

Kajian Teknis Gejala Magnetisasi pada Linear Generator untuk Alternatif Pembangkit Listrik

Wahyudianto Bagus Nugroho, Indra Ranu Kusuma, dan Sardono Sarwitto

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: kusuma@its.ac.id

Abstrak—Di Indonesia terkenal dengan perairannya yang memiliki potensi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dengan memanfaatkan gelombang dan arus laut. Untuk memanfaatkan energy alam yang tersedia dari gelombang laut itu maka dilakukan penelitian tentang linear generator untuk pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Untuk melakukan pembuatan linear generator memerlukan beberapa kali penelitian tentang hal ini. Salah satunya adalah tentang bagaimana magnetisasi yang ditimbulkan oleh translator dapat menjadi optimal dan menghasilkan daya yang besar. Untuk itu penelitian magnetisasi dilakukan dengan cara membuat berbagai prototype magnet induksi dan magnet permanen untuk membandingkan mana yang lebih baik. Dengan ukuran ketebalan magnet induksi 2 cm dan variasi lilitan 50 dan 100 lilitan dan juga diset untuk voltase 6 volt maka didapatkan hasil fluks magnet tertinggi dari prototype magnet 100 lilitan sebesar 23.8 weber.

Kata Kunci—magnetisasi translator, linear generator, induksi magnetic

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan Negara maritime yang memiliki kawasan lautan luas. Letak yang juga strategis yaitu diantara dua benua dan juga dua samudera membuat Indonesia memiliki laut yang berombak tinggi dan juga memiliki arus yang deras. Alam Indonesia ini telah menarik banyak sekali pengunjung wisata yang tidak hanya berwisata tetapi juga melakukan penelitian terkait kondisi laut Indonesia yang menarik untuk diamati. Banyak penemuan khususnya untuk pembangkit energy dari gelombang laut serta ombak yang ada. Gelombang yang besar dan juga arus yang kuat serta ditunjang iklim tropis dan letak geografis yang sangat bagus untuk dilakukan pengujian-pengujian ilmiah pada laut di Indonesia.

Sebagai seorang warga Negara Indonesia yang memiliki anugerah laut yang strategis, pemanfaatan energy tersebut untuk pembangkit energi sangat berguna sekali mengingat di Indonesia ini masih kurang sekali kesejahteraan yang menyeluruh. Untuk kebutuhan listrik saja masih banyak daerah-daerah pesisir yang kurang sekali suplai energy listrik yang memadai. Oleh karena itu, dibuatlah analisa berbagai macam cara untuk pemanfaatan energy dari gelombang dan arus laut. Salah satu yang menarik dan sangat berguna untuk dibahas adalah desain linear generator untuk alternatif pembangkit listrik tenaga gelombang laut.

Generator sendiri secara konvensional dibuat dengan memanfaatkan energy dari sebuah mesin dimana sumber penggerakannya adalah putaran mesin. Tetapi untuk kasus energy alternative jarang sekali yang mengacu pada sebuah

putaran yang dapat digunakan untuk memenuhi putaran sebuah generator konvensional. Apabila harus dipaksakan maka akan terjadi rugi-rugi yang terjadi pada energy masuknya karena pengaruh kopling atau sambungan.

Untuk itu dilakukanlah penelitian dan desain prototype linear generator untuk energi-energi gelombang yang menghasilkan gerakan translasi dan sangat cocok untuk penggunaannya di Indonesia ini. Dengan percobaan skala lab maka akan didapatkan hasil yang dapat digunakan untuk skala yang lebih besar lagi apabila percobaan mengalami keberhasilan. Pada percobaan yang dilakukan akan dibuat desain prototype linear generator skala lab dengan pengamatan yang bertahap.

Dengan alasan-alasan diatas, penulis merancang skripsi ini untuk melakukan penelitian tentang linear generator secara bertahap. Dengan waktu yang singkat penulis sadar bahwa penelitian ini pasti tidak maksimal. Hal ini adalah alasan mengapa pada penulisan skripsi ini akan dibahas bagian dari penelitian yang akan dilakukan yang merupakan bagian awal dari sebuah penelitian besar untuk linear generator.

