

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Bagian utama dari pembangkit listrik adalah generator, yakni mesin yang berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik.¹

2.2 Generator Arus Bolak - Balik (Generator AC)

Generator arus bolak-balik merupakan suatu alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik bolak-balik (AC). Bagian utama generator AC terdiri atas: magnet permanen (tetap), kumparan (solenoida), cincin geser, dan sikat. Pada generator, perubahan garis gaya magnet diperoleh dengan cara memutar kumparan di dalam medan magnet permanen. Karena dihubungkan dengan cincin geser, perputaran kumparan menimbulkan GGL induksi AC. Oleh karena itu, arus induksi yang ditimbulkan berupa arus AC. Adanya arus AC ini ditunjukkan oleh menyalanya lampu pijar yang disusun seri dengan kedua sikat. Contoh generator AC yang akan sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah dinamo sepeda. Bagian utama dinamo sepeda adalah sebuah magnet tetap dan kumparan yang disisipi besi lunak. Jika magnet tetap diputar, perputaran tersebut menimbulkan GGL induksi pada kumparan. Jika sebuah lampu pijar (lampu sepeda) dipasang pada kabel yang menghubungkan kedua ujung kumparan, lampu tersebut akan dilalui arus induksi AC. Akibatnya, lampu tersebut menyala. Nyala lampu akan makin terang jika perputaran magnet tetap makin cepat (laju sepeda makin kencang).

¹ http://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik



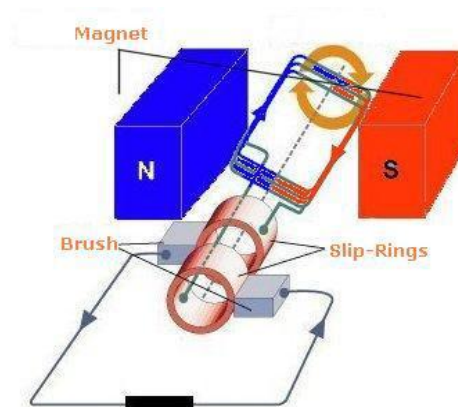
Generator merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan arus listrik. salah satu jenis generator adalah generator arus bolak balik yang akan dibahas saat ini. Generator ini berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik.²

Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator atau generator AC (alternating current) atau juga generator sinkron. Alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listrik sebagai sumber penggerak.

Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Generator arus bolak-balik 1 fasa

b. Generator arus bolak-balik 3 fasa³

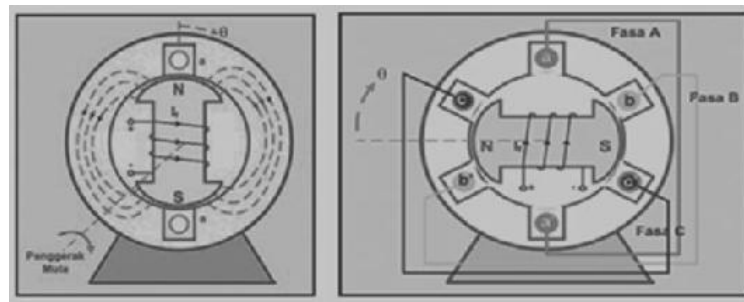


Gambar 2.1 Generator Arus Bolak-Balik

Gambar diagram kedua bentuk generator arus bolak – balik tersebut dapat dilihat dari Gambar 2.2 berikut.

² <https://qtussama.wordpress.com/materi-ajar-x-tnr/generator-listrik/>

³ <http://mrratkey.blogspot.com/2012/09/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>



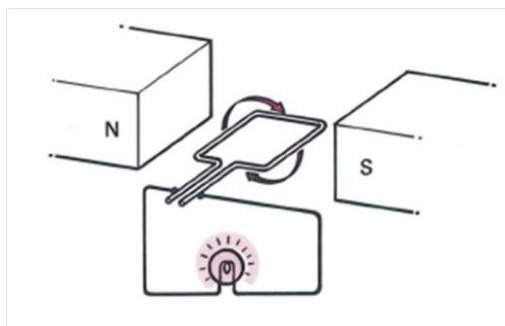
(a)

