukan jumlah ternak dan digester yang harus di pasang dapat dilihat pada tabel 2.4.

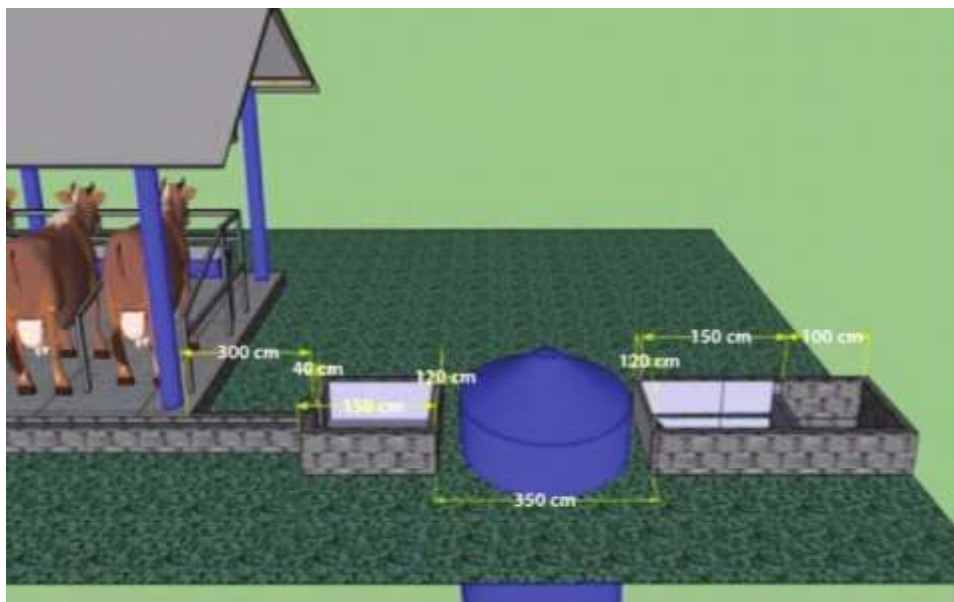
Tabel 2.5. Kapasitas Digester Skala Kelompok dan Industri

| No | Jumlah Ternak (ekor) | Kapasitas Digester (m <sup>3</sup> ) |
|----|----------------------|--------------------------------------|
| 1  | 20 – 30              | 11                                   |
| 2  | 40 – 50              | 7                                    |
| 3  | 100 – 350            | 100                                  |

(Wahyuni, 2013)

**a. Pembuatan Instalasi Biogas Skala Kelompok Dan Industri**

Membuat instalasi biogas secara kelompok dan skala industri berdasarkan teknisnya hampir sama dengan cara pembuatan instalasi biogas dalam skala rumah tangga. Akan tetapi pada pembuatan instalasi biogas skala kelompok dan skala industri harus memperhatikan jumlah ternak, kandang, lokasi, dan kapasitas digester yang akan dipasang.



Gambar 2.1. Instalasi Biogas  
(Wahyuni, 2013)

**b. Sketsa Pembuatan Biogas Kotoran Sapi**

Pada umumnya peternak sapi hanya memanfaatkan kotoran sapi secara sederhana yaitu menjadikan kotoran sapi sebagai pupuk kandang, sehingga pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas diharapkan dapat meningkatkan usaha peternakan. Dengan adanya pengolahan kotoran sapi peternak mendapatkan keuntungan ganda yaitu gas metana yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan untuk limbah hasil pengolahan kotoran sapi dapat digunakan sebagai pupuk cair dan pupuk padat. Berikut pada gambar 2.2. ditampilkan proses pembuatan biogas kotoran sapi.





