Rancang Bangun *Permanent Magnet Linear Generator* (PMLG) Menggunakan 9 Kutub Magnet

[1]Fihadiyan Rizjkyansah Hanly, [2]Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, [3]Ir. Ni Putu Agustini, MT
Institut Teknologi Nasional Malang Indonesia
[1]fihadiyanndok@gmail.com, [2]yusuf_nahkoda@lecturer.itn.ac.id

Abstract – Perkembangan teknologi terutama di bidang tenaga listrik berkembang sangat pesat dan semakin meningkat kebutuhan energi listrik dengan seiring bertambahnya jumlah perangkat yang membutuhkan energi listrik, dari krisisnya energi muncul topik yang sering di bahas yakni bagaimana memanfaatkan sumber energi alternatif baru yang dapat diperbarui (renawble resourse) sebagai pembangkit listrik. Saat ini Permanent Magnet Linear Generator (PMLG) sebagi pembangkit listrik energi terbarukan, konversi bentuk energi mekanik menjadi energi listrik, sebagian besar menggunakan gerakan berputar dari gerakan berputar diubah menjadi gerakan linier di porosnya yang menimbulkan fluks magnet antara rotor dan stator yang menghasilkan energi listrik. Pada umumnya Generator putaran tinggi maka pada perancangan Permanent Magnet Linear Generator (PMLG) ini memiliki putaran rendah dengan konstruksi yang berbebentuk persegi enam dengan 9 kutub magnet yang memanfaatkan magnet permanen sebagai sumber medan magnet, menggunakan magnet neodymium NdFeB yang ditempelkan pada bahan yang sudah dibentuk translator, bahan akrilik dan alumunium sebagai alas yang ringan untuk menempatkan magnet dengan perencanaan keluaran 14 Volt di harapkan dalam pembuatan dan hasilnya tidak jauh dari perencanaan dengan keluaran 1 fasa. Generator ini memiliki 18 buah kumparan yang di sambung secara seri.

Kata Kunci : *PMLG, Generator Linier, Magnet permanen, Neodymium, Energi Terbarukan*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan energi dihadapi oleh semua negara di semua belahan dunia. Baik negara berkembang maupun negara maju. Sebagian besar dari negara-negara tersebut masih mengandalkan sumber energi dari bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam sebagai sumber bahan bakar kebutuhan energinya. Permasalahannya yang dihadapi adalah bahan bakar jika digunakan secara terus menerus akan cepat habis. Hal ini dikarenakan bahan bakar fosil terbentuk melalui proses yang sangat panjang, dapat memakan waktu hingga jutaan tahun sehingga tidak dapat langsung diperbaharui. Berkurangnya bahan bakar fosil tentu akan mempengaruhi stok sumber energi yang mengakibatkan pasokan sumber energi kepada pengguna tidak terwujud. Sebagai contoh adalah pasokan batubara untuk pembangkit listrik tenaga uap. Apabila jumlah pasokan batubara berkurang maka akan mempengaruhi daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik sehingga kebutuhan listrik pelanggan tidak terpenuhi. Permasalahan lain yang harus dihadapi dari pemabakaran bahan bakar fosil secara terus menerus adalah sedkitnya cadangan minyak bumi dan polusi udara dari pembakaran bahan bakar fosil yan tidak baik. Untuk itu maka diperlukanya lebih banyak penelitian tentang renawble energy yang mampu memenuhi kebutuhan dan ramah lingkungan.

Dengan semakin berkembangnya teknologi, kebutuhan energi juga ikut meningkat. Kenaikan kebutuhan energi tersebut akan terus menerus meningkat seiring kenaikan angka pertumbuhan penduduk di dunia ini. Perlu adanya sumber energi alternatif baru terbarukan yang dapat diperbrui (renawble resourse) unutk meningkatkan sumber energi fosil. Selain itu polusi yang diakibatkan dari pembangkitan energi bahan bakar fosil tersebut sangatlah besar. Banyak teknologi baru ditemukan dengan waktu yang menyebabkan perubahan drastis dalam impresi energi listrik. Energi terbarukan berkembang pesat didunia, maka dari itu muncul inovasi generator atau pembangkit skala kecil yang dianggap membantu semua kalangan.

Penelitian dan pengembangan pembangkit listrik energi listrik energi terbarukan saat ini telah banyak dilakukan. Salah satu energi terbarukan yang menjadi perhatian utama adalah energi gelombang air laut. Sejak 1970an bermacam desain konstruksi dan alat dengan prinsip kerja yang berbedabeda telah banyak diajukan, namun hanya sedikit yang berhasil dikembangkan dan berhasil diuji. Saat ini linear generator menjadi sorotan utama sebagai pembangkit listrik renawble energy yang memanfaatkan gelombang air laut. Linear generator atau generator gerakan linear adalah sebuah mesin listrik yang dapat

menghasilkan energi listrik dengan cara merubahnya dari gerakan linear .

