

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *PROTOTYPE* ALAT KONVERSI ENERGI MEKANIK MENJADI ENERGI LISTRIK DI JALAN RAYA DENGAN MENGGUNAKAN *SPEED BUMP*

Akhmad Agung Nugroho

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email : akhmad.agung.2011@ft.umy.ac.id; agungbound58@gmail.com

INTISARI

Era jaman yang semakin maju dan perkembangan teknologi yang pesat, hampir semua peralatan yang digunakan manusia menggunakan energi listrik. Namun, perkembangan teknologi tersebut belum diiringi dengan ketersediaan sumber energi listrik yang memadai. Semakin menipisnya jumlah energi fosil yang tersedia menuntut dilakukannya kajian-kajian atau penelitian untuk mendapatkan sumber energi alternatif. Alat dalam perancangan ini berusaha untuk memanfaatkan potensi dari banyaknya jumlah kendaraan yang melaju tiap menit.

Perancangan prototipe diawali dengan perancangan model *speed bump* yang bisa dipasang pada kondisi jalan ramai dan jalur cepat sehingga tidak mengganggu perjalanan seperti keberadaan *speed bump* pada umumnya. Perancangan selanjutnya adalah membuat kerangka dan rangkaian komponen mesin prototipe. Proses fabrikasi komponen mesin yang dilakukan, yaitu pembuatan poros, dudukan *bearing*, *pulley* dan *fly wheel*. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah multimeter untuk mengukur besarnya arus dan tegangan keluar generator.

Perancangan ini menghasilkan prototipe alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik dari kendaraan yang melaju di jalan raya dengan basis utamanya *speed bump* dengan dimensi panjang 710 mm, lebar 325 mm, dan tinggi 410 mm. Rangkaian elemen pemutar pada alat konversi ini menggunakan *free wheel*, *fly wheel*, poros, *bearing* dan puli. Berdasarkan hasil pengujian alat tegangan listrik yang keluar dari generator adalah sebesar 2,32 Volt dan arus listrik sebesar 0,068 Ampere dengan efisiensi daya yang dihasilkan dalam alat ini sebesar 2,4.

Kata kunci : energi, *speed bump*, prototipe, alternatif, energi mekanik kendaraan, pembangkit listrik tenaga jalan raya.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Secara umum terjadinya peningkatan kebutuhan energi mempunyai keterkaitan erat dengan semakin berkembangnya kegiatan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Indonesia dengan jumlah

penduduk yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun menyebabkan pertumbuhan ekonomi terus berlangsung. Dalam melakukan kegiatan untuk memenuhi kebutuhan aktivitas ekonomi serta kehidupan bermasyarakat, setiap orang memerlukan sebuah alat bantu

berupa kendaraan bermotor. Selain untuk menempuh jarak suatu tempat atau tujuan, kendaraan bermotor juga memerlukan tenaga karena bobotnya yang berat serta pembakaran yang lebih untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi.

Alat konversi energi mekanik dari kendaraan yang melaju di jalan raya pernah diteliti oleh Priandana dkk (2011) pengujian yang dilakukan menggunakan beban dari mobil Honda Jazz keluaran tahun 2005, beban totalnya sebesar 1.084 kg. Pengujian dan pembuatan alat konversi energi dari kendaraan yang melaju di jalan raya juga pernah dilakukan oleh Munadi (2013), alat yang dibuat telah diuji dan mampu menghasilkan daya rata-rata pengisian baterai sebesar 27,3 Watt.

Alat yang dirancang memanfaatkan energi mekanik dari kendaraan yang melaju. Kendaraan yang melaju di jalan raya akan menginjak sebuah tuas (*speed bump*) yang telah didesain lalu disambungkan dengan rangkaian pegas dan roda gigi selanjutnya sistem akan dihubungkan dengan poros generator sehingga generator berputar dan dapat menghasilkan energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai yang kemudian digunakan sebagai energi listrik untuk lampu penerangan di jalan raya.

2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Alat yang akan terbentuk hanya dalam bentuk prototipe dengan ukuran skalatis.
2. Pengujian dilakukan hanya sebagai pembuktian bahwa alat

yang terbentuk dapat menghasilkan energi listrik.

3. Uji coba yang dilakukan mengabaikan besar rugi-rugi gesekan.
4. Besarnya kecepatan, beban dan cara pembebanan diasumsikan konstan.
5. Pengujian dilakukan dengan pembebanan model, yaitu manusia.