II. METODE PENELITIAN

Dalam sebuah penulisan karya tulis dibutuhkan urutan yang jelas dalam pengerjaan. Dalam bab ini akan ditunjukkan urutan pengerjaan yang dilakukan penulis untuk membuat karya tulis ini. Berikut ini adalah tahapan-tahapan penulisan.

A. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

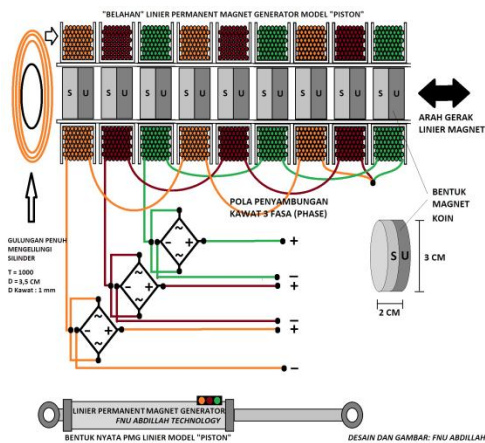
Ini adalah tahapan awal untuk pengerjaan skripsi ini dimana penulis mengumpulkan bahan untuk dilakukan studi literature dari buku dan juga dari internet. Sumber buku dapat berupa buku penelitian sebelumnya dari dalam ataupun luar institusi. Sebelumnya dilakukan identifikasi masalah tentang perancangan linear generator dengan analisa bentuk magnet yang akan digunakan.

B. Perancangan Magnet

Perancangan magnet dilakukan setelah mendapat referensi yang cukup dari dosen pembimbing dan juga buku serta materi dari internet. Magnet yang digunakan diamati untuk besaran fluks terbesar dengan pertimbangan lain yang akan digunakan untuk menentukan mana magnet yang akan dipilih sesuai dengan tujuan penelitian.

C. Pengambilan Data dari Percobaan

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari perancangan yang dilakukan. Perancangan dilakukan untuk mengetahui fluks terbesar dari magnet. Dari berbagai jenis



Gambar 2.1 Rangkaian Linier Generator Tiga Fasa

magnet yang akan diamati nantinya akan didapatkan hasil terbesar untuk dianalisa.

D. Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dilakukan setelah data yang didapat dari percobaan telah lengkap dan dibandingkan dengan besaran yang didapat dari perhitungan. Setelah itu dilakukan pembahasan untuk hasil analisa yang telah didapat.

E. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini adalah memberikan kesimpulan yang dapat diambil dari percobaan yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk percobaan dan skripsi selanjutnya yang berhubungan.

F. Flowchart

Flowchart dari langkah-langkah diatas disusun seperti pada bagan berikut ini.

III. PETUNJUK TAMBAHAN DAN MATERI PENUNJANG

A. Linier Generator

Linier generator atau generator gerakan linier adalah sebuah mesin listrik yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara mengonversinya dari gerakan linier. Kebanyakan dari linier generator menggunakan induksi magnetik. Dimana induksi 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.

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

Pada konstruksi konvensional, sebuah linier generator hampir sama dengan sebuah motor listrik yang menghasilkan gerakan translasi. Tetapi pada generator operasionalnya dibalik dari konversi gerak menjadi listrik. Dari pernyataan

diatas maka menurut desain system pembangkitnya linier generator dapat dibedakan menjadi 3 yaitu sebagai berikut :

Linear Induction Machine

Jenis yang ini sudah sangat konvensional dipakai di dunia industry. Hal ini dikarenakan pada jenis ini lebih simple desain untuk translatornya, khususnya untuk jenis sangkar tupai yang tidak membutuhkan slip rings atau brushes. karena untuk jenis generator masih jarang digunakan maka untuk mengubah motor jenis ini menjadi generator, maka kecepatan translatornya harus dapat melebihi kecepatan magnetic field stator. Agar mendapatkan gerakan yang memotong magnetic field stator.

