

DESAIN DAN IMPLEMENTASI GENERATOR DENGAN MEMANFAATKAN GAYA PEMULIHAN PADA *DYNAMIC SPEED TRAP* DI TEMPAT PARKIR UNIVERSITAS TELKOM

DESIGN AND IMPLEMENTATION GENERATOR USING RESTORING FORCE OF DYNAMIC SPEED TRAP AT TELKOM UNIVERSITY PARKING LOT

Porman Pangaribuan, Ir., MT¹, Ekki Kurniawan, ST., MSc², Yudika Cendrawan³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom^{1,2,3}
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹porman@telkomuniversity.ac.id, ²ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id ³cendrawanyudika@gmail.com

Abstrak

Energi listrik telah digunakan pada berbagai bidang. Sebagai contoh bidang pendidikan dan kesehatan. Bidang tersebut memerlukan peralatan yang memanfaatkan energi listrik sebagai sumber pengoperasiannya. Tingginya permintaan akan listrik menyebabkan ketidakseimbangan antara permintaan dan ketersediaan energi listrik. Sebagian pembangkit listrik di Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil. Oleh karena itu perlu dikembangkan sumber energi alternatif sebagai salah satu usaha penagulangannya.

Pada tugas akhir ini telah dibuat sebuah *prototype* pembangkit energi alternatif. Alat ini memanfaatkan tekanan dari kendaraan bermotor yang melintasinya untuk menggerakkan rotor. Gerakan rotor akan mengakibatkan terjadinya perubahan fluks magnet yang memicu arus listrik.

Arus listrik yang dihasilkan akan masuk ke penyearah. Diperlukan pula suatu sistem yang dapat menstabilkan output dari alat tersebut. Alat ini nantinya dapat ditempatkan pada jalan yang memiliki trafik padat.

Kata kunci: energi alternatif, generator, tekanan kendaraan

Abstract

Electrical energy has been used in various fields .As an example of the field of education and health .This sector requires equipment using electrical energy as a power source .The high demand for electricity cause the imbalance between demand and the availability of electrical energy .Some power plant in indonesia is still dependent on fossil fuels. Therefore, it should be developed an alternative energy source to resolve the problem.

On this final project has been made a prototype of alternative energy power plant. This instrument use pressure from vehicles pass through it to move the rotor .The movement of the rotor will change magnetic flux that triggered an electric current

The electric current will enter a rectifier. Also needed a system that could stabilize the output of the device .This device can be placed on the road having dense traffic .

Keyword: alternative energy , generator , vehicle pressure

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Listrik telah menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat. Energi listrik telah dimanfaatkan dalam berbagai sektor. Hampir seluruh lapisan masyarakat telah menggunakan peralatan yang memerlukan energi listrik dalam pengoperasiannya. Perkembangan teknologi yang pesat juga memicu kalangan menengah kebawah untuk memanfaatkannya. Bahkan siswa di SD telah menggunakan peralatan telekomunikasi seperti HP dan laptop. Hal tersebut tentunya akan menambah jumlah pemakaian energi listrik. Namun meningkatnya kebutuhan listrik tidak diimbangi dengan ketersediaan energi listrik. Perusahaan Listrik Negara (PLN) belum mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik secara menyeluruh. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sumber energi alternative sebagai salah satu usaha pengadaan energi listrik.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah pembangkit listrik alternatif. Terinspirasi dari istilah “polisi tidur”, peneliti akan membuat sebuah mini generator. Polisi tidur sering disebut dengan istilah *speed trap* atau *traffic bump*. *Speed trap* berfungsi sebagai pembatas kecepatan pada kendaraan bermotor yang sedang melaju. *Speed trap* biasanya terbuat dari beton atau karet. Dengan memanfaatkan fungsi dari *speed trap* ini dapat dibuat sebuah mini generator. Mini generator ini nantinya dapat ditempatkan pada lokasi yang memiliki trafik tinggi. Beberapa lokasi yang memiliki potensi tersebut adalah daerah pintu tol atau pintu parkir.