3. Tujuan

Tujuan dalam perancangan ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik dari kendaraan yang melaju dalam bentuk prototipe.
2. Melakukan uji coba terhadap prototipe alat yang dibuat.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1. Tinjauan Pustaka

Apabila semua massa kendaraan memiliki potensi energi yang dapat dibangkitkan menjadi energi listrik, maka dengan memanfaatkan media jalan raya dan suatu mekanisme tertentu yang dirancang pada jalan raya, memungkinkan untuk dihasilkan energi listrik (Asy'ari dkk, 2013).

Priandana dkk (2011), pembangkitan energi listrik yang dihasilkan oleh *speed bump* mempunyai keluaran generator yang fluktuatif dan diskontinyu. Pengujian alat dilakukan dengan pembebanan menggunakan mobil Honda Jazz keluaran tahun 2005. Pengujian ini menghasilkan kesimpulan bahwa besarnya massa kendaraan dan kecilnya kecepatan kendaraan yang

melintas adalah berbanding lurus dengan besarnya energi yang dibangkitkan oleh generator. Hasil dari pengujian tersebut dengan menggunakan asumsi-asumsi terkait adalah tegangan 16,60 volt, arus 50,03 mA sehingga daya yang dihasilkan adalah sebesar 830.498 miliWatt.

2. Dasar Teori

2.1. Hukum Newton

Hukum Newton adalah tiga rumusan dasar dalam fisika yang menjelaskan dan memberikan gambaran tentang kaitan gaya yang bekerja dengan gerak yang terjadi pada suatu benda. Kata Newton berasal dari ilmuwan yang menemukan dan memperkenalkan, yaitu Sir Isaac Newton. Ketiga hukum tersebut dirangkum dalam karyanya "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*". Hukum Newton dijelaskan untuk meneliti dan mengamati gerak dalam berbagai mekanisme maupun sistem (Ismet, 2013).

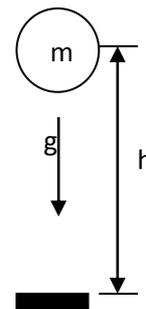
2.2. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu tindakan atau pekerjaan (usaha). Kata "Energi" berasal dari bahasa Yunani yaitu "*ergon*" yang berarti kerja. Satuan Internasional untuk energi adalah Joule (J), satuan ini digunakan untuk menghormati James Prescott Joule dan percobaannya dalam persamaan mekanik panas. Satuan lain untuk energi adalah Kalori (Kal).

Bentuk Energi ada tiga macam yaitu (Ismet, 2013) :

a. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang ada pada suatu benda karena letak benda itu dalam medan gaya. Secara lebih luas energi potensial yaitu energi yang dimiliki suatu benda karena posisi atau kedudukannya, artinya saat benda tersebut diam pada posisi tertentu.



Gambar 2.1. Analisa energi potensial pada suatu benda jatuh

Dari Gambar 2.1 di atas dapat dilihat bahwa benda yang jatuh dengan massa m dan ketinggian sebesar h , serta besar percepatan gravitasi adalah g . Dapat dirumuskan secara matematik besarnya energi potensial yang terjadi sebagai berikut (Ismet, 2013):

$$E_p = m \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena pergerakan atau kelajuannya. Energi kinetik secara jelas dapat diartikan sebagai suatu kemampuan untuk melakukan usaha agar bisa menggerakkan benda dengan massa tertentu hingga mencapai suatu kecepatan tertentu. Semakin tinggi kecepatan suatu benda maka semakin besar pula energi kinetiknya. Secara fisika rumus energi kinetik adalah sebagai berikut (Ismet, 2013) :

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

c. Energi Mekanik

Energi mekanik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena sifat geraknya, energi mekanik ini adalah gabungan antara energi potensial dan energi kinetik, sehingga dapat dirumuskan secara matematika yaitu (Ismet, 2013) :

$$E_m = E_p + E_k \dots\dots\dots (2.3)$$

$$E_m = (m \cdot g \cdot h) + (\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2)$$

$$E_m = 2 m (g \cdot h \cdot v^2)$$

2.3. Speed Bump

Speed bump adalah mekanisme yang dipasang pada sebuah jalan untuk mengurangi laju kendaraan dengan tujuan keamanan. Pada perancangan ini dikembangkan sebuah *speed bump* yang memiliki fungsi ganda, yaitu mengurangi laju kendaraan dan sebagai pembangkit daya. Gerak atau laju kendaraan diubah menjadi gerak naik turun *speed bump*, dan kemudian menjadi gerak rotasi pada sistem pembangkit daya yang terhubung dengan *speed bump*.