Generator linier ini sangat masih jarang digunakan. Konversi bentuk energi mekanik menjadi energi listrik, sebagian besar menggunakan gerakan berputar. Generator pada pembangkit listrik umumnya (batubara, minyak gas, nuklir), pembangkit listrik tenaga air, turbin angin, kendaraan, semua menggunakan generator berputar. Sebagian besar, sistem ini memiliki tingkat daya rendah. Generator linier dalam konversi energi gelombang laut karakteristiknya berdaya tinggi (tergantung pada ukuran konverter energi gelombang) dan kecepatan rendah. Hal ini tentu menjadi salah satu hal yang berpatutan untuk diteliti lagi sebagai salah satu upaya menciptakan penemuan baru sumber energi baru terbarukan.

B. Rumusan Masalah

Sesuai pada latar belakang permasalahan yang akan dikupas pada skripsi ini meliputi sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang generator pembangkit listrik skala kecil.
2. Bagaimana merancang generator linier putaran rendah.

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Membuat rancang bangun generator skala kecil dengan magnet permanen fluks linier.
2. Membuat generator linier putaran rendah dengan menggunakan 9 kutub magnet.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Dasar

Pada bab ini akan di memuat teori pendukung dari peralatan yang direncanakan. Teori penunjang ini akan menjelaskan tentang komponen dan peralatan pendukung pada alat yang dibuat, pembahasan ini meliputi :

1. Generator Linier Untuk Pembangkitan Listrik Skala kecil
2. Perancangan Generator Linier Untuk Pembangkitan Listrik Skala Kecil
3. Pembuatan Generator Linier Untuk Pembangkitan Listrik Skala kecil
4. Pengukuran hasil pembuatan Generator Linier Untuk Pembangkitan Listrik Skala kecil

B. Permanent Magnet Linear Generator (PMLG)

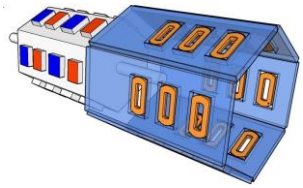
Linier generator atau generator gerakan linier adalah sebuah mesin listrik yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara merubahnya dari gerakan linier. Kebanyakan dari linier generator menggunakan induksi magnetik. Dimana induksi magnetik digunakan untuk merubah sebuah besi feromagnetik menjadi sebuah magnet buatan untuk menghasilkan fluks magnetik yang nantinya akan ditangkap stator atau translator untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan hukum Faraday.

Generator Linier mempunyai 3 bagian utama yaitu rotor, stator dan celah udara. Rotor memiliki magnet permanen sebagai sumber medan magnet yang nantinya dapat menghasilkan fluks magnet. Kumparan terletak pada stator yang nantinya sbagai wadah terjadinya induksi elektromagnetik, sedangkan celah udara stator dan rotor.

- *Prinsip kerja Generator Linier*

Pada dasarnya prinsip cara kerja dari generator linier sama dengan generator pada umumnya, hanya berbeda pada gerakan yang menggerakkan translatornya. Dimana pada generator konvensional menggunakan gerakan rotasi sedangkan pada generator linier menggunakan gerakan linier.

Linier generator atau generator gerakan linier adalah sebuah mesin listrik yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara mengkonversinya dari gerakan linier. Kebanyakan dari linier generator menggunakan induksi magnetik. Dimana induksi dari magnetik digunakan untuk mengubah sebuah besi feromagnetik menjadi sebuah magnet buatan untuk menghasilkan fluks magnet yang nantinya akan ditangkap stator atau translator untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan hukum Faraday.

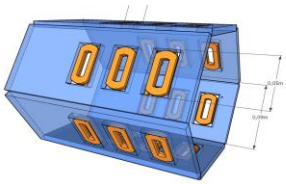


Gambar 2.1 Desain Generator Linier
Satu Rotor Satu Stator

1. Konstruksi Permanent Magnet Linear Generator

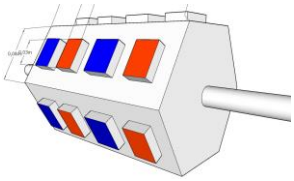
Generator memiliki 18 buah kumparan yang diseri dalam 1 fasa. Setiap kumparan dibuat berdiameter 2,5 cm. kumparan memakai kawat email berukuran 0,5 mm dengan jumlah lilitan 250 lilitan.

.