Generator yang berjenis linear induction seperti ini harus memiliki tahanan udara yang lebih besar daripada yang berjenis rotary induction. Sedangkan untuk reaktansi pada kumparan eksitasinya harus lebih rendah. Sehingga dapat disimpulkan pada jenis ini arus eksitasi yang mengalir pada kumparan pembangkitnya harus lebih besar daripada generator desain rotor berputar.

Jika beban elektrik dan magnetik mencapai titik maksimum pada saat bersamaan maka tegangan geser dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = BK$$

Dimana σ : Tegangan geser (Nm^{-2})

B : Kepadatan flux magnet (T)

K : Beban elektrik (A/m)

Field-Wound Synchronous Machine

Field-wound synchronous machine atau lebih dikenal dengan mesin sinkron jarang sekali digunakan pada dunia industry karena mesin ini hanya untuk putaran yang tinggi dan tidak dapat digunakan pada power yang besar. Sehingga untuk mendesain generator dari mesin yang seperti ini sangat susah dan kurang efisien. Untuk menghasilkan listrik pada mesin ini juga harus menggerakkan translatornya dengan putaran yang tinggi pula karena kumparan pada statornya memutar seluruh translator. Pada umumnya untuk mengontrol arus eksitasi pada statornya lebih mudah pada mesin ini daripada pada mesin yang menggunakan induksi. Pada mesin ini voltase keluar yang dihasilkan lebih konstan dengan putaran yang konstan pula.

Untuk menghitung tegangan geser pada mesin ini sama dengan persamaan pada induction machine.

Permanent Magnet Synchronous

Permanen magnet sistem banyak digunakan pada mesin yang tidak mendapat suplai eksitasi, sehingga pada jenis mesin ini banyak menjadi alternatif untuk pembangkit tenaga yang sederhana. Untuk menghasilkan arus yang besar pada mesin permanen magnet harus menggunakan magnet dengan ukuran yang besar pula. Karena menggunakan magnet permanen, maka mesin ini menganut kaidah hukum Lorentz pada operasionalnya. Arah fluks yang masuk pada eksiter dan juga arah gerakan translasi berpengaruh pada arus yang dihasilkan oleh generator.

Maka untuk menentukan kerapatan fluks yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$B_g = B_r \left(\frac{t_m}{t_m + \mu_r g} \right)$$

Dimana t_m : Ketebalan magnet (m)

B_g : Kerepatan fluks pada udara (T)

B_r : Kerapatan fluks sisa pada magnet (T)

g : Jarak udara magnet ke penangkap fluks (m)

μ_r : Permeabilitas relatif (≈ 1.05)

Sedangkan untuk menentukan gaya mekanik yang dihasilkan oleh magnet dan arus menurut hukum Lorentz adalah :

$$F = B_g I L$$

Dimana F : Force (N)

I : Current (A)

L : Length (m)

B. Induksi Elektromagnetik

Terjadinya Induksi Elektromagnetik

Ketika kutub utara magnet digerakkan memasuki kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke salah satu arah (misalnya ke kanan). Jarum galvanometer segera kembali menunjuk ke nol (tidak menyimpang) ketika magnet tersebut didiamkan sejenak di dalam kumparan. Ketika magnet batang dikeluarkan, maka jarum galvanometer akan menyimpang dengan arah yang berlawanan (misalnya ke kiri).

Jarum galvanometer menyimpang disebabkan adanya arus yang mengalir dalam kumparan. Arus listrik timbul karena pada ujung-ujung kumparan timbul beda potensial ketika magnet batang digerakkan masuk atau keluar dari kumparan. Beda potensial yang timbul ini disebut gaya gerak listrik induksi (ggl induksi).