(b)

Gambar 2.2 (a) Generator AC satu fasa dua kutub
(b) Generator AC tiga fasa dua kutub⁴

2.2.1 Cara Merubah Energi Mekanik Menjadi Energi Listrik

Bila hanya sebuah konduktor saja yang diputar dalam sebuah medan magnet, maka gaya listrik yang dihasilkan juga sedikit (kecil). Bila konduktor yang digunakan semakin banyak maka akan dihasilkan gaya listrik semakin besar. Demikian pula bila konduktor diputar semakin cepat didalam medan magnet, maka bertambah besar pula gaya listriknya. Konduktor yang berbentuk coil (kumparan), jumlah gaya listrik yang terjadi akan semakin besar. Perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Prinsip Generator

Dari gambar diatas, bila konduktor digerakkan maju mundur antara kutub utara dan kutub selatan maka jarum galvanometer akan bergerak. Gerakan tersebut menunjukkan adanya gaya listrik yang dihasilkan.⁵

⁴<http://www.wahyukr.staff.gunadarma.ac.id/TEORI-GENERATOR-SINKRON>



2.2.2 Prinsip Kerja Generator

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik.

Besar tegangan generator bergantung pada :

1. Kecepatan putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
3. Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (f)

Jumlah kutub generator arus bolak-balik tergantung dari kecepatan rotor dan frekuensi dari ggl yang dibangkitkan. Hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan:

$$f = \frac{p \cdot n}{120} \quad (2-1)$$

Keterangan:

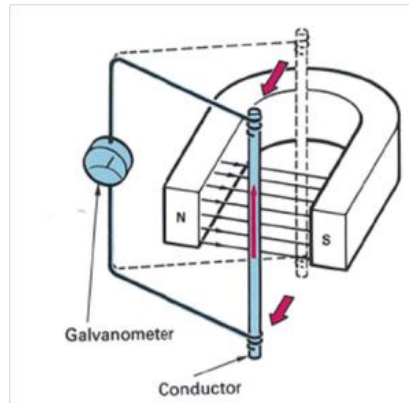
f = frekuensi tegangan (Hz)

p = jumlah kutub pada rotor

n = kecepatan rotor (rpm)

Induksi elektromagnetik dapat dikatakan sebagai proses perubahan energi mekanik (energi kinetik) menjadi energi listrik. Proses perubahan energi ini, berkaitan dengan konsep fluks magnetik. Kita mulai dengan mempelajari fluks magnetik dan Hukum Faraday secara kuantitatif. Fluks magnetik didefinisikan sebagai hasil kali antara komponen induksi magnetik dengan luas bidang Hukum Faraday.

⁵ <https://qtussama.wordpress.com/materi-ajar-x-tnr/generator-listrik/>

Gambar 2.4 Hukum *Faraday*

Generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu

1. Stator, merupakan bagian diam dari generator yang mengeluarkan tegangan bolak-balik
2. Rotor, merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator.⁶

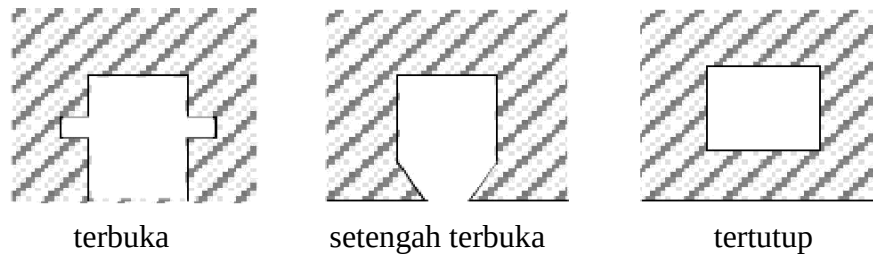
2.2.2.1 Stator

Stator (armature) adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui stator. Komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak.

