

PERANCANGAN DAN FABRIKASI PEMANEN ENERGI GETARAN PADA *SPEEDBUMP* MENGGUNAKAN GENERATOR LINEAR

DESIGN AND FABRICATION OF HARVESTING VIBRATION ENERGY ON SPEEDBUMP USING LINEAR GENERATOR

Nancy Pristcha Sitohang¹, Abrar Ismardiz, Gandi Sugandiz [10 pts]

^{1,2}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (P2ET), LIPI

nancysitohang09@gmail.com, zabrar@telkomuniversity.co.id, gandi511@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan, simulasi, fabrikasi dan karakterisasi generator linear tiga fasa sebagai salah satu komponen dari divais pemanen energi vibrasi elektromagnetik. Generator linear tiga fasa disimulasikan menggunakan *software* Comsol Multiphysics 4.3. Panjang dan lebar magnet yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5 mm dan 5 mm dengan diameter dalam magnet yaitu 20 mm. Jumlah lilitan kumparan yang digunakan tiap coil sebanyak 68 lilitan. Setelah difabrikasi, selanjutnya divais generator linear 3 fasa dikarakterisasi dengan variasi frekuensi dimulai dari frekuensi 10 Hz sampai dengan 23 Hz. Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan serta mengetahui besar frekuensi resonansi pada tiap coil. Hasil karakterisasi menunjukkan frekuensi resonansi ketiga coil yaitu berada pada frekuensi 20,7 Hz dengan besar tegangan keluaran yang dihasilkan coil 1, 2 dan 3 masing-masing yaitu 139 mV, 161 mV dan 169,2 mV

Kata kunci : Pemanen energi vibrasi elektromagnetik, generator linear tiga fasa, frekuensi resonansi, permanen magnet NdFeB N42

Abstract

This research is devoted to study the design, simulation, fabrication, and characterization of three phase linear generator as component of Electromagnetic Vibration Energy Harvesting (EVEH) device. The three phase linear generator was simulated by using Comsol Multiphysics 4.3 software. The length and width of the magnets used during the fabrication were 5 mm and 5 mm. The number of turns for each coil was used 68 turns. After fabrication, a linear 3 phase generator device has been characterized by variations of frequency that started from 10 Hz to 23 Hz. The aims of characterization was to determine the effect of frequency on the output voltage and to find out the magnitude of the resonance frequency for each coil. The result of characterization show that each coil produced a resonant frequency at 20.7 Hz with the output voltage generated by coil 1, 2 and 3 were 139 mV, 161 mV and 169.2 mV

Keywords: *Electromagnetic vibration energy harvesting, three phase linear generator, resonance frequency, permanent magnet NdFeB N42*

1. Pendahuluan

Energy Harvesting adalah metode untuk memanen berbagai energi yang tersedia di alam dan mengubahnya menjadi energi listrik [1]. Pemanen Energi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan memanfaatkan *waste vibration energy* (energi getaran yang terbuang) dari gerakan kendaraan bermotor. Energi getaran kendaraan yang terbuang pada speedbump dapat dipanen dengan menggunakan material *piezoelektrik* dan *electromagnetik generator* [2].

Penerapan *Electromagnetic generator* sebagai pemanen energi pada umumnya menggunakan generator rotasi sedangkan tegangan yang dihasilkan oleh generator linear lebih besar. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan perancangan, fabrikasi, perakitan dan karakterisasi pemanen energi getaran dengan generator linear 3 fasa. Ban mobil yang melewati polisi tidur akan memberikan energi getaran pada sistem pegas yang dihubungkan dengan rotor generator, sehingga magnet yang berada pada rotor akan bergerak secara linear. Ketika magnet digerakkan dalam kumparan maka terjadi perubahan fluks gaya magnet (perubahan arah penyebaran medan magnet)

di dalam kumparan dan menembus tegak lurus terhadap kumparan sehingga menyebabkan beda potensial antara ujung-ujung kumparan.