Gambar 2.2. Sketsa Pembuatan Biogas

(Wahyuni, 2013)

Proses pembuatan biogas kotoran sapi

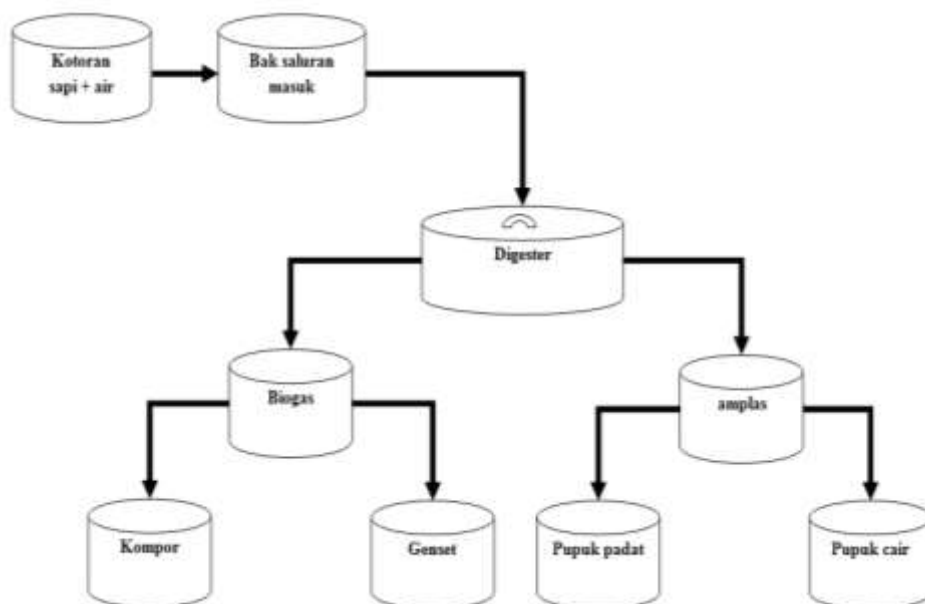
- 1) Sediakan kotoran sapi yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan biogas
- 2) Siapkan air sebagai bahan pencampur kotoran sapi dengan perbandingan 1 : 2 (4 kg kotoran sapi dicampur dengan 8 liter air)
- 3) Masukkan campuran kotoran sapi dengan air yang telah mencair kedalam digester melalui saluran masuk digester. Pengisian bahan biogas kotoran sapi sekitar 60% dari volume digester sesuai batas optimalnya.
- 4) Kemudian diamkan selama dua minggu dengan kondisi kran pada kontrol gas dan kran pada gas pengeluaran semua dalam keadaan tertutup. Dengan tujuan agar proses fermentasi didalam digester dalam kondisi *anaerob* atau tanpa oksigen. Untuk mengetahui hasil dari proses fermentasi biasanya dapat dilihat pada hari ke-14 yang biasanya gas metana CH<sub>4</sub> sudah terkumpul pada bagaian atas digester. Pada gas

pertama yang dihasilkan oleh digester sebaiknya dikeluarkan terlebih dahulu melalui kran karena masih terdapat campuran gas dan udara yang kurang baik apabila langsung digunakan.

- 5) Untuk menjaga agar biogas didalam digester tetap tersedia setiap saat setelah digunakan setiap hari maka perlu ada pengisian kotoran sapi yang telah dicampur dengan air kedalam digester sebelum penggunaan. Dengan demikian gas akan diproduksi oleh digester secara terus menerus. Akan tetapi hal itu perlu adanya perawatan komponen pembuatan biogas dan menyesuaikan cuaca. Untuk mengetahui kondisi biogas dapat dilihat melalui alat kontron gas yang terpasang.

### c. Diagram Sistem Proses Pemanfaatan Kotoran Sapi

Kotoran sapi merupakan kotoran ternak yang paling baik apabila digunakan sebagai bahan baku biogas dibandingkan dengan kotoran ternak lainnya, hal ini dikarenakan pada kotoran sapi mengandung nilai gas metana yang tinggi. Dari kotoran sapi yang telah diolah baik hasil dan limbahnya juga dapat dimanfaatkan semuanya. Pada gambar 2.3. berikut ditampilkan proses pembuatan dan pemanfaatan kotoran sapi.