Gambar 2.2 Desain Stator Generarator

Generator ini direncanakan menggunakan 9 buah kutub. Kutub terdiri dari magnet permanen neodymium ND-35 ukuran 50mm x 15mmx 6mm. magnet ini disusun berjajar pada sebuah translator berbahan alumunium yang dilapisi sebuah akrilik dengan bentuk konstruksi persegi 6



Gambar 2.3 Desain Rotor Generarator

2. *Perencanaan Generator*

Generator ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan berputar pada kecepatan 700 rpm. Tegangan direncankan 15 volt pada kondisi tanpa beban. Induksi tegangan generator dapat dihitung pada perencanaan berikut :

a) *Perencanaan Kecepatan Putar Generator*

Hubungan antara keceptan medan putar stator(rpm) dan frekuensi generator yang berbanding terbalik dengan jumblah kutub berdasarkan putaran permenit hal ini dapet di nyatakan dalam persamaan dengan cara sebgai berikut :

$$n_g = \frac{120 \times f}{p} \text{ (rpm)} \quad \text{.....(2-1)}$$

Keterangan :

n_g = putaran generator (rpm)
f = frekuensi 50 Hz
p = jumlah kutub magnet 9

$$\vec{V} = 2.D.\left(\frac{rpm}{60}\right) \quad \text{.....(2-2)}$$

Keterangan :

$\vec{V}$ = Kecepatan (M/s)
D = Diameter

b) *Perencanaan Rotor dengan Magnet Permanen*

Rotor disusun dari dua buah magnet permanen yang saling berhadapan menghadap stator dengan syarat berbeda kutub magnet. Tujuanya agar terjadi gaya tarik menarik antara magnet sehingga terjadi induksi elektromagnetik pada stator. yang berada di antara satu statro satu rotor.

Pada perencangan rotor ini menggunakan rotor dari bahan akrilik berlapis alumunium dengan panjang 20 cm, rotor yang direncanakan ini menggunakan 9 buah kutub magnet dengan magnet neodymium maka rotor tersebut di bentuk supaya dapat dimasukan magnet permanen.

c) *Menentukan Jenis Magnet*

Magnet permanen yang digunakan dalam perencanaan kali ini adalah jenis magnet type NdFeb (Neodymium-Iron-Boron) karena magnet ini memiliki maximum energy product (BHmax) paling tinggi, yait 440 KL/m3 (Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik,LIPI.2008). Jenis dari magnet NdFeb sangat bervariasi tergantung dari kebutuhannya. Tipe magnet NdFeb yang digunakan dalam PMLG ini yakni NdFeb N35, yang memiliki ukuran 5 x 1,5 x 6 (cm).

d) *Menentukan Nilai Densitas Fluks Magnet*

Untuk menentukan nilai densitas fluks dapat didasari dengan rumus berikut :

$$B_{max} = B_r \times \frac{L_m}{L_m + \delta} \text{ (T)} \quad \text{.....(2-3)}$$

Keterangan :

B_{max} = kerapatan fluks (T)
B_r = Residual Induction (T)
L_m = tinggi magnet (m)
δ = jarak celah udara (m)

e) *Luasan Area Medan Magnet.*

Luasan area medan magnet menentukan luasan piringan dari rotor. Syarat luasan stator bahwa mengikuti luasan rotor bertujuan agar sinkron antara kutub magnet permanen dengan kumparan.

Perancangan berbentuk silinder ,maka mencari luas area dapat didapatkan dengan persamaan berikut :

$$A_{magn} = \frac{(ro^2 - ri^2) - \tau f(ro - ri)N_m}{N_m} \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{.....(2-4)}$$

Keterangan :

A_{magn} = luasan magnet (m^2)
ri = radius dalam magnet (m)
ro = radius luar magnet (m)
τf = jarak antar magnet (m)
N_m = jumlah magnet

f) *Fluks Maksimal*

Untuk mencari fluks maksimal dari magnet permanen yang dihasilkan menggunakan persamaan berikut :

$$\emptyset_{max} = A_{magn} \times B_{max} \text{ (Wb)} \quad \text{.....(2-5)}$$

Keterangan :

$\emptyset_{max}$ = fluks maksimal (Wb)
A_{magn} = luasan magnet (m^2)
B_{max} = kerapatan fluks (T)

g) *Jumlah Kumparan Stator*

Sedangkan jumlah kumparan stator (N_s) yang dibutuhkan untuk statornya jumlah kumparan 18 buah. Hal ini didapatkan dari besarnya jumlah magnet pada rotor, agar keliling stator menyesuaikan keliling rotor. Pertimbangan lain adalah agar kumparan dapat sepenuhnya tersapu oleh fluks magnetik.

h) *Jumlah Lilitan Stator*

Kawat tembaga merupakan salah satu dari sekian banyak jenis penghantar listrik berdasarkan dari bahannya. Jenis kawat ini merupakan logam pertama kali yang digunakan sebagai kawat dan bahan kabel. Fungsi kawat tembaga yaitu sering digunakan untuk bahan lilitan pada generator listrik.