Karakterisasi frekuensi resonansi dan tegangan keluaran dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui frekuensi resonansi dan tegangan yang dihasilkan pada tiap coil. Pada penelitian ini dilakukan 2 metode karakterisasi yang berbeda yaitu metode karakterisasi tanpa penyangga dan dengan penyangga. Besar tegangan yang dihasilkan pada metode karakterisasi tanpa penyangga mencapai 189 mV dengan frekuensi resonansi berada pada 17,3 Hz sedangkan pada metode karakterisasi dengan penyangga mencapai 169 mV dengan frekuensi resonansi 20,8 Hz.

2. Dasar Teori

2.1 Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik adalah gejala timbulnya gaya gerak listrik di dalam suatu kumparan bila terdapat perubahan fluks magnetik pada kumparan tersebut. Induksi Elektromagnetik menggunakan prinsip Hukum Faraday, yaitu tegangan listrik akan terinduksi pada sistem rangkaian tertutup ketika perubahan fluks magnetik menembus suatu penampang kumparan. Tegangan induksi atau Gaya Gerak Listrik induksi yang timbul pada ujung kumparan sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh penghantar tersebut, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Fluks magnetik adalah jumlah medan magnet yang menembus suatu penghantar/kumparan. Besarnya fluks magnetik yang dapat menembus suatu penghantar/kumparan dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$\phi = B \cdot A \quad (2)$$

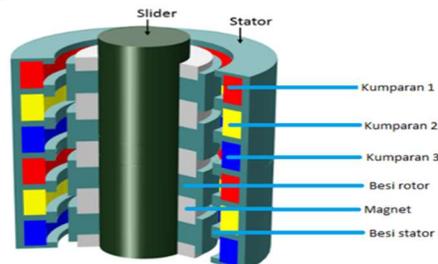
Pada pemanen energi dengan metode elektromagnetik seperti generator, magnet permanen digunakan untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan digunakan sebagai konduktor yang berfungsi untuk menangkap medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Medan magnet adalah daerah yang ada di sekitar magnet dimana objek-objek magnetik lain dapat terpengaruh oleh gaya magnetismenya [3]. Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub magnet ditunjukkan oleh :

$$F = \frac{\mu_0 m_1 m_2}{4\pi r^2} \quad (3)$$

2.2 Generator Linear 3 Fasa

Generator linear tiga fasa adalah suatu generator yang berbentuk tabung yang dalam sistem melilitnya terdiri dari tiga kumparan dan bergerak secara linear. Untuk generator linear tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120° satu sama lain [4]

Generator linear tiga fasa bekerja menggunakan prinsip induksi medan magnet yang menghasilkan tegangan. Generator terdiri dari stator dan rotor. Rotor merupakan penggerak daripada generator yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Rotor terdiri dari magnet, inti besi dan core. Stator adalah bagian yang diam pada generator yang berfungsi untuk menginduksi medan magnet yang ditimbulkan oleh rotor. Stator terdiri dari coil dan kumparan. Gambar 2.1 dibawah ini merupakan gambar daripada generator linear