Gambar 2.3. Sistem proses pemanfaatan kotoran sapi (Wahyuni, 2013)

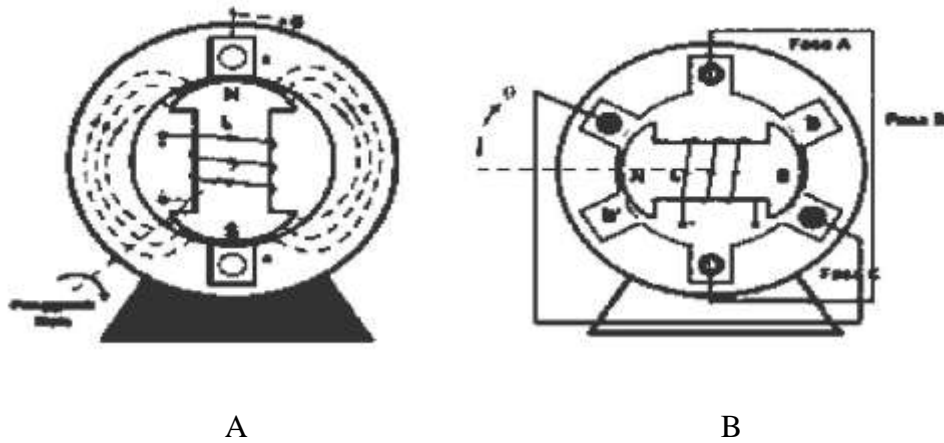
Pemanfaat kotoran sapi

- a) Kotoran sapi yang telah masuk kedalam digester akan menghasilkan gas, ampas dan cair.
- b) Gas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti gas LPG yang dapat digunakan untuk menyalakan kompor.
- c) Gas yang dihasilkan juga bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak yang dapat menghidupkan generator sehingga menghasilkan arus listrik.
- d) Sisa hasil pembuatan biogas yang berbentuk ampas dan cair juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk padat dan pupuk cair yang bisa digunakan sebagai pupuk organik.

### **2.3. Generator**

Generator adalah suatu alat atau mesin yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dimana energi mekanik didapatkan dari energi potensial dan kinetik yang akan menggerakkan rotor melalui poros penghubung pada generator. Energi diubah oleh generator menjadi energi listrik melalui lilitan kumparan stator dan magnet rotor. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dapat berbentuk arus bolak balik (AC) dan arus searah (DC). Generator AC keluarannya dapat menghasilkan tegangan langsung sementara generator DC harus diolah dulu menggunakan komutator untuk menyearahkan *output* generator. Perbedaan generator DC dengan generator AC terletak pada kumparan jangkar dan kumparan statornya. Generator dikelompokkan menjadi generaor sinkron dan unsikron dimana generator sinkron bekerja pada kecepatan dan frekuensi konstan. Keluaran dari generator sinkron adalah arus bolak- balik (AC). ( Indriani, 2015 )

Generator arus bolak-balik terdiri atas:



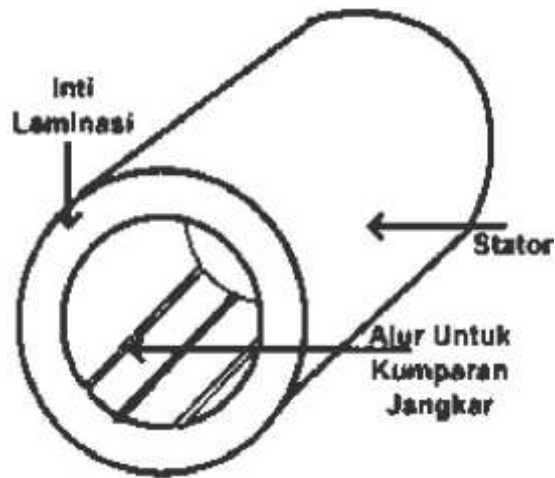
Gambar 2.4. ( A ) Generator AC Satu Phasa Dua Kutub, ( B ) Generator AC Tiga Phasa Dua Kutub. ( Indriani, 2015)

### 2.3.1. Konstruksi Generator Sinkron

Berdasarkan konstruksinya generator sinkron terdiri atas komponen stator dan rotor.