Mini generator yang akan dibuat memiliki bagian berbentuk *speed trap* yang bersifat dinamis. Pembangkit listrik ini memanfaatkan tekanan dari kendaraan bermotor yang melintas untuk menggerakkan rotor. Kendaraan bermotor yang melintas akan menyebabkan *speed trap* beresilasi sehingga akan terjadi perubahan fluks magnet. Energi listrik yang dihasilkan akan di searahkan dan disimpan dalam sebuah baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Perangkat apa saja yang dibutuhkan untuk membuat sistem mini generator?
2. Bagaimana cara membuat perangkat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan gaya pemulihan pada pegas?
3. Bagaimana cara menganalisa dan menghitung energi listrik yang dihasilkan dari mini generator yang telah dibuat?
4. Bagaimana cara mengolah energi yang dihasilkan agar siap disimpan dalam baterai?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat prototype alat penghasil energi listrik alternatif.
2. Mengetahui dan menganalisis performansi dari komponen atau perangkat yang digunakan untuk membuat alat tersebut.

Menganalisa seberapa besar energi yang dapat dihasilkan serta efisiensi dari alat yang akan dibuat

2. Dasar Teori

2.1 SpeedTrap

Speed trap merupakan salah satu marka jalan yang berfungsi sebagai pembatas kecepatan. Di Indonesia speed trap lebih dikenal dengan istilah “polisi tidur”.

Pada umumnya speed trap merupakan permukaan jalan yang ditinggikan dan berbentuk seperti gundukan. Speed trap diletakan membentang di tengah jalan sehingga pengguna jalan akan mengurangi kecepatan saat melintas. *Speed trap* banyak kita temui pada daerah pemukiman penduduk, sebelum atau sesudah pintu tol, sebelum pintu parkir atau sebelum pintu perlintasan kereta api. Speed trap bisaanya juga dilengkapi dengan marka yang memantulkan cahaya agar terlihat pada malam hari.

2.1.1. Static Speed Trap

Speed trap statis merupakan jenis yang paling sering dijumpai di Indonesia. *Speed trap* jenis ini bersifat solid sehingga bentuknya tidak akan berubah. Di Indonesia, speed trap jenis ini terbuat dari bahan yang bervariasi. Ada yang terbuat dari karet, aspal, semen, dari ban bekas, bahkan ada yang terbuat dari kayu. Speed trap dibuat sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan pengguna jalan. Pembangunan speed trap yang tidak sesuai ketentuan dapat membahayakan pengguna jalan.

2.1.2. Dynamic Speed Trap

Speed trap dinamis belum banyak digunakan di Indonesia. *Speed trap* dinamis memiliki kemampuan untuk menyesuaikan dengan kecepatan kendaraan yang melintas. Apabila kendaraan melaju dengan kecepatan yang masih diperbolehkan, maka kendaraan tersebut tidak akan mengalami gangguan dari *speed trap*. Namun apabila kendaraan tersebut melaju dengan kecepatan yang melebihi ketentuan yang diperbolehkan, maka *speed trap* dinamis dapat menyesuaikan tingginya sehingga menghambat laju kendaraan.

2.2 Pegas dan Hukum Hooke

Pegas merupakan suatu benda yang memiliki sifat elastis. Sifat elastis memungkinkan suatu benda dapat kembali ke bentuk semula apabila diberikan gaya. Pegas mampu kembali pada kondisi semula asalkan gaya yang diberikan tidak melampaui batas elastisitas pegas. Pegas sering dimanfaatkan untuk meredam gaya mekanik. Pegas digunakan pada suspensi kendaraan untuk meredam tekanan agar tidak mempengaruhi *body* kendaraan.