Gambar 2.2. *Speed Bump*
(Maulana, 2014)

2.4. Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dan lain-lain. Energi

listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday. Berikut hasil dari hukum Faraday “ *bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik (GGL)*” (Wiratsongko, 2012).

2.5. Hubungan Gaya, Usaha dan Daya

Usaha adalah besarnya energi yang diberikan oleh suatu gaya untuk merubah posisi suatu benda sehingga benda tersebut dikatakan bergerak. Dalam ilmu fisika, usaha pada umumnya dilambangkan dengan huruf W, yang merupakan singkatan dari bahasa Inggris “*work*” yang artinya kerja. Besarnya usaha secara matematik dapat dirumuskan sebagai berikut (Anonim, 2014):

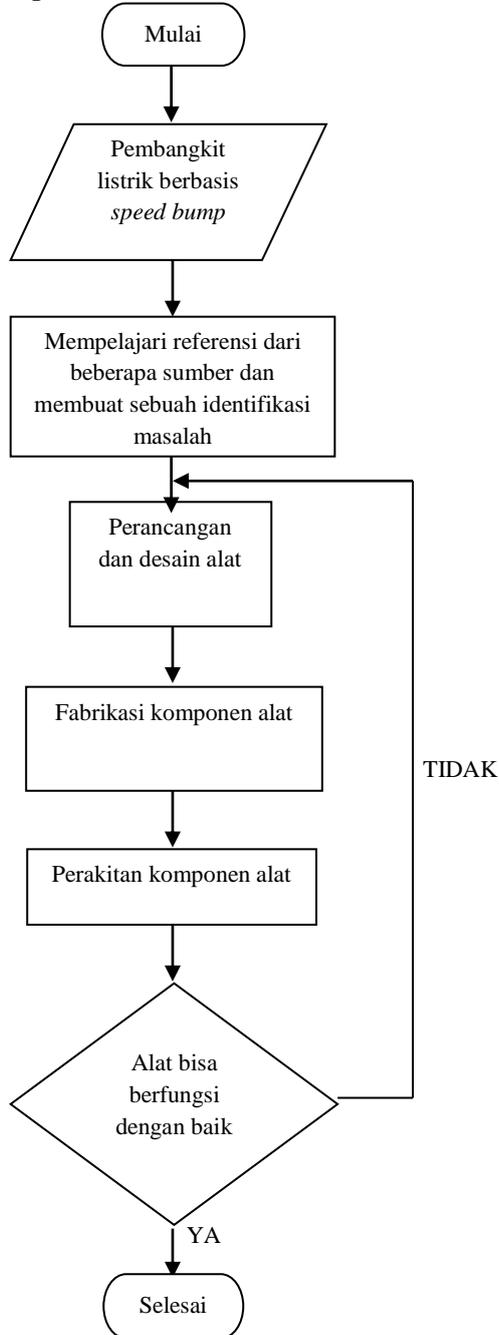
$$W = F \cdot s \dots\dots\dots (2.4)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