#### a) Stator

Stator berfungsi sebagai penerima induksi magnet dari rotor dimana arus AC disalurkan melalui armature ke beban. Stator berbentuk rangka silinder dengan jumlah lilitan kawat konduktor yang banyak. Stator terbuat dari bahan ferromagnetik dan dilaminasi guna mengurangi rugi-rugi arus pusar. Kualitas inti ferromagnetik yang baik akan memiliki permeabilitas dan resistivitas bahan tinggi. Bentuk stator ditampilkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5. Stator  
( Indriani, 2015 )

b) Rotor

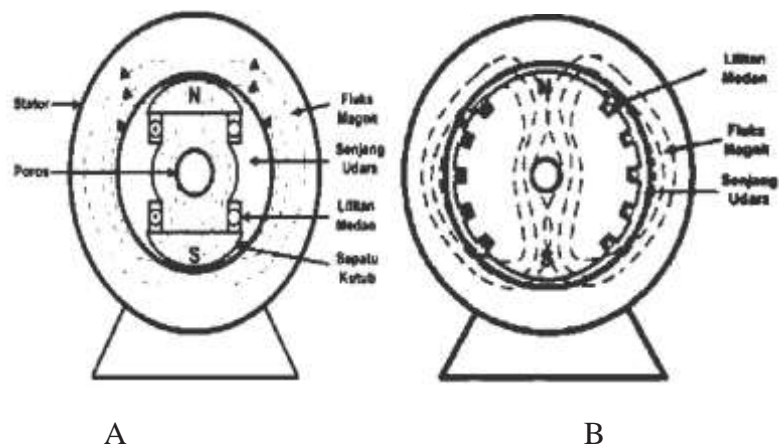
Rotor berfungsi untuk menghasilkan tegangan yang dibangkitkan oleh medan magnet dan diinduksikan ke stator. Bentuk rotor pada generator ada yang berbentuk kutub sepatu (*salient pole*) dan silinderis (celah udara yang sama jaraknya).

1) Jenis Kutub Sepatu ( *Salient Pole* )

Apabila putaran rotor kutub *salient* sangat tinggi dapat mengakibatkan rugi angin, dan akan mengakibatkan suara yang sangat berisik atau bising, sehingga rotor jenis ini kebanyakan dipakai pada generator yang memiliki penggerak utama dengan kecepatan rendah dan menengah. Kutub dari rotor tersebut terdiri dari lapisan lapisan besi, yang digunakan untuk mengurangi panas yang diakibatkan arus eddy. *Salient pole* terdiri dari inti kutub dan sepatu kutub. Belitan medan dililitkan pada badan kutub, belitan peredam dipasang pada sepatu kutub ( *damper winding* ). Belitan kutub terbuat dari tembaga, sedangkan badan kutub dan sepatu kutub terbuat dari besi lunak.

## 2) Jenis Kutub Silinder

Rotor silinder kebanyakan dipakai pada generator yang memiliki tipe penggerak utamanya yaitu turbin uap, turbin alternator dengan putaran yang sangat tinggi. Bentuk dari rotor ini silinder yang mana kelilingnya terdiri dari alur-alur yang digunakan untuk tempat kawat kumparan medan. Alur-alur tersebut terbagi atas pasangan-pasangan kutub.