Ketika magnet batang digerakkan masuk, terjadi penambahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan (galvanometer menyimpang atau ada arus yang mengalir). Ketika batang magnet diam sejenak maka jarum galvanometer kembali ke nol (tidak ada arus yang mengalir). Ketika batang magnet dikeluarkan terjadi pengurangan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan (galvanometer menyimpang dengan arah berlawanan).

Jadi, akibat perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan, maka pada kedua ujung kumparan timbul beda potensial atau ggl induksi. Arus listrik yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan disebut arus induksi.

Faktor-Faktor yang Menentukan Besar GGL.

Besarnya ggl induksi tergantung pada tiga faktor, yaitu :

- Banyaknya lilitan kumparan.
- Kecepatan keluar-masuk magnet dari dan keluar kumparan.
- Kuat magnet batang yang digunakan.

Memperkuat Medan Magnet

Ada tiga cara untuk membuat medan magnet pada sebuah magnet menjadi lebih kuat. Cara-cara tersebut antara lain adalah, membuat inti besi pada kumparan, menambah jumlah kumparan, memperbesar arus yang mengalir pada kumparan.

Membuat inti besi pada kumparan dilakukan dengan jalan meletakkan sepotong besi di dalam kumparan yang dialiri listrik. Besi tersebut akan menjadi magnet tidak tetap (buatan atau remanen). Karena inti besi menjadi magnet, maka inti besi itu akan menghasilkan medan magnet. Dilain pihak kumparan juga akan menghasilkan medan magnet pada arah yang sama pada inti besi. Hal ini akan menyebabkan terjadinya penguatan medan magnet. Penguatan medan magnet diperoleh dari penjumlahan medan magnet yang dihasilkan oleh besi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan.

Cara menambah jumlah kumparan yaitu pada tiap-tiap kumparan elektromagnet yang menghasilkan medan magnet. Dengan penambahan jumlah kumparan sudah tentu akan memperkuat medan magnet secara keseluruhan. Kuatnya medan elektromagnet merupakan jumlah dari medan magnet yang dihasilkan oleh masing-masing lilitan.

Cara terakhir adalah dengan memperbesar arus yang mengalir pada kumparan. Besarnya arus yang dialirkan pada kumparan berbanding lurus dengan besarnya medan magnet. Setiap elektron yang mengalir pada penghantar menghasilkan medan magnet. Dengan demikian medan total tergantung dari banyaknya elektron yang mengalir setiap detik atau kuat medan total ditentukan oleh besarnya arus yang mengalir pada kumparan.

C. Konversi Energi

Magnetisme

Setiap magnet memiliki kutub magnet yang saling berlawanan, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S), yang keduanya memiliki daya untuk menarik sekeping besi atau semacamnya. Sama halnya dengan muatan listrik, kutub yang senama saling tolak-menolak dan kutub yang berlawanan saling tarik-menarik. Daerah di antara kutub utara dan kutub selatan disebut medan magnet. Medan magnet memiliki daya untuk menarik sekeping logam atau semacamnya. Medan magnet tersusun dari garis-garis yang keluar dari kutub utara menuju kutub selatan, yang disebut garis-garis gaya magnet (ggm). Dengan demikian arah medan magnet juga dari kutub utara ke kutub selatan. Semakin kuat kemagnetan, semakin banyak jumlah garis gaya magnetnya. Jumlah garis gaya magnet yang keluar dari kutub utara suatu magnet disebut fluks magnet (*magnetic flux*), yang dinyatakan dengan simbol Φ (phi). Satuan internasional untuk fluks magnet adalah Weber (Wb). Satu Weber sama dengan 10^8 garis gaya magnet. Satuan cgs untuk fluks magnet adalah Maxwell. Satu Maxwell sama dengan 10^{-8} Weber.