Menentukan jumlah lilitan dapat didasari dengan menggunakan persamaan tegangan induk generator :

$$Erms = \frac{Emaks}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} N.f.Ø max. \frac{Ns}{Nph} \quad .....(2\text{-}6)$$

Keterangan :

Erms = Tegangan induksi (Volt)
N = Jumlah lilitan per kumparan
Ƒ = Frekwensi (Hz)
Φ_{max} = Fluks magnet (Wb)
N_s = Jumlah kumparan
N_{ph} = Jumlah fasa

i) Tegangan Keluaran Generator

Sedangkan untuk tegangan dari induksi generator pada generator yang dibangkitkan dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$E_{rms} = 4.44 \times N \times f \times Ø_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \text{(Volt)} .....(2\text{-}7)$$

Keterangan :

E_{rms} = tegangan dari induksi generator (Volt)
N = jumlah lilitan
f = frekuensi (Hertz)
$Ø_{max}$ = fluks maksimal (Wb)
N_s = jumlah kumparan stator
N_{ph} = jumlah fasa

j) Daya Generator Satu Fasa

Sedangkan untuk daya dari generator yang dibangkitkan dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$P = V.I.Cocφ \quad .....(2\text{-}8)$$

Keterangan :

P = Daya Nyata (VA)
V = (volt)
I = Arus (A)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendahuluan

Dalam bab ini akan membahas dari perencanaan sampai pembuatan keseluruhan alat *Permanent Magnet Linear Generator.*

B. Perencanaan Permanent Magnet Linear Generator

Generator ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan bergerak pada kecepatan 700 ratio permenit. Tegangan keluaran dirancang 14 volt pada kondisi tanpa bebanTegangan induksi generator dapat dihitung melalui perencenaan sebagai berikut :

Perencanaan Kecepatan Putar

Hubungan antara kecepatan medan putar stator (rpm) dan frekuensi generator yang berbanding terbalik dengan jumblah kutub berdasarkan putaran permenit hal ini dapat di tentukan dengan cara sebagai berikut :

Diketahui : f = frekuensi 50 Hz
p = jumlah kutub 9

$$n_g = \frac{120 \times f}{p} \text{ (rpm)}$$

$$n_g = \frac{120 \times 50}{9}$$

$$n_g = 700 \text{ rpm}$$

Diketahui :

$\vec{V}$ = Kecepatan M/s
D = Diameter 6 cm
$\vec{V} = 2.D.(^{rpm}/_{60})$
$= 2.0{,}06.(^{700}/_{60})$
= 1,39 M/s

Perencanaan Rotor Magnet Permanen

Pada perencangan rotor ini direncanakan menggunakan 9 buah kutub. Kutub terdiri dari magnet permanen *neodymium* ND-35 ukuran 50mm x 15mmx 6mm. magnet ini disusun pada sebuah piringan berbahan alumunium yang dilapisi sebuah akrilik dengan bentuk segi 6.

Gambar 3.2 Magnet Permanen *Neodymium*

Perancangan rotor *permanent magnet linear generator* ini menggunakan magnet *neodynium* permanen dengan cara menetukan besaran-besaran sebagai berikut :

Menentukan Nilai Kerapatan Fluks Magnet

Nilai besaran kerapatan fluks (B_{max}) yang dihasilkan.

Diketahui : Br = 1.17 T (NdFeB tipe N35)
p = panjang 50 mm
l = lebar 15 mm
L_m= tebal 6 mm
δ = celah udara minimal 2 mm

$$B_{max} = B_r \times \frac{L_m}{L_m + \delta} \text{ (T)}$$

$$= 1{,}17 \times \frac{0{,}6}{0{,}6 + 0{,}2}$$

$$B_{max} = 0.877 \text{ T}$$

Menentukan Luasan Magnet Permanen

Luas area magnet dan menentukan luasan piringan rotor dengan selanjutnya adanya syarat bahwa luasan piringan stator mengikuti luasan rotor dengan tujuan untuk mensinkronkan antara kutub magnet permanen dengan kumparan pada stator. Skema rotor dalam perancangan PMLG ini dapat dilihat di gambar dibawa ini.

Gambar 3.3 Rotor Magnet Permanen

Perancangangan letak magnet permanen pada rotor generator, luasan magnet (A_{magn}) dapat dicari :

Diketahui : ro = radius luar magnet 12 cm
ri = radius dalam magnet 7 cm
rf = jarak antar magnet 3 cm
N_m = jumlah magnet 24 buah

$$A_{magn} = \frac{(ro^2 - ri^2) - \tau f(ro - ri)N_m}{N_m} \ (m^2)$$

$$= \frac{(0.12^2 - 0.007^2) - 3(0.12 - 0.07)24}{24}$$

$$= 0{,}00003195898293 \ m^2$$

Menentukan Fluks Maksimum Magnet Permanen.