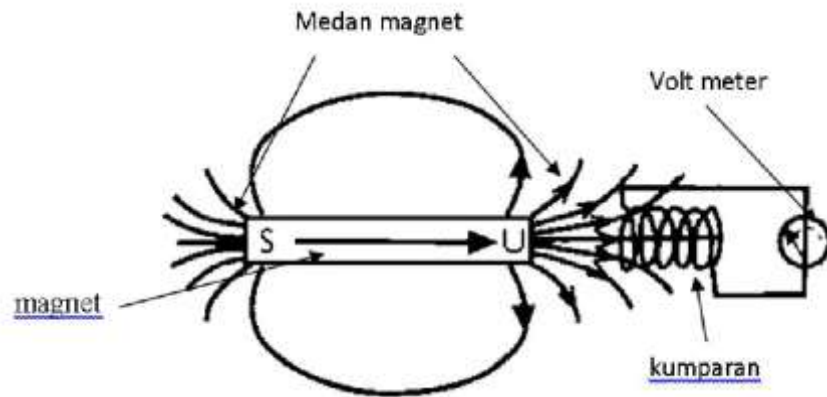


Gambar 2.6. ( A ) Rotor Kutub Sepatu, ( B ) Rotor Kutub Silinder  
( Indriani, 2015 )

### 2.3.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Prinsip kerja generator sinkron adalah medan magnet yang bersifat bolak balik akan timbul pada kumparan rotor jika diputar oleh prime mover dimana medan magnet akan memotong kumparan stator sehingga menghasilkan gaya gerak listrik pada bagian ujung kumparan stator dengan gerak bolak balik yang sama dengan kecepatan putar rotor, dimana frekuensi listriknya juga sama.

Bentuk gaya gerak listrik dapat dilihat pada gambar 5 dimana gaya gerak listrik yang timbul disebabkan oleh perubahan jumlah garis-garis gaya magnet.



Gambar 2.7. Gaya gerak listrik  
( Indriani, 2015 )

Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya GGL induksi

- a) Kecepatan perubahan medan magnet
- b) Jumlah banyaknya lilitan
- c) Kekuatan magnet

Operasi generator sinkron ditunjukkan dengan menggunakan rumus berikut ini :

Dimana,

$V_t$  = tegangan terminal

$E_o$  = GGL armature

$I_a$  = arus armature

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

$c$  = konstanta mesin

$n$  = putaran mesin

$\phi$  = fluks yang dihasilkan medan arus

Perhitungan tegangan terminal

a. Perhitungan tegangan terminal tanpa beban ( $I_a = 0$ )

$$V_t = E_o \dots \dots \dots (2.2)$$

b. Perhitungan tegangan terminal dengan pembebanan ( $I_a \neq 0$ )