Kerapatan fluks magnet

Kerapatan fluks magnet (*magnetic flux density*) adalah fluks magnet per satuan luas pada bidang yang tegak lurus dengan fluks magnet tersebut. Kerapatan fluks magnet sering disebut juga dengan induksi magnet (*magnetic induction*). Kerapatan fluks magnet dapat dinyatakan dengan:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Dimana : B : Kerapatan fluks magnet ($\frac{Wb}{m^2}$) atau (T)

Φ : Fluks Magnet (Wb)

A : Luas Penampang (m^2)

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada magnet permanen ada beberapa pembahasan pada poin poin tertentu terkait percobaan yang telah dilakukan. pembahasan berikut antara lain adalah :

- Jenis magnet yang digunakan paling baik adalah magnet induksi dengan 100 lilitan yaitu pada voltase 6 volt dapat menghasilkan fluks magnet 23.8 weber
- Desain magnet permanen untuk translator menghasilkan fluks yang lebih sedikit dibandingkan dengan besar fluks yang dihasilkan oleh magnet induksi
- Daya yang dibutuhkan untuk translator dengan magnet induksi lebih besar tergantung keluaran arus dan voltase yang digunakan, sedangkan daya keluarannya tergantung pada konstruksi stator yang dirancang dengan airgap tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Orang tua, Bapak Kasiri dan Ibu Dwi Ludjeng Nugroningsih yang memberikan do'a, semangat, nasehat serta support yang tidak dapat diberikan orang lain terhadap penulis, sehingga penulis mampu dengan giat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc. dan Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang tidak lelah untuk member bimbingan, nasehat dan juga memperjuangkan skripsi ini agar segera selesai dengan baik sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Inka Fitria Sari selaku teman spesial yang selalu meluangkan waktunya untuk penulis, sehingga penulis mampu melepaskan beban skripsi dan selama saya menempuh studi di ITS apabila mengalami depresi. Terima kasih untuk semua waktu dan perhatian yang diberikan.
4. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan dan para teknisi laboratorium seperti bapak Heru dan Bapak Agus Sulaiman yang telah membantu kelancaran pengerjaan skripsi melalui peminjaman alat-alat praktikum untuk pengujian magnet, sehingga skripsi dapat selesai dengan baik.
5. Bapak Edi Jadmiko, ST, M.Sc. selaku dosen wali penulis, terimakasih atas arahan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
6. Teman-teman seperjuangan di Lab. MEAS: Pakmu, Ateng, Yai Pebri, Chanif, Dion, Riski Satria, dan Daus Krupuk, terimakasih sudah menjadi teman begadang, bantuan baik riil maupun moriil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

7. Teman-teman BIREME '08 yang masih memberikan semangat moril kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik.
8. Teman-teman di lab MEAS : TIK, Stefanus, Lucky Basir, Jandy, Fahmi dll. Terima kasih banyak atas bantuan tenaga dan morilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hayt, William, *Elektromagnetika*, Jakarta :Erlangga
- [2] Nicolas Jon, Baker. 2003. *Linear Generators for Direct Drive Marine Renewable Energy Converters*. University of Durham..
- [3] <http://arsyadriyadi.blogspot.com/2012/06/induksi-elektromagnetik.html>
- [4] <http://konversi.wordpress.com/2010/05/05/memahami-faktor-daya/>
- [5] <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2013/04/contoh-soal-medan-listrik-dan-hukum-gauss-rumus-fluks-muatan-titik-dua-keping-sejajar-bunyi-persamaan-fisika.html>
- [6] <http://mulyonoabdullah.wordpress.com/>
- [7] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/magprop.html#c2>
- [8] http://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=wylFvKP2OnQC&oi=fnd&pg=PR5&dq=magnetic+properties+of+ferromagnetic+materials&ots=657LMBylPa&sig=iEqv8Nu6xq4GFJ0nHftuKdyQy70&redir_esc=y#v=onepage&q=magnetic%20properties%20of%20ferromagnetic%20materials&f=false
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_core
- [10] <http://hapli.wordpress.com/foundry/pengaruh-unsur-unsur-paduan-terhadap-bahan-berbasis-besi-ferro/pengaruh-unsur-si-terhadap-bahan-berbasis-besi-ferro/>
- [11] http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_6/2_6_6.html