Hukum hooke menyatakan bahwa [4]apabila sebuah benda diberikan sebuah gaya dan dapat kembali ke bentuk semula, maka benda tersebut memiliki sifat elastis. Benda yang memiliki sifat elastis dapat kembali ke bentuknya semula setelah gaya yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan. Untuk kembali ke bentuk semula pegas akan memberikan sebuah gaya yang dikenal dengan sebutan gaya pemulih (*restoring force*). Gaya pemulih memiliki besar yang sama dengan gaya yang mula-mula diberikan pada pegas. Besarnya gaya pemulih juga sebanding dengan perubahan benda elastis (dalam hal ini perubahan panjang pegas). Hubungan antara gaya pegas dan perubahan panjang pegas dinyatakan sebagai hukum hooke:

$$F = -k \Delta x \quad (2.1)$$

F = gaya yang bekerja pada pegas Δx = perubahan panjang pegas
 K = konstanta pegas

Sebuah pegas memiliki sebuah besaran yang menyatakan perbandingan antara gaya dengan satuan panjang. Besaran tersebut disebut dengan konstanta pegas. Konstanta pegas menyatakan berapa gaya yang dibutuhkan untuk merubah pegas setiap satuan panjang. Konstanta pegas juga berbanding lurus dengan gaya yang diberikan pada pegas.

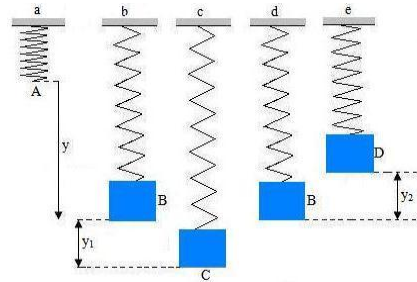
2.3 Gerak Harmonik Sederhana

2.3.1 Osilasi

[1]Gerakan yang berulang-ulang dalam waktu yang sama disebut dengan gerak periodik. Gerak periodik sering juga disebut dengan istilah gerak harmonik. Jika suatu benda bergerak periodik (bolak-balik) melalui lintasan yang sama maka gerakan itu disebut gerak osilasi atau vibrasi (getaran). Gerak osilasi memiliki periode dan frekuensi tertentu. Periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu lintasan. Sedangkan frekuensi menyatakan jumlah lintasan yang mampu ditempuh dalam satuan waktu. [1]Gerak harmonik yang memiliki perlambatan sehingga pada akhirnya akan terhenti dan kembali pada posisi setimbangnya disebut gerak harmonik teredam (*damped*). Gaya yang mendorong benda dari keadaan setimbangnya disebut gaya positif, sedangkan gaya yang mendorong suatu benda untuk kembali pada keadaan setimbangnya disebut gaya pemulih. Sebuah benda yang berosilasi melalui titik setimbangnya dan melalui potensial yang berubah-ubah bergantung dari besar konstantanya, maka benda tersebut mengalami gerak harmonik sederhana (*simple harmonic motion*).

2.3.2 Gerak harmonik sederhana pada pegas

Salah satu pengaplikasian gerak harmonik sederhana adalah pada penggunaan pegas. Sesuai dengan persamaan pada hukum hooke pegas akan kembali pada titik setimbangnya setelah gaya yang bekerja pada pegas dihilangkan.



Gambar 2.1 Gerak osilasi pada pegas

Dari gambar 2.1 kita dapat melihat bahwa apabila pegas mendapatkan gaya sebesar F kemudian dilepaskan, maka pegas akan bergerak bolak-balik melalui titik setimbang B. Kita juga dapat menghitung periode dan frekuensi pegas melalui persamaan :

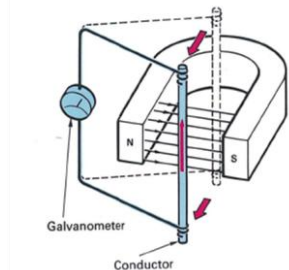
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2.2)$$

T = periode
 m = massa beban

k = konstanta pegas

2.4 Hukum Faraday

[5]Apabila sebuah penghantar digerak-gerakkan dalam medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi.