$$V_t = E_o - (I_a \times Z_s) \dots \dots \dots (2.3)$$

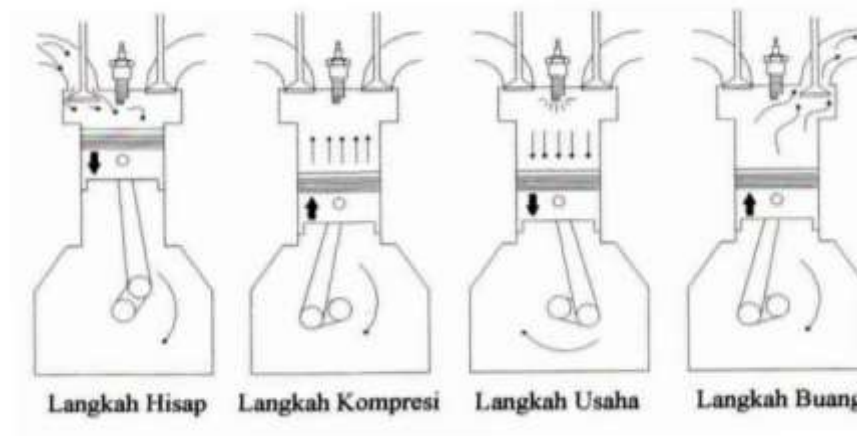
#### **2.4. Motor Bakar Bensin**

Motor bakar yaitu motor yang sumber tenaganya diperoleh dari hasil pembakaran gas yang terdapat diruang bakar. Motor bensin yaitu motor yang gas pembakarnya berasal dari hasil campuran antara bahan bakar bensin dan udara dengan suatu perbandingan tertentu, sehingga gas tersebut akan mudah terbakar ketika didalam ruang bakar, ketika elektroda busi menghasilkan bunga api dengan tegangan listrik yang tinggi. Komponen yang digunakan untuk mencampur udara dan bensin supaya menjadi gas yaitu karburator. Tenaga yang dihasilkan oleh motoryaitu berasal dari proses pembakaran gas pada saat diruang bakar, dikarenakan terjadinya pembakaran gas sehingga menimbulkan panas. Panas yang timbul akibat pembakaran dapat mengakibatkan gas yang sudah terbakar mengembang/ekspansi. Pembakaran dan pengembangan gas ini terbentuk didalam ruang bakar yang sempit dan tertutup, dimana bagian atas dan samping kanan kiri dari ruang bakar tidak bisa bergerak, sedangkan yang bisa bergerak hanya di bagian bawah yaitu piston, sehingga dengan sendirinya piston akan terdorong ke bawah dengan kuatnya oleh gas yang terbakar dan mengembang. Pada saat piston terdorong ke bawah ini, membawa tenaga yang sangat dahsyat, dan inilah yang dimaksud dengan tenaga motor. (Wiratno dkk 2012)



### 2.4.1. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah

Langkah kerja motor bensin 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.8. Prinsip kerja motor 4 langkah  
(Wiratno, 2012)

#### 1) Langkah Hisap

Pada saat langkah hisap piston akan bergerak dari TMA ke TMB sehingga poros engkol akan berputar ( $180^\circ$ ). Pada saat langkah ini katup masuk membuka sehingga saluran masuk yang berhubungan dengan karburator akan terbuka, sedangkan katup buang menutup saluran pembuangan. Dikarenakan bergeraknya piston dari TMA ke TMB ini memiliki daya hisap yang sangat kuat, sehingga dengan sendirinya gas baru yang berada dalam karburator akan terhisap masuk ke dalam ruang bakar.

#### 2) Langkah Kompresi

Pada saat langkah kompresi piston akan bergerak dari TMB ke TMA, engkol berputar ( $360^\circ$  atau 1 putaran) mengakibatkan katup masuk dan katub buang menutup saluran masuk dan saluran buang. Bergeraknya piston ini makin naik akan menjadikan ruangan diatas piston semakin menyempit sehingga daya kompresi didalam ruang bakar yang sempit akan menjadi tinggi. Dikarenakan ruang bakar tertutup rapat, maka akan menghisap gas baru dan akan termampat atau tertekan oleh piston.

### 3) Langkah Usaha

Pada saat langkah usaha, ketika piston belum mencapai TMA, poros engkol akan berputar mencapai  $(360^\circ)$  saat akhir langkah kompresi, ketika busi meloncatkan bunga api listrik dengan tegangan yang tinggi didalam ruang bakar, tepat saat torak tepat mencapai TMA atau poros engkol berputar mencapai  $(360^\circ)$ , sehingga gas baru yang telah termampat didalam ruang bakar menjadi terbakar. Pembakaran terjadi saat piston mencapai TMA, kemudian gas hasil pembakaran tersebut mengakibatkan panas yang menyebabkan pengembangan gas didalam ruang bakar. Pengembangan gas mengakibatkan tenaga/tekanan yang sangat dahsyat menuju ke segala arah, yaitu bagian atas bawah dan samping kiri kanan didalam ruang bakar yaitu statis/diam, sedangkan dibagian bawah yang terdapat diruang bakar yaitu dinamis/bergerak yaitu piston, maka secara otomatis piston terdorong dengan kuat dari TMA ke TMB. Bergeraknya piston dari TMA ke TMB dapat menimbulkan tenaga yang sangat besar.

### 4) Langkah Buang

Pergerakan piston bergerak mulai dari TMB ke TMA, poros engkol berputar sampai  $270^\circ$ , sehingga pada langkah ini akan membuka katup buang dan mengakibatkan gas hasil sisa pembakaran yang terdapat ruang bakar secara otomatis akan terdorong keluar oleh piston melalui saluran katup buang yang terbuka.