Stator terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Rangka stator, merupakan rumah (kerangka) yang menyangga inti jangkar generator.
- Inti Stator, terbuat dari laminasi-laminasi baja campuran atau besi magnetic khusus terpasang ke rangka stator.
- Alur (slot) dan Gigi, merupakan tempat meletakkan kumparan stator. Ada 3 (tiga) bentuk alur stator yaitu terbuka, setengah terbuka, dan tertutup seperti pada gambar 2.5 berikut :

⁶ <http://mrratkey.blogspot.com/2012/09/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>



Gambar 2.5 Bentuk-bentuk alir

- Kumputan Stator (Kumputan Jangkar), biasanya terbuat dari tembaga. Kumputan ini merupakan tempat timbulnya ggl induksi.

2.2.2.2 Rotor

Rotor terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

- Slip Ring merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal kumputan rotor dipasang ke slip ring ini kemudian dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (brush) yang letaknya menempel pada slip ring.
- Kumputan Rotor (Kumputan Medan) merupakan unsur yang memegang peranan utama dalam menghasilkan medan magnet. Kumputan ini mendapat arus searah dari sumber eksitasi tertentu.
- Poros Rotor merupakan tempat meletakkan kumputan medan, dimana pada poros rotor tersebut telah dibentuk slot-slot secara parallel terhadap poros rotor.

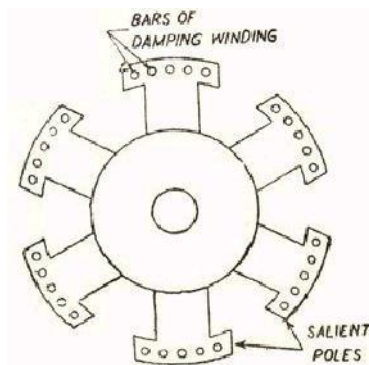
Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa silent pole (kutub menonjol) dan non silent pole (kutub silinder).

a. Jenis Kutub Menonjol (Silent Pole)

Pada jenis silent pole, kutub magnet menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan-belitan medannya dihubungkan seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub berlawanan.



Gambaran bentuk kutub menonjol generator sinkron seperti pada gambar 2.6 berikut :



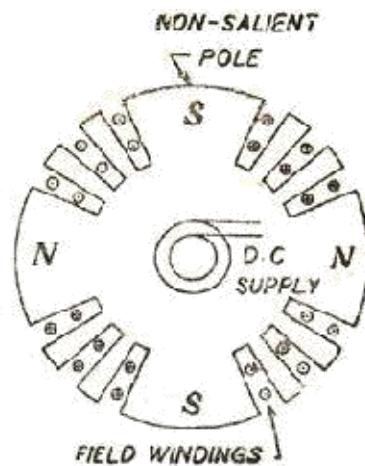
Gambar 2.6 Rotor kutub menonjol

Rotor kutub menonjol umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar rendah dan sedang (120-400 rpm). Generator sinkron tipe seperti ini biasanya dikopel oleh mesin diesel atau turbin air pada sistem pembangkit listrik. Rotor kutub menonjol baik digunakan untuk putaran rendah dan sedang karena:

- Kutub menonjol akan mengalami rugi-rugi angin yang besar dan bersuara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi.
- Konstruksi kutub menonjol tidak cukup kuat untuk menahan tekanan mekanis apabila diputar dengan kecepatan tinggi.

b. Jenis Kutub Silindris (Non Salient Pole)

Pada jenis non salient pole, konstruksi kutub magnet rata dengan permukaan rotor. Jenis rotor ini terbuat dari baja tempa halus yang berbentuk silinder yang mempunyai alur-alur terbuat di sisi luarnya. Belitan-belitan medan dipasang pada alur-alur di sisi luarnya dan terhubung seri yang dienerjais oleh Eksiter. Gambaran bentuk kutub silinder generator sinkron tampak seperti pada Gambar 2.7 berikut :



Gambar 2.7 Rotor kutub silindris

Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar tinggi (1500 atau 3000 rpm) seperti yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga uap. Rotor silinder baik digunakan pada kecepatan putar tinggi karena:

- Konstruksinya memiliki kekuatan mekanik yang baik pada kecepatan putar tinggi

Distribusi di sekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol.⁷

2.3 Motor Listrik (Motor Induksi)

Motor listrik (motor induksi) adalah mesin listrik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Mesin induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan, hal ini karena motor induksi mempunyai keuntungan sebagai berikut:

1. Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat.
2. Biayanya murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan normal tidak memerlukan sikat, sehingga rugi – rugi gesekan dapat dikurangi.