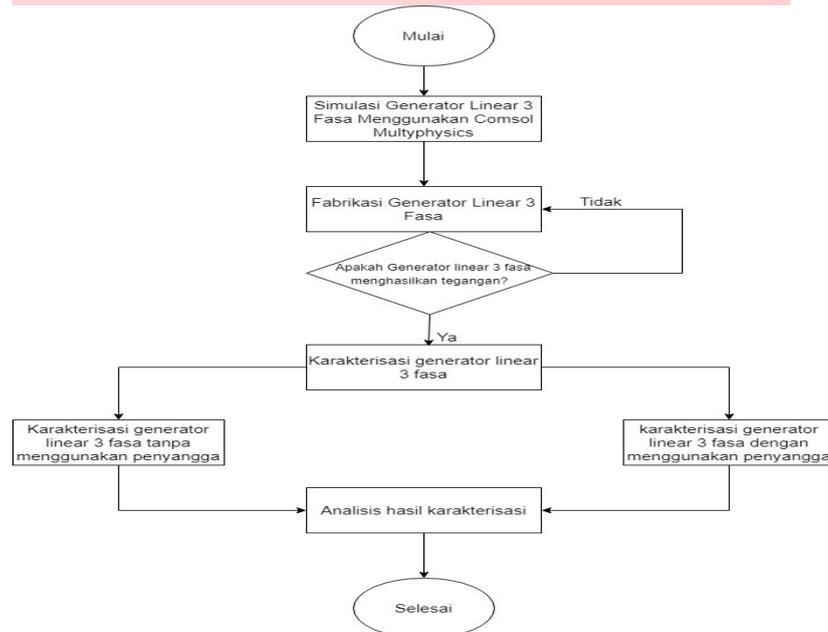


Gambar 1 Generator lineear

Generator linear tiga fasa memiliki beberapa kelebihan [5], yaitu :

- Transmisi rangkaian tiga fasa dibagi menjadi 3 terminal, dimana satu terminal membutuhkan satu kawat konduktor, sehingga arus yang mengalir di tiap kawat akan menjadi sepertiga dari rangkaian satu fasa untuk daya yang sama
- Lebih ekonomis, disebabkan arus yang mengalir di dalam tiap kawat lebih kecil, sehingga diameter kawat yang dibutuhkan juga lebih kecil
- Lebih efisien, disebabkan daya disipasi yang lebih kecil
- Lebih stabil
- Tegangan yang dihasilkan lebih besar dikarenakan gelombang sinusoidal yang lebih rapat.

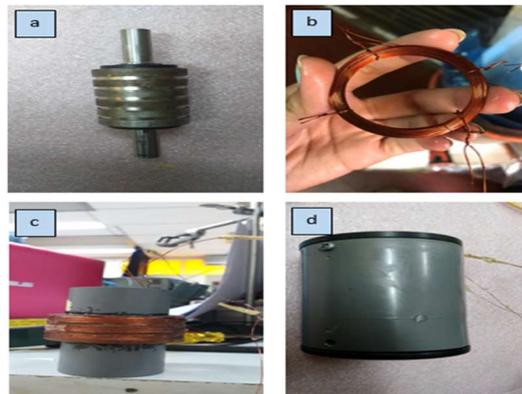
2.3 Fabrikasi Generator linear tiga fasa



Gambar 2 Diagram alir fabrikasi generator linear tiga fasa

Fabrikasi generator linear 3 fasa dimulai dengan melakukan simulasi dengan menggunakan comsol multiphysics. Simulasi dilakukan untuk menjadi pedoman dalam langkah selanjutnya yaitu fabrikasi generator linear tiga fasa. Generator linear terdiri dari stator dan rotor dimana. Stator merupakan bagian yang diam pada generator yaitu coil kumparan dan rotor terdiri dari inti besi dan magnet permanent yang merupakan bagian yang bergerak pada generator yang berfungsi untuk menginduksi kumparan coil (stator). Pada penelitian ini magnet yang digunakan yaitu magnet permanent jenis NdFeb yang berbentuk cincin dengan panjang dan lebar magnet masing-masing 5mm dengan diameter dalam yaitu 20 mm. Coil kumparan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tembaga dengan diameter 0,3 mm dengan masing-masing jumlah lilitan sebanyak 68 lilitan.

Generator linear tiga fasa difabrikasi secara terpisah, artinya sebelum melakukan pengujian, bagian-bagian generator linear 3 fasa yang terpisah seperti stator dan rotor perlu untuk dirakit (*assembly*) terlebih dahulu. Gambar 3 dibawah ini merupakan bagian-bagian generator sebelum dirakit. Gambar 3(a) menunjukkan gambar rotor yang terdiri dari inti besi dan magnet, Gambar 3(b) dibawah ini merupakan kumparan coil dengan masing-masing hambatan pada coil 1,2 dan 3 yaitu sebesar 5,2, 5,9 dan 5,6 ohm. Gambar 3(c) menunjukkan bagaimana ketiga coil tersebut disusun menjadi stator. Gambar 3(d) dibawah ini merupakan stator dan rotor yang sudah dirakit menjadi sebuah generator linear 3 fasa.