Gambar 2.2 GGL induksi

Arus listrik terjadi karena ada elektron yang mengalir dari potensial listrik yang tinggi menuju potensial listrik yang rendah. Pada saat sebuah penghantar mengalami pergerakan dengan kecepatan v dalam sebuah

medan magnet (rapat medan magnet B), maka muatan q di dalamnya akan mengalami gaya yang besarnya sama dengan qv dikalikan dengan B . dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_n = qv \times B \quad (2.3)$$

Akibatnya akan terjadi pergeseran muatan bebas pada penghantar tersebut. Peristiwa inilah yang dinamakan GGL induksi. Besarnya GGL induksi yang terjadi pada penghantar berbanding lurus dengan perubahan fluks magnet yang dilingkupinya. Secara matematis dapat dituliskan :

$$e = - \frac{d\theta}{dt} \quad (2.4)$$

Jika penghantar yang digunakan berbentuk lilitan dengan jumlah N maka besarnya GGL induksi merupakan perkalian jumlah lilitan dengan persamaan matematis diatas. Secara matematis dapat dituliskan :

$$e = -N \frac{d\theta}{dt} \quad (2.5)$$

Tanda negatif menunjukkan kesesuaian dengan hukum lenz

2.5 Generator

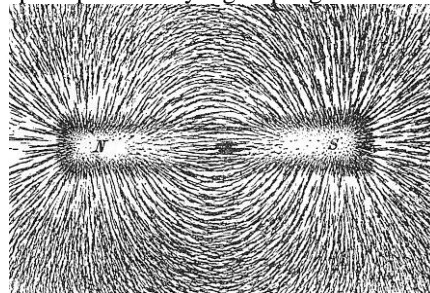
Generator merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator menggunakan prinsip hukum faraday untuk mendapatkan energi listrik. Apabila di sekitar penghantar terjadi perubahan fluks, maka akan timbul GGL induksi. Untuk membangkitkan GGL induksi, generator memerlukan masukan berupa energi mekanik.

Generator memiliki dua bagian yang penting yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian generator yang bergerak atau berputar. Rotor digerakkan agar terjadi perubahan fluks sehingga timbul GGL induksi. Sedangkan stator merupakan bagian generator yang diam. Stator bisaanya terdiri dari kumparan agar GGL yang dihasilkan lebih mudah untuk disalurkan.

2.6 Magnet

Magnet merupakan suatu benda yang memiliki medan magnet. [5]Magnet memiliki kemampuan untuk menarik benda-benda yang memiliki sifat magnetis. Sebagian besar logam memiliki sifat magnetis. Besi dan baja merupakan contoh benda yang tertarik kuat oleh magnet. Sebuah magnet tersusun dari magnet-magnet elementer yang tersusun secara teratur. Sebuah magnet selalu memiliki dua buah kutub yang berlawanan yaitu kutub utara dan selatan. Kutub dengan jenis yang sama akan saling tolak-menolak, sedangkan kutub dengan jenis yang sama akan saling tarik-menarik. Dari jenisnya magnet dibedakan menjadi magnet alami dan magnet buatan. Magnet alami (magnet tetap) adalah benda yang ditemukan di alam dan sudah memiliki medan magnet tanpa bantuan dari luar, sedangkan magnet buatan adalah suatu benda yang dengan sengaja dibuat sebagai magnet dengan cara menyusun elementer magnet yang ada di dalamnya agar tersusun teratur.

Medan magnet dapat digambarkan sebagai sekumpulan garis yang disebut dengan garis induksi. Dalam medan magnet yang merata garis induksi berbentuk lurus dan memiliki arah yang sama. Namun pada magnet yang sebenarnya, garis induksi terpusat pada kutub-kutub magnet. Garis induksi keluar dari kutub utara menuju kutub selatan. Hal tersebut dapat dilihat pada pasir besi yang terpengaruh medan magnet.