⁷ <http://www.wahyukr.staff.gunadarma.ac.id/TEORI-GENERATOR-SINKRON>



4. Perawatan yang minimum.
5. Pada waktu mulai beroperasi tidak memerlukan tambahan peralatan khusus.

Namun disamping hal tersebut diatas, perlu juga diperhatikan hal-hal yang tidak menguntungkan, yaitu :

1. Pengaturan kecepatannya sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatannya akan berkurang jika bebannya bertambah.
3. Kopel mulanya lebih rendah daripadamesin arus searah paralel.⁸

2.3.1 Prinsip Kerja Motor Induksi

Pada motor 3 fasa dapat dilihat, bahwa fluks magnet yang berbentuk di sekitar stator merupakan medan magnet yang berputar karena listrik yang dimasukkan pada lilitan stator sudah merupakan arus listrik yang berputar. Tetapi lain halnya dengan medan magnet yang terbentuk disekitar stator pada motor 1 fasa. Pada motor 1 fasa fluks magnet hnya bergantian arah saja, sehingga menyukarkan bagi motor pada saat start.

Untuk itu maka diperlukan bantuan yang prinsipnya membentuk medan magnet baru yang tidak sefasa dengan medan magnet lilitan utama (harus terdapat aliran listrik baru yang tidak sefasa dengan arus listrik yang mengalir pada lilitan utama), yang berarti harus terdapat lilitan kedua yang terpisah dari lilitan utama.

Jadi pada motor tersebut meskipun menggunakan listrik 1 fasa, tetapi didalam lilitan stator terdapat arus listrik 2 fasa dengan lilitan stator 2 fasa pula. Lilitan ini disebut lilitan utama (*main winding*) dan lilitan bantu (*auxiliary winding*). Apabila motor telah berjalan normal, maka lilitan bantu dapat dilepas (tidak digunakan lagi).

Untuk membentuk adanya dua arus listrik yang berbeda fasa, digunakan penggeser fasa yaitu induktor atau kapasitor. Pada motor *shaded pole* (kutub bayangan) motor *repulse*, motor seri prinsip kerjanya berbeda dengan motor fase belah.

Adapun prinsip kerja motor induksi adalah sebagai berikut:

⁸ <https://imronsyah.wordpress.com/about>



- Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (2-2)$$

- Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
- Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi.
- Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup, maka GGL akan menghasilkan arus (I).
- Adanya arus didalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
- Bila kopel (*torque*) mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- Seperti yang telah dijelaskan, GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
- Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (s), dinyatakan dengan:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (2-3)$$

Di mana :

S = Slip (dalam persentase).

N_r = Kecepatan perputaran medan rotor.

N_s = Kecepatan medan stator.

- Bila $n_r = n_s$, GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel.⁹

2.3.2 Kontruksi Motor Induksi

Kontruksi dasar dari motor induksi terdiri :

1. Stator (Bagian Diam)

Adapun kontruksi stator terdiri dari:

⁹ Drs. Sumanto, MA, Andi Offset, Motor Listrik Arus Bolak-Balik, 1993, Hal 7-8.



- Rumah stator dari besi tuang.
- Inti stator dari besi lunak atau baja silikon yang memiliki alur yang merupakan tempat meletakkan belitan.