Untuk mencari fluks maksimal dari magnet permanen yang dihasilkan menggunakan persamaan berikut :

Diketahui : A_{magn} = luasan magnet m^2
B_{max} = kerapatan fluks T

Maka fluks maksimal adalah :

$$Ø_{max} = A_{magn} \times B_{max} \ (Wb)$$

$$= 0{,}00003195898293 \times 0{,}877$$

$$Ø_{max} = 0{,}00002802802803 \ Wb$$

Perencanaan Kumpran Stator

Jumlah kumparan 18 buah. Nilai ini dapat dari jumlah magnet pada rotor yang berjumlah 9 kutub. Dikarenakan agar keliling stator menyamakan keliling rotor. Ini dipertimbangkan agar semua kumparan tersapu sepenuhna oleh fluks magnetic

Gambar 3.4 Kumparan Stator

Menentukan Jumlah Lilitan.

Kawat Tembaga Supreme merupakan bahan utama dalam kumparan kawat generator. Kawat ini buatan Indonesia yang memiliki kualitas export. Kawat Tembaga Supreme memiliki ketahanan tergantung tipe Kawat Tembaga Supreme adalah Kawat Tembaga kualitas lokal-Indonesia yang terbaik.

Luasan yang diperoleh ditempat lilitan kawat tembaga, jumlah lilitan pada satu kumparan N = 250 lilitan.

Gambar 3.5 Tempat Kumparan

Gambar 3.5 luasan yang diperoleh dari tempat diatas jumlah lilitan satu kumparan N = 250 lilitan.

Gambar 3.6 Jumlah Lilitan Generator

Perencanaan Tegangan Keluaran

Generator yang dirancang memiliki 9 buah pasang kutub 1 fasa. Kutub–kutub disusun dari magnet permanen ND-35 berdimensi 50 mm x 15mm x 5 mm. Magnet –magnet ini di susun pada poros translator yang dipasang pada puli untuk membentuk rotor magnet. Magnet-magnet ini disusun secara berjajar dengan kutub utara sejajar kutub selaan yang saling tarik menarik. Generator ini memiliki 18 buah kumparan yang diseri dalam satu fasa.

Gambar 3.7 Generator Fluks Linier Magnet Permanen Satu Fasa

Tegangan induksi pada generator yang dibangkitkan dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui : N = jumlah lilitan 250
f = frekuensi 50 Hz
$Ø_{max}$ = fluks maksimum 0,00003003003 Wb
N_s = jumlah kumparan 18
N_{ph} = jumlah fasa 1

$$Erms = 4{,}44\ .N.f.Ø max.\frac{Ns}{Nph}$$

$$Erms = 4{,}44xNx50x0{,}00002802802803x\frac{18}{2}$$

= 14 Volt

Keluaran Daya Generator Satu Fasa

Spesifikasi daya yang direncanakan sebesar dengan tegangan 15 Volt, faktor daya diasumsikan 0.5, dan arus 1 Amper maka daya yang akan dihasikan menggunakan persamaan berikut :

Diketahui : P = V.I.Cosφ

= 14x1x0,5

= 7 Watt

Perancangan Permanent Magnet Linear Generator

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan generator adalah :

Spesifikasi Generator Magnet Permanen Fluks Linier Satu Fasa	
▪ Rotor	
Berbahan	: Akrilik
Jenis Magnet	: NdFeB (N35)
Jumlah Magnet	: 24
Poros	: Alumunium
Ukuran Magnet	: P = 50 mm L = 15 mm T = 6 mm
▪ Stator	
Berbahan	: Akrilik
Jenis Kawat	: Tembaga
Jumlah Lilitan	: 250
Jumlah Kumparan	: 18
Ukuran Kawat	: D = 0,5 mm
▪ Kapasitas	
Tegangan	: 14 Vac
Arus	: 1 A
Daya	: 7 VA
Rpm	: 700
M/s	: 1,39 M/s
Fasa	: 1 ø
Frekuensi	: 50Hz

C. Pembuatan Generator

Pembuatan di mulai dengan pengumpulan bahan-bahan yang digunakan serta pemotongan bahan yang di gunakan untuk stator dan rotor.

Pembelian magnet permanen yang dilakukan secara online.

Gambar 3.8 Magnet *Neodymium* yang berjumlah 24

Pemotongan di lakukan menggunakan lazer dan pemotongan dilakukan sesuai dengan ukuran perencanaan yang sudah ada.