Gambar 2.3 Fluks magnet

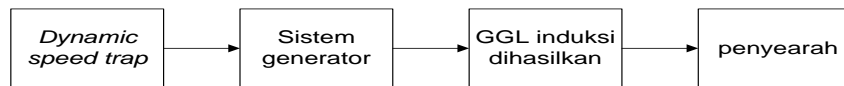
3. Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1. Gambaran Umum Sistem

3.1.1. Cara Kerja Sistem

Sistem yang dirancang pada tugas akhir ini memanfaatkan tekanan yang didapat ketika kendaraan melintas pada *dynamic speed trap*. Pegas pada *dynamic speed trap* akan bergeser sejauh Δx akibat gaya tekan sebesar berat kendaraan. Pegas akan memberikan gaya pemulih untuk kembali ke keadaan setimbangnya. Dorongan ini digunakan untuk menggerakkan rotor yangtelah dihubungkan dengan pegas. Pegas ini nantinya yang akan mengalami gerak osilasi yang menyebabkan magnet bergerak keluar masuk daerah kumparan sehingga terjadi perubahan fluks magnet yang ditangkap. Hal tersebut akan memicu terjadinya GGL induksi.

3.1.2. Konfigurasi Umum Sistem



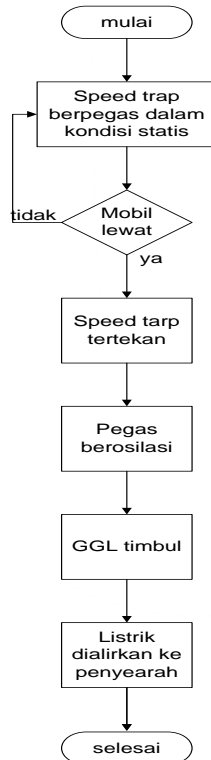
Gambar 3.1 Blok diagram sistem

Secara umum, sistem yang dirancang dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 di atas. Penjelasan blok sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:

1. *Dynamic speed trap* akan tertekan oleh kendaraan yang melintas.
2. Dorongan yang dialami *dynamic speed trap* akan membuat rotor yang telah dihubungkan dengan pegas berosilasi.
3. Sistem mini generator akan mengubah energi mekanik yang dihasilkan menjadi energi listrik.
4. Penyearah akan merubah arus AC menjadi DC.

3.2. Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini telah dibuat *prototype* dari sistem yang telah direncanakan. Bagian utama dari sistem yang akan dibuat adalah rangkaian *dynamic speed trap*. Untuk itu diperlukan sebuah pegas di kedua sisi *dynamic speed trap* agar alat tersebut dapat turun saat dilewati oleh kendaraan dan dapat kembali pada keadaan semulanya. Rotor akan terbuat dari tuas yang terhubung dengan pegas dan magnet yang akan mengalami gerak osilasi saat ada kendaraan lewat. Stator akan berbentuk kumparan yang akan berdiri tegak lurus dengan *speed trap*. Proses kerja dari alat yang akan dirancang dapat digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 3.2 Diagram alir sistem

Diagram alir di atas menggambarkan cara kerja dari alat yang akan dibuat pada tugas akhir ini.

3.1 Realisasi Sistem

3.2.1. Speed Trap

Pembuatan *Speed trap* pada tugas akhir ini menggunakan papan multiplex. Papan multiplex tersebut selanjutnya dibentuk sedemikian rupa sehingga berbentuk seperti tonjolan (bentuk polisi tidur yang umum dikenal di masyarakat). *Speed trap* tersebut selanjutnya akan dihubungkan dengan pegas sehingga dapat bersifat dinamis (naik dan turun).

3.2.2. Magnet dan Lilitan

Untuk membuat sebuah pembangkit listrik diperlukan sebuah magnet yang memiliki daya tarik kuat. Magnet yang digunakan dalam sistem ini adalah jenis magnet neodimum. Magnet neodimum adalah jenis magnet yang super kuat. Magnet jenis ini terbuat dari campuran elemen boron-besi-neodimum (Nd-B-fe). Magnet jenis ini juga dikenal dengan nama *rare earth magnet*.