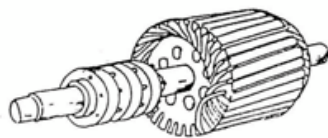
Gambar 2.8 Kontruksi Stator

2. Rotor (Bagian Berputar)

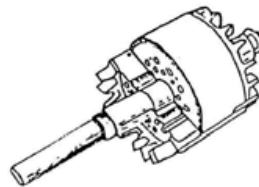
Adapun kontruksi rotor terdiri dari:

- Inti rotor bahannya sama dengan inti stator.
- Alur yang merupakan tempat meletakkan belitan.

Dalam hal kontruksi belitannya, rotor motor induksi dibagi atas dua jenis, yaitu jenis rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*) dan jenis rotor belitan (*wound rotor*).



(a) Rotor Belitan



(b) Rotor Sangkar

Gambar 2.9 Kontruksi Rotor

2.3.3 Frekuensi

Berubah–ubahnya kecepatan putar rotor akan mengakibatkan berubah – ubahnya nilai slip dari saat start (100%) sampai saat berputar pada kecepatan normal atau stasioner (0%), yaitu $N_s = N_r$. Rotor dalam keadaan stasioner, frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus sumber. Jika motor mulai



bergerak, frekuensi arus rotor tergantung pada slip atau kecepatan slip ($N_s - N_r$). Maka frekuensi arus rotor pada nilai kecepatan slip sembarang adalah :

$$f_r = \frac{P(N_s - N_r)}{120} \quad (2-4)$$

2.3.4 Daya Listrik

Satuan daya listrik adalah watt. Dalam satuan SI watt didefinisikan sebagai energi yang dikeluarkan atau kerja yang dilakukan setiap detik oleh arus 1 A yang konstan pada tegangan 1 volt. Sehingga :

$$P = I \times V \quad (2-5)$$

Sedangkan nilai arus yang mengalir kedalam rangkaian adalah:

$$I = \frac{V}{Z} \quad (2-6)$$

Dimana:

- P : daya (Watt)
- I : arus (A)
- Z : Impedansi Komponen (ohm)
- V : tegangan (Volt)

2.3.5 Beban Gravitasi

Bila suatu objek diangkat melawan gaya gravitasi (g), diperlukan suatu gaya untuk mengimbangi gaya gravitasi. Ini disebut beban gravitasi. Gaya (F) diperlukan untuk mengangkat objek dengan massa (m) pada kecepatan (v) adalah:

$$F = m \cdot g \quad (2-7)$$

$$m = v \times \rho \quad (2-8)$$

Dimana :

- F : gaya (Newton)
- m : masa benda (kg)



g : gravitasi (m/d^2)

ρ : Berat jenis bahan (gr / cm^3)

v : kecepatan (km/jam)¹⁰

2.4 Hubungan Putaran, Torsi, dan Daya

Jika hasil jari-jari suatu beban diberikan kecepatan putaran, maka:

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \quad (2-9)$$

Sehingga beban torsiya yaitu:

$$T = F.r \quad (2-10)$$

Maka didapatkan besarnya daya motor:

$$P_m = F.\omega \quad (2-11)$$

Dimana:

r = jari-jari (m)

n = putaran (rpm)

F = gaya (N)

ω = kecepatan putar (rad/s)

T = momen putar/torsi (N.m)

P_m = daya motor (watt)¹¹

2.5 Pulley Penggerak

Pulley adalah suatu alat mekanis yang digunakan sebagai pendukung pergerakan belt atau sabuk lingkar untuk menjalankan sesuatu kekuatan alur yang berfungsi menghantarkan suatu daya. Cara kerja *pulley* sering digunakan untuk mengubah arah dari gaya yang diberikan dan mengirimkan gerak rotasi. *Pulley* pada *Belt Conveyor* sangat berperan penting dalam menggerakkan sabuk atau *Belt* dengan memberikan gaya rotasi (putar) dan angkut dari satu titik ke titik lain.

Ada beberapa tipe pulley, yaitu:

¹⁰ <http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/ZurimanAnthony/>

¹¹ R.S. Khurmi, J.K. Gupta, A Text Book Of Machine Design, 1980, Hal 716.