Gambar 3 (a) rotor (b) coil (c) coil yang sudah disusun menjadi stator (d) generator linear 3 fasa

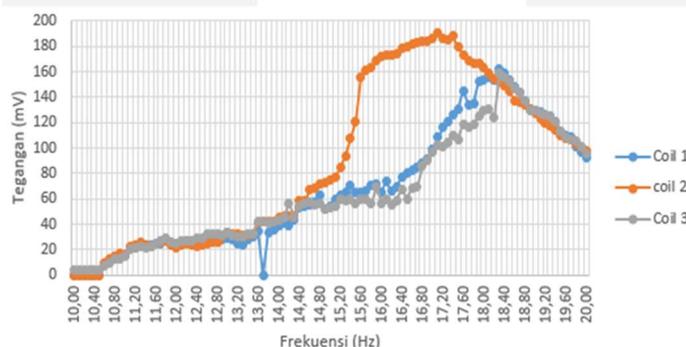
3. Karakterisasi dan Analisis

Karakterisasi ini dilakukan dengan cara memanfaatkan frekuensi yang dihasilkan oleh function generator dan frekuensi tersebut akan dikuatkan oleh amplifier. *Amplifier* akan dihubungkan dengan mesin vibrator sehingga frekuensi yang telah dikuatkan oleh *amplifier* dapat menggetarkan mesin vibrator. Kecepatan getar mesin vibrator akan dipantau menggunakan *velocity* meter. Divais generator linear 3 fasa akan diletakkan diatas mesin vibrator dimana ketiga ujung coil generator tersebut sudah terhubung dengan multimeter. Ketika mesin vibrator bergetar, maka generator linear 3 fasa yang berada diatasnya akan ikut bergerak sehingga tegangan keluaran akan terukur dengan multimeter.

Dalam penelitian ini, karakterisasi frekuensi resonansi dan tegangan keluaran dilakukan dengan 2 cara (metode) yaitu karakterisasi generator linear tanpa penyangga dan karakterisasi generator linear dengan penyangga. Penyangga yang dimaksud yaitu sebuah besi dengan dudukan dimana besi tersebut akan terhubung dengan rotor generator. Perbedaan kedua cara karakterisasi ini yaitu pada karakterisasi tanpa penyangga, mesin vibrator akan menggetarkan seluruh badan divais generator linear 3 fasa sehingga tidak hanya rotor saja yang bergerak sedangkan karakterisasi dengan penyangga, besi yang terhubung dengan rotor generator akan menggetarkan rotornya saja, badan generator akan tetap diam.

3.1. Karakterisasi Generator Linear Tanpa Penyangga

Pengukuran ini dilakukan dengan mengkarakterisasi besarnya frekuensi terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Pengukuran dimulai dengan frekuensi 10 Hz sampai dengan frekuensi 20 Hz. Untuk hasil karakterisasi tanpa penyangga ini dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



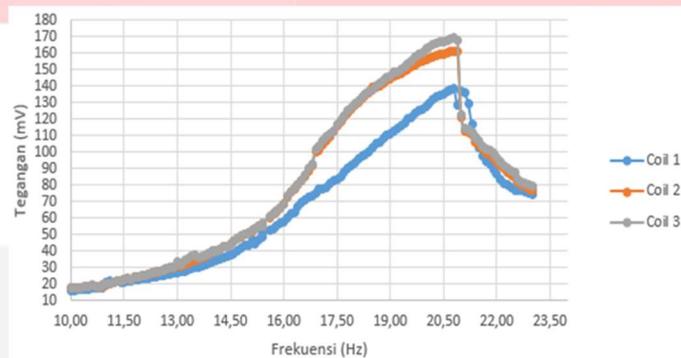
Gambar 4 grafik perubahan tegangan terhadap frekuensi tanpa penyangga

Frekuensi resonansi yang dimiliki oleh generator linear 3 fasa pada metode karakterisasi tanpa penyangga berada pada frekuensi 18,3 Hz. Pada Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa coil 2 mengalami pergeseran fasa sehingga memiliki frekuensi resonansi yang berbeda dibandingkan dengan coil 1 dan 3. Hal ini disebabkan oleh posisi stator terhadap rotor yang tidak tepat. Stator dan rotor harus berada pada posisi yang sama ketika diberi beban pegas maupun tidak. Posisi stator dan rotor yang tepat akan mengakibatkan generator memiliki displacement (jarak yang ditempuh rotor ketika bergerak ke atas dan ke bawah) yang sama sehingga ketiga coil akan memiliki frekuensi resonansi yang sama.