Magnet neodimum memiliki kekuatan sebesar 1.3 tesla atau sama dengan 1.3 webber/m². Magnet yang digunakan berbentuk tabung dengan diameter 15 mm. Sehingga besar fluks magnet dari magnet yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebesar

$$B = \frac{\emptyset}{A} \quad (3.1)$$

B = Kuat medan magnet (Tesla)

\emptyset = Jumlah fluks magnet (Weber)

A = Luas Penampang (m²)

Maka akan didapat :

$$\emptyset = B \times 2\pi \times r \times t$$

$$\emptyset = 1,3 \times 2 \times 3,14 \times 0,0175 \times 0,035 = 0,005 \text{ weber}$$

Dalam sistem ini juga diperlukan kumparan yang memiliki elektron bebas yang banyak. Benda yang memiliki elektron bebas yang banyak biasanya merupakan konduktor yang baik. Oleh karena itu digunakan tembaga sebagai bahan dasar pembuat lilitan.

4. Pengujian dan Analisa

4.1. Pengujian Sistem *Dynamic Speed Trap*

Pengukuran alat dilakukan dengan cara melewati sebuah mobil-mobilan yang telah diberikan pemberat pada bentukan *speed trap*. Dorongan pada *speed trap* ini akan menggerakkan tuas yang telah terhubung pada pegas dengan beban magnet dan akan membuat pegas berosilasi.

Beban yang dipasangkan pada mobil-mobilan untuk pengujian alat adalah kelipatan 0.8 Kg. Pada saat *dynamic speed trap* dilintasi kendaraan dengan beban tersebut maka pegas akan memberikan gaya pembalik sebesar berat beban yang melintasinya. Besar berat beban merupakan perkalian antara massa beban dan gaya gravitasi atau dapat dirumuskan sebagai berikut

$$W = m \times g \quad (4.1)$$

W = Berat benda (Newton)

m = Massa benda (Kg)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Dari persamaan diatas maka kita dapat mengetahui berapa besar gaya yang akan menekan sistem *dynamic speed trap* dan berapa gaya pembalik yang akan diberikan pegas. Besar gaya pembalik pegas berdasarkan variasi beban yang melintasinya dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Gaya pembalik pegas

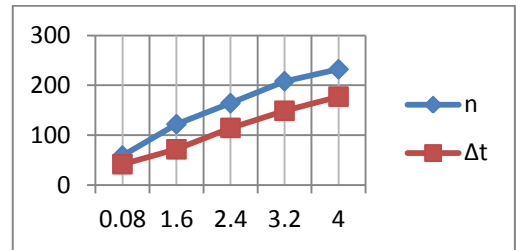
Total beban (Kg)	Gaya pembalik (Newton)
0,8	7,84
1,6	15,68
2,4	23,52
3,2	31,36
4	39,2

4.1.1. Pengukuran Gerak Osilasi Pegas dengan Beban Mobil

Pengukuran dilakukan dengan cara melewati mobil-mobilan yang telah diberikan pemberat pada *dynamic speed trap*. Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengukuran jumlah osilasi dan lama waktu osilasi

Total beban (Kg)	Jumlah Osilasi magnet	Lama waktu Osilasi (detik)
0,8	59	41,7
1,6	122	71,6
2,4	164	114,5
3,2	208	148,8
4	232	177,2



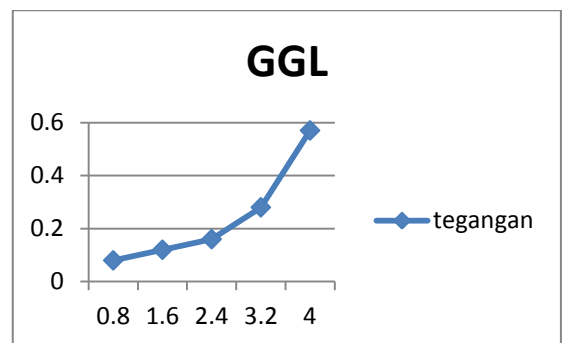
Gambar 4.1 Grafik perbandingan jumlah dan waktu osilasi

4.1.2. Pengukuran Keluaran Sistem dengan Beban Mobil

Pengujian alat dilakukan dengan cara melintaskan mobil-mobilan yang telah diberikan pemberat pada sistem *dynamic speed trap*. Hasil keluaran dari sitem dibaca melalui multimeter.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran GGL yang ditimbulkan