Gambar 3.9 Akrilik sebagai rumah stator dan rotor yang sudah di *cutting lazer.*

Pemasangan magnet neodymium NdFeB ND-35 yang ditempelkan dibahan yang sudah dibentuk translator, bahan akrilik dan alumunium sebagai alasan yang ringan untuk menempatkan magnet.

Gambar 3.10 Pemasangan magnet ke akrilik sebagai translator.

Penggulungan kumparan sesuai perencanaan yang berjumlah 250 lilitan yang berjumlah 18 lilitan yang akan di pasang pada stator.

Gambar 3.11 Hasil gulungan yang berjumlah 250 lilitan.

Pemasangan kumpran ke akrilik yang sudah di cutting. Pemasangan kumparan ke akrilik sebagai rumah stator.

Gambar 3.12 Memasang kumparan ke akrilik sebagai rumah stator

Pengelasan dan pembuatan mekanik rotor. Pemasangan rotor dengan satu poros yang di letakan dalam translator alumuniumnya.

Gambar 3.13 Pemasangan rotor dengan satu poros

Gambar 3.14 Pemasangan translator rotor ke dalam rumah stator.

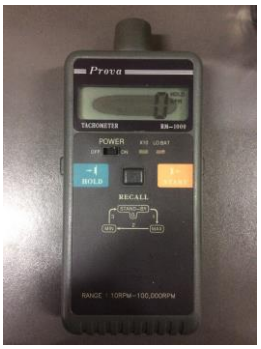
Pemasangan antara rotor dan stator Permanent Magnet Linear Generator yang sudah disambung kumparanya.

Gambar 3.15 Penggabungan antara translator rotor dengan rumah stator.

D. Peralatan Penunjang

Tachometer

Tachometer adalah alat ukur yang di design untuk mengukur rpm atau objek yang berputar.



Gambar 3.16 Tachometer

Multimeter

Multimeter atau volt meter alat elektronik yang digunakan untuk untuk mengukur tegangan, arus, frekuensi, daya dll. Kemudian dari daya yang di baca dapat di hitung energi yang di dapat pada generator linier yang bergerak dengan rpm yang sudah di rencanakan maka akan terlihat hasil dari pengujian generator.

Gambar 3.17 Multimeter

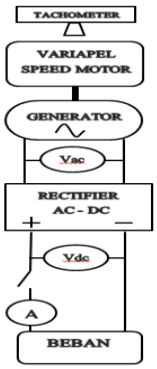
IV. PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

A. Pendahuluan

Dalam bab ini untuk mengetahui energi yang dihasilkan oleh *Permanent Magnet Linear Generator* serta untuk mengetahui berapa besar tegangan yang mengalir baik tegangan minimal maupun tegangan maksimalnya.

B. Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan dan tanpa menggunakan beban lampu , hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh pembebanan terhadap daya dan arus yang dihasilkan generator linier magnet permanen terhadap beban :



Gambar 4.2 Blok diagram pengujian Generator

Penjelasan blok diagram :.

a) Merangkai dan menghubungkan keluaran PMLG Putaran Rendah dengan alat ukur seperti multimeter dan tachometer untuk mengetahui tegangan sesuai dengan Gambar 4.3
b) Mengukur kecepatan gerak PMLG Putaran Rendah serta keluaran tegangan dan arus pada pembangkit listrik.
c) Mencatat semua hasil dari pengukuran sesuai yang dilakukan dalam pengujian.
d) Menganalisa tentang pengujian dan pengukuran dari peralatan yang dibuat secara umum dengan pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil keluaran dari generator.

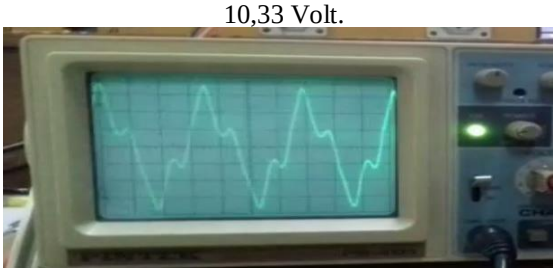
C. Pengujian Generator

Pengujian generator magnet peranen fluks linier satu fasa dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil dari perencanaan generator dengan pengukuran generator. Dalam pengujian dan pengukuran generator haruslah alat ukur dalam keadan baik untuk meningkatkan akurasi dari pengujian.