Pada Gambar 4 diatas juga menunjukkan tegangan keluaran yang dihasilkan tiap coil. Coil 2 menghasilkan tegangan yg lebih besar dibandingkan coil 1 dan 3 dengan besar masing-masing tegangan yaitu 189mV, 162mV dan 159 mV. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh ketiga coil tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh. Perbedaan tegangan keluaran tersebut terjadi karena ketiga coil memiliki hambatan yang berbeda-beda dimana hambatan coil 2 lebih tinggi dibandingkan coil 1 dan 3 dengan besar masing-masing hambatan yaitu 5,9, 5,6 dan 5,2 ohm

3.2 Karakterisasi Generator Linear Dengan Penyangga

Pengukuran ini dilakukan dengan mengkarakterisasi besarnya frekuensi terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Pengukuran dimulai dengan frekuensi 10 Hz sampai dengan frekuensi 23 Hz. Untuk hasil karakterisasi tanpa penyangga ini dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 grafik perubahan tegangan terhadap frekuensi dengan penyangga

Karakterisasi divais generator linear 3 fasa dengan menggunakan penyangga dimulai dari frekuensi 10-23 Hz. Frekuensi resonansi dari ketiga coil berada di frekuensi yang sama yaitu pada frekuensi 22,8 Hz dengan besar tegangan yang dihasilkan berbeda-beda tiap coil kumparan. Coil 1 menghasilkan tegangan sebesar 139 mV, coil 2 menghasilkan tegangan sebesar 161,4 mV sedangkan coil 3 menghasilkan tegangan sebesar 169,2 mV. Coil 1 memiliki tegangan yang lebih kecil dibandingkan coil 2 dan 3 disebabkan tekanan yang diberikan oleh penyangga mengakibatkan rotor lebih menekan ke bawah. Ketika rotor bergerak linear ke atas dan ke bawah, induksi magnetik yang dihasilkan oleh rotor tidak terinduksi sempurna oleh coil 1. Hal inilah yang menyebabkan tegangan keluaran pada coil 1 lebih rendah daripada coil 2 dan 3

4. Kesimpulan

1. Generator linear 3 fasa telah berhasil dirancang sebagai pemanen energi getaran dengan menggunakan aplikasi comsol multiphysics.
2. Generator linear 3 fasa telah berhasil difabrikasi sebagai alat untuk memanen energi getaran dengan tegangan keluaran yang dihasilkan berkisar 160-180mV.
3. Karakterisasi frekuensi resonansi dan tegangan keluaran generator linear 3 fasa dilakukan dengan 2 metode yaitu karakterisasi dengan metode tanpa penyangga dan dengan penyangga. Karakterisasi dengan metode tanpa penyangga menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode karakterisasi dengan penyangga.

Daftar Pustaka

- [1] A. Gamayel, "Panen Energi Menggunakan Piezoelectric dengan Sistem Kantilever dengan Penambahan Bluff Body," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 4, pp. 273-276, 2017.
- [2] F. Irawan, "Analisis Konversi Energi Potensial Pegas Menjadi Energi Listrik Dengan Metode Electromagnetic," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 509-516, 2016.
- [3] Hugh D. Young, Roger, Roger A. Freedman, *Fisika Unoversitas*, Edisi Kesepuluh, Jilid 2, Jakarta: Erlangga, 2003.
- [4] AKBAR, MUHARRARAN AKHSANUL, "Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa Dalam Keadaan Berbeban di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya," *Polsri Repository*, 2017.
- [5] A. Afriansyah, "Medan Magnet dan Induksi Elektromagnet," *Academia*, [Online]. Available: https://www.academia.edu/9941910/MEDAN_MAGNET_DAN_INDUKSI_ELEKTROMAGNETIK_MEDAN_MAGNET.. [Accessed 28 10 2018].