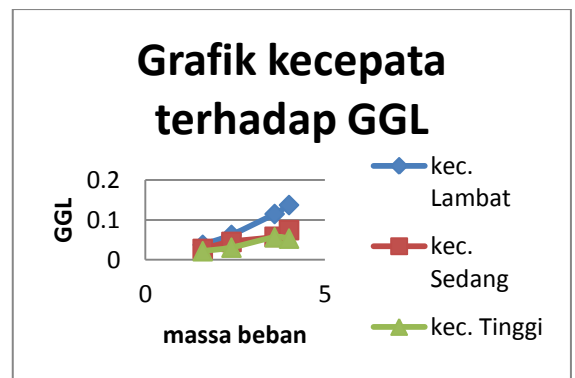
Total beban (Kg)	GGL maksimum (Volt)
0,8	0,08
1,6	0,12
2,4	0,16
3,2	0,28
4	0,57



Gambar 4.2 Grafik GGL yang dihasilkan terhadap beban

Tabel 4.4 Hasil pengukuran GGL

Beban (Kg)	GGL (Volt)		
	Kecepatan Rendah	Kecepatan sedang	Kecepatan tinggi
1,6	0,0376	0,0272	0,0216
2,4	0,0624	0,0448	0,0306
3,2	0,1148	0,0576	0,0546
4	0,1372	0,0744	0,0532



Gambar 4.3 Grafik arus yang dihasilkan terhadap beban

Dari pengujian diatas dapat diketahui hal-hal sebagai berikut

1. Besar keluaran dari sistem *dynamic speed trap* dipengaruhi oleh besar gaya berat kendaraan yang melaluinya.
2. Besar gaya pembalik yang diberikan oleh pegas berbanding lurus dengan massa beban yang melintasi sistem.
3. Semakin berat kendaraan yang melintasi sistem maka akan makin besar pula jumlah gerakan osilasi dan waktu osilasinya.
4. Massa minimum kendaraan yang mampu melintasi sistem *dynamic speed trap* dengan lancar berdasarkan percobaan adalah sebesar 2.4 Kg.
5. Energi listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan massa kendaraan yang melewatinya.
6. Energi listrik yang dihasilkan masih terlampau kecil dan belum stabil.

4 Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengukuran dan pengujian maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai dengan Hukum Faraday dan dengan memanfaatkan hukum Hooke maka dapat dibuat sebuah pembangkit listrik alternatif yang memanfaatkan pegas untuk menghasilkan energi listrik.
2. Energi listrik yang dihasilkan adalah sebesar 0,2 volt.
3. Energi listrik yang dihasilkan masih terlampau kecil karena perangkat yang dibuat masih merupakan prototype.
4. Energi listrik yang dihasilkan masih belum stabil karena memerlukan dorongan yang kontinu.

5.2 Saran

1. Dapat dibuat sistem dengan skala yang lebih besar sehingga energi yang dihasilkan juga lebih besar dan dapat menanggung beban yang lebih besar pula.
2. Dapat dilakukan perancangan dan pengujian yang lebih mendalam sehingga alat dapat berfungsi lebih baik.
3. Dapat ditambahkan sistem penyimpanan yang memadai agar energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan untuk digunakan selanjutnya.

Daftar Pustaka

- [1] Halliday, J. dan Resnick, R. (1997). Fisika Jilid 1 (third ed.). Jakarta : Erlangga.
- [2] Rashid, Muhammad H. 2004. *Power Electronics : Power Electronics Circuits, devices, and application 3rd Edition*. New Jersey : Prentice Hall.
- [3] Van Harten, P. dan Setiawan, E. (1983). Instalasi Listrik Arus Kuat 3. Jakarta : CV. Trimitra Mandiri.
- [4] Weston Sears, F. dan W. Zemansky, Mark. (1982). Fisika Untuk Universitas 1 (Mekanika Panas Bunyi). Bandung : Binacipta.
- [5] Weston Sears, F. dan W. Zemansky, Mark. (1986). Fisika Untuk Universitas 2 (Listrik Magnet). Bandung : Binacipta.