1. Pulley type V
2. Pulley timing
3. Pulley variable (pulley V bisa disetting besar kecil)
4. Pulley round (alur U)
5. Loss pulley (biasa sebagai adjustment)¹²



Gambar 2.10 Pulley tipe V

Dengan menggunakan perbandingan diameter *pulley* penggerak sebagai transmisi kita dapat menaikkan atau menurunkan kecepatan putaran sehingga dari perbandingan diameter 2 buah *pulley* penggerak didapat:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_{p1}}{D_{p2}} \quad (2-12)$$

Dimana:

N_1 = rpm motor penggerak

N_2 = rpm mesin yang digerakkan

D_{p1} = diameter *pulley* motor penggerak

D_{p2} = diameter *pulley* mesin yang digerakkan¹³

2.6 Van Belt

V-Belt digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros yang satu ke poros yang lainnya melalui *pulley* yang berputar dengan kecepatan sama atau

¹² <http://logamceper.com/pulley/>

¹³ R.S. Khurmi, J.K. Gupta, Op.cit, Hal 686.



berbeda. Puli *V-belt* merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya seperti halnya sproket rantai dan roda gigi.¹⁴



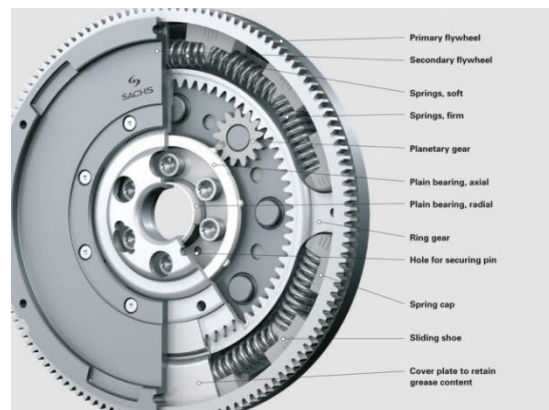
Gambar 2.11 *Van Belt*

2.7 *Flywheel*

Flywheel atau Roda Gila atau Roda Penyeimbang Gaya adalah salah satu elemen mesin yang berbentuk bulat dengan bobot massa yang besar, yang terhubung langsung dengan poros engkol dan biasanya terletak sebelum atau setelah alat penghubung untuk out-put. *Flywheel* ini berfungsi sebagai penyeimbang gaya dan mengatur putaran mesin sehingga putaran mesin dapat berjalan dengan baik. Prinsip kerja dari *Flywheel* ini adalah menjaga putaran mesin agar tetap berjalan normal dan tidak kaku sehingga out-put yang dihasilkan bisa dikontrol.

Dalam artian bahwa ketika putaran mesin tinggi maka *flywheel* ini menyimpan energi potensial yang kemudian dialirkan saat putaran mesin rendah, sehingga saat putaran mesin rendah out-put yang dihasilkan tetap konstan, karena dengan bobot massa yang besar memungkinkan *Flywheel* tetap berputar sekalipun mesin secara tiba-tiba dimatikan. Hal ini mengindikasikan bahwa peranan *flywheel* pada mesin sangat berarti.

¹⁴ <http://id.wikipedia.org/>

Gambar 2.12 Penampang *Flywheel*

Fungsi *Flywheel* pada mesin sama persis dengan fungsi gunung pada bumi. Ketika *Flywheel* ini mengalami sedikit saja retakan pada permukaannya, maka putaran mesin menjadi tidak seimbang dan mempengaruhi out-put yang dihasilkan, dan bahkan ketika *flywheel* mengalami pengurangan massa akibat gesekan antar material atau sebab lain, maka keseimbangan pada mesin menjadi terganggu dan dapat menimbulkan getaran paksa pada mesin, akibatnya selain minimnya out-put yang dihasilkan karena putaran yang tidak teratur juga bisa menimbulkan getaran yang besar. Apabila kecepatan berkurang energi akan dilepaskan oleh *flywheel* dan bila kecepatan bertambah energi akan disimpan dalam *flywheel*.