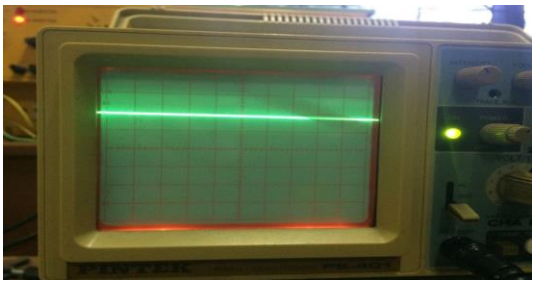
Tanpa Beban

Data yang diperoleh pengukuran generator yang dilakukan pada hari rabu 24 Juni 2019. pengambilan data untuk mengetahui karakteristik generator bertempat di kampus 2 ITN Malang Gedung Lab Elektro Laboratorium Konversi Energi Elektrik lantai 1, Berikut hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Gambar 4.3 Hasil Percobaan tanpa beban dengan rpm 700 yang dapat menghasilkan tegangan sebesar 10,33 Volt.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Generator Menggunakn Osiloscop Tegangan AC Tanpa Beban.



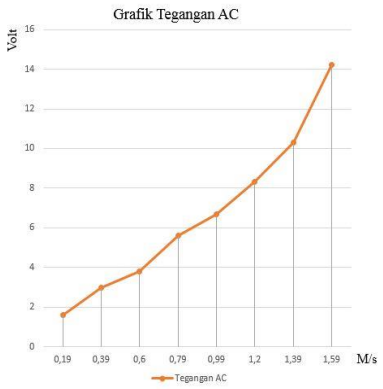
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Generator Menggunakan Osiloscop Tegangan DC Setelah Penambahan Capasitor Setelah Dioda.

Hasil pengukuran dari osiloscop tegangan AC dapat dilihat pada Gambar 4.5 yang menunjukan sebuah grafik naik turunya keluaran tegangan dari generator.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Generator Tanpa Beban

No	Kecepatan putar (rpm)	M/s	Tegangan (Volt AC)
1	50	0,09	0,3
2	100	0,19	1,6
3	150	0,3	2,8
4	200	0,39	3
5	250	0,49	3,4
6	300	0,6	3,8
7	350	0,69	4
8	400	0,79	5,6
9	450	0,9	6,0
10	500	0,99	6,7
11	550	1,09	7,3
12	600	1,2	8,3
13	650	1,29	9
14	700	1,39	10,3
15	750	1,5	12,3
16	800	1,59	14,2

Data yang diambil dari pengukuran hari rabu 24 Juni 2019 Dapat di peroleh kecepatan putar pada 700 Rpm atau 1,39 M/s, denga rpm tersebut dapat di hasilkan sebesar 10,3 volt pada tegangan AC.



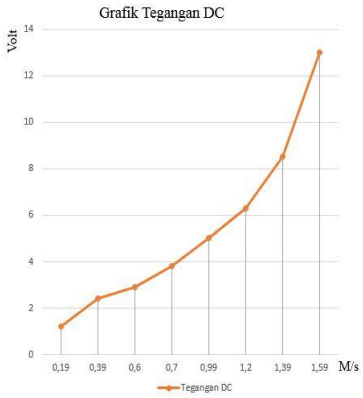
Gambar 4.2 Grafik Percobaan Tegangan AC

Hasil pengukuran dari stator tanpa beban dapat dilihat dari 0 rpm sampai 800 rpm tegangan naik sampai 14,2 Volt pada tegangan AC.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Generator Tanpa Berbeban

No	Kecepatan putar (rpm)	M/s	Tegangan (Volt DC)
1	50	0,09	0
2	100	0,19	1,2
3	150	0,3	2,0
4	200	0,39	2,4
5	250	0,49	2,5
6	300	0,6	2,9
7	350	0,69	3,2
8	400	0,79	3,8
9	450	0,9	4,3
10	500	0,99	5,0
11	550	1,09	7,3
12	600	1,2	6,3
13	650	1,29	8,0
14	700	1,39	8,53
15	750	1,5	11,3
16	800	1,59	13,0

Data yang diambil dari pengukuran hari rabu 24 Juni 2019 ,Dapat di peroleh kecepatan putar pada 700 Rpm atau 1,39 M/s dengan rpm tersebut dapat di hasilkan sebesar 8,53 volt pada tegangan DC



Gambar 4.3 Grafik Percobaan Tegangan DC

Percobaan diatas diambil sampai rpm tertinggi karena belum ada beban maka putaran generator akan ringgan dan belum menimbulkan panas karena belum di bebani. Dari grafik yang keluar dari stator terlihat perbedaan tegangan yang dikeluarka oleh masing-masing stator.

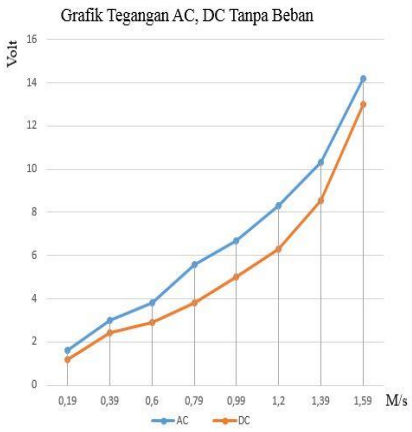
Berbeban

Data yang diperoleh pengukuran generator yang dilakukan pada hari rabu 24 Juni 2019. pengambilan data untuk mengetahui karakteristik generator bertempat di kampus 2 ITN Malang Gedung Lab Elektro Laboratorium Konversi Energi Elektrik lantai 1, Berikut hasil pengukuran dapa dilihat pada tabel dibawah ini.