Flywheel biasanya terbuat dari baja dan berputar pada bantalan (*bearings*) konvensional, dan ini umumnya terbatas pada tingkat revolusi kurang dari 1000 rpm. Beberapa *flywheel* modern terbuat dari bahan serat karbon dan menggunakan bantalan magnet, memungkinkan *flywheel* untuk berputar pada kecepatan sampai 60.000 rpm. *Flywheel* sering digunakan untuk menyediakan energi yang terus menerus dalam sistem di mana sumber energi tidak kontinyu. Dalam kasus tersebut, *flywheel* menyimpan energi ketika torsi diterapkan oleh sumber energi, dan melepaskan energi yang tersimpan ketika sumber energi tidak menerapkan torsi untuk itu. Misalnya, *flywheel* yang digunakan untuk mempertahankan kecepatan sudut konstan *crankshaft* dalam mesin piston. Dalam hal ini, *flywheel*



yang dipasang pada *crankshaft* menyimpan energi ketika torsi yang diberikan pada *flywheel* oleh piston yang sedang bergerak, dan melepaskan energi ke beban mekanik bila tidak ada piston yang menghasilkan daya.¹⁵

Ada 2 jenis mesin yang mengambil manfaat dari *flywheel* yaitu:

1. Mesin sejenis pres pelubang, dimana operasi pelubangan dilakukan secara berkala. Energi diperlukan dalam sesaat dan hanya selama operasi pelubangan. Untuk kebutuhan seperti ini ada 2 pilihan yaitu :
 - Memakai satu motor besar yang mampu memberikan energi saat diperlukan.
 - Memakai satu motor kecil dan satu *flywheel*, dimana motor dapat memberikan energi secara berangsur-angsur selama waktu pelubangan tidak dilakukan.
2. Mesin sejenis mesin uap atau motor bakar, dimana energi disuplai ke mesin dengan laju yang hampir konstan. Jika sebuah motor bakar menggerakkan sebuah generator listrik, maka kecepatan yang berubah-ubah tidak dikehendaki, apalagi untuk sistem penerangan.¹⁶

Fluktuasi energi digunakan untuk mencari berat *flywheel*, berikut ini uraian rumusnya yaitu :

$$\Delta E = \frac{W}{g} \cdot r^2 \cdot \omega^2 \cdot C_s \quad (2-13)$$

Dimana :

ΔE = fluktuasi energi (kg m)

W = massa *flywheel* (kg)

r = jari-jari (m)

C_s = Koefisien *speed* 0,2

ω = kecepatan sudut (rad/s)¹⁷

Massa *flywheel* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$W = A \cdot 2\pi r \cdot \rho \quad (2-14)$$

¹⁵ <http://www.scribd.com/doc/234987170/Referensi-Flywheel#scribd>

¹⁶ <http://adhi-ok.blogspot.com/2012/03/theory-making-crusher-machine.html>

¹⁷ R.S. Khurmi, J.K. Gupta, Op.cit, Hal .717-719



Dimana :

W = massa *flywheel* (kg)

A = luas penampang *flywheel* (cm²)

r = jari-jari (cm)

ρ = massa jenis bahan *flywheel* (kg/cm³)

massa jenis besicor = 0,0072 kg /cm³

Daya dari motor mesin harus mampu menggerakkan *flywheel* itu sendiri, untuk mengetahuinya dapat dicari dengan rumus :

$$P = T \cdot \omega \quad (2-15)$$

Dimana :

P = daya untuk menggerakkan *flywheel* (HP)

T = Torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

Torsi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = I \cdot a \quad (2-16)$$

Dimana :

T = torsi (Nm)

I = Momen inersia (kg m /s)

a = percepatan (rad/s²)

Sedangkan untuk menentukan momen inersia, perhitungannya adalah :

$$I = \frac{W}{2g} \cdot r^2 \quad (2-17)$$

Dimana :

I = momen inersia (kg m/s)

w = massa *flywheel* (kg)

r = jari-jari (m)

g = gaya gravitasi (m/s²)¹⁸

¹⁸ Ibid. at 712