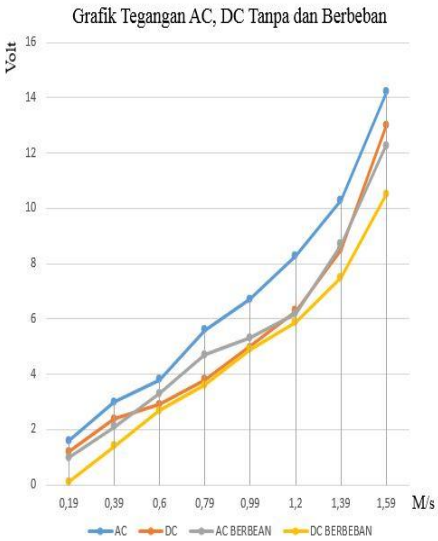
Tabel 4.3 Percobaan sambungan seri AC dan DC tanpa beban dan berbeban.

NO	M/s	SAMBUNGAN SERI					
		AC TANPA BEBAN	AC BERBEBAN	DC TANPA BEBAN	DC BERBEBAN	A	KEADAN LAMPU
1	0,19	1,6	1	1,2	0,1	-	M
2	0,39	3	2,1	2,4	1,4	0,01	M
3	0,6	3,8	3,3	2,9	2,7	0,02	M
4	0,79	5,6	4,7	3,8	3,6	0,04	R
5	0,99	6,7	5,3	5,0	4,9	0,06	R
6	1,2	8,3	6,2	6,3	5,9	0,09	T
7	1,39	10,3	8,7	8,53	7,5	0,09	T
8	1,59	14,2	12,3	13,0	10,5	0,1	T

Keterangan :
M = Mati
R = Redup
T = Terang



Gambar 4.4 Grafik Tegangan AC, DC Tanpa Beban



Gambar 4.5 Grafik Perbedaan Tegangan Saat di Bebani Antara AC dan DC

HASIL PERCOBAAN SAMBUNGAN SERI AC DAN DC BEBAN DAN TANPA BEBAN

Percobaan di atas dengan keluaran yang belum di bebani dan sudah di bebani maka akan terlihat perbedaan dan drop tegangan pada generator dengan RPM yang sudah ditentukan dengan lampu DC 12 Volt, generator yang bergerak konstan akan di bebani kemudian generator akan melambat, tegangan dan rpm akan turun. Dari uji berbeban di atas dapat dilihat bahwa perbandingan drop tegangan sangat mempengaruhi antara tanpa beban dan berbeban, dari pernyataan diatas dapat dilihat antara tabel AC tanpa berbeban dengan AC berbeban yang menggunakan lampu DC 12 Volt 21 watt dapat dilihat dari grafik.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Permanent Magnet Linear Generator* sebagai generator pembangkit energi terbarukan dengan skala kecil.
2. Generator ini bekerja pada kecepatan 700 rpm. Perencanaan menghasilkan tegangan AC murni sebesar 14 Volt dan untuk hasil pengukuran menghasilkan tegangan 10,33 Volt.
3. Kecepatan putar generator (rpm) berbanding lurus dengn tegangan (Volt) yaitu semakin tinggi rpm maka tegangan juga semakin tinggi, mengakibatkan garis gaya magnet yang memotong lilitan generator semakin cepat sehingga GGL yang dihasilkan semakin besar.

B. Saran

Pada pembuatan skripsi ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan baik dari perancangan sistem maupun peralatan yang telah penulis buat, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik maka dapat dikembangkan lebih sempurna, saran dari penulis antara lain sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh hasil pembuatan alat yang tinggi maka tingkat ketelitian harus ditingkatkan agar hasilnya lebih maksimal.
2. Untuk memperoleh akurasi alat yang tinggi maka ketelitian yang tinggi agar hasilnya lebih maksimal.
3. Pemilihan bahan sebagai tempat rotor dan stator harus sesuai yang dibutuhkan presisi dan rapi dalam pemotongan.
4. Penggulungan kawat tembaga harus sesuai dengan jumlah yang sama pada setiap gulungan.
5. Penyambungan gulungan kawat harus benar-benar teliti.
6. Perakitan antara stator dan rotor harus benar-benar kuat dan perhatikan jarak antara stator dan rotor 2 mm
7. Perakitan antara generator dengan mekanik harus lebih teliti kembali.