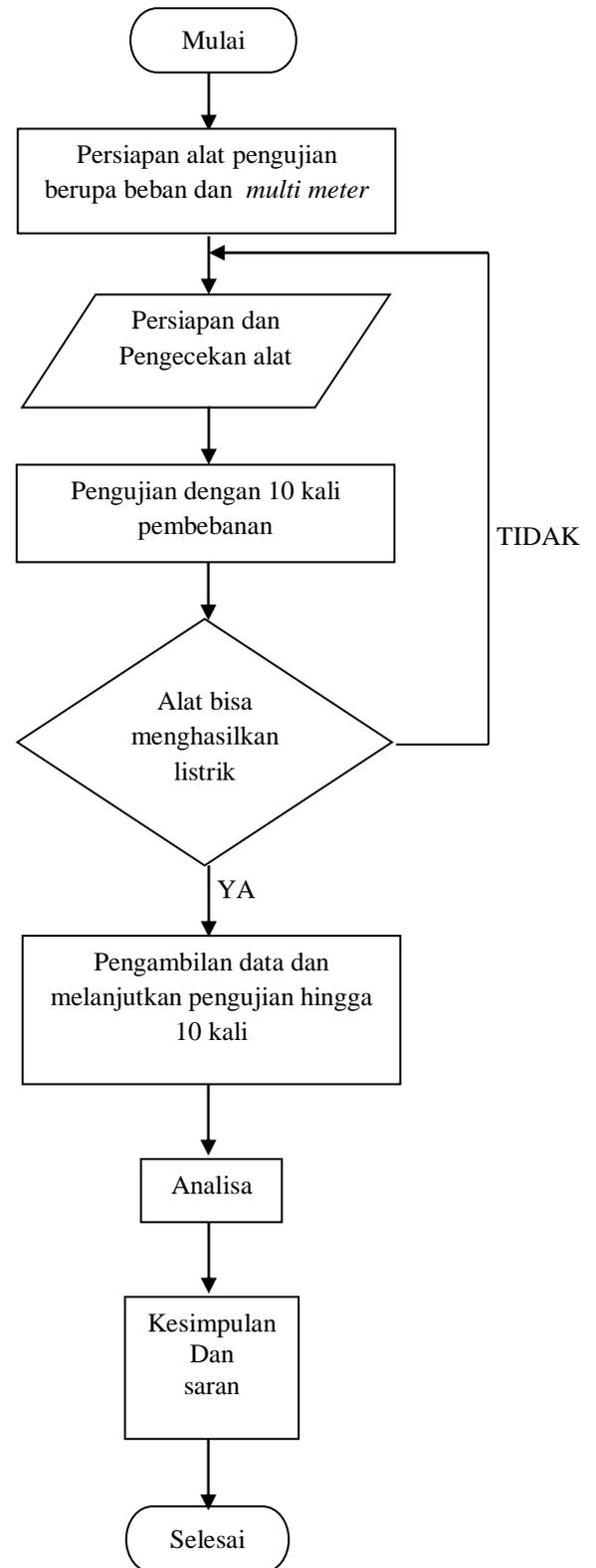
Perancangan prototipe alat konversi energi ini diperlukan sebuah skema kegiatan untuk menjelaskan langkah atau tahapan mulai dari tahap perancangan hingga tahap pengujian dan analisisnya. Pola diagram alir yang dilakukan pada perancangan alat konversi energi ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Selain merancang, pada Tugas Akhir ini juga dilakukan pengujian sebagai bentuk pembuktian bahwa alat mampu bekerja dan menghasilkan arus listrik.

Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali uji coba, menggunakan massa beban sama. Parameter yang diukur pada pengujian ini adalah tegangan keluar dari generator. Diagram alir pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



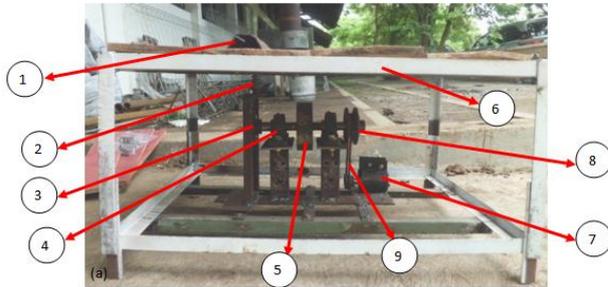
Gambar 3.1. Diagram alir Perancangan



Gambar 3.2. Diagram alir pengujian

IV. PEMBAHASAN

Alat konversi yang terbentuk pada perancangan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Foto prototipe tampak depan

Keterangan gambar :

1. Pijakan (*speed bump*)
2. Pegas
3. *Free wheel*
4. *Bearing*
5. *Flywheel*
6. Kerangka alat
7. Dinamo
8. Puli
9. Sabuk

Tabel 4.1. Hasil pengujian alat

No	Beban diam (N)	Pembebanan (N)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	63	98,064	2,3	0,07	0,161
2	63	98,064	2,4	0,08	0,192
3	63	98,064	2,2	0,05	0,11
4	63	98,064	2,3	0,07	0,161
5	63	98,064	2,4	0,08	0,192
6	63	98,064	2,3	0,07	0,161
7	63	98,064	2,4	0,08	0,192
8	63	98,064	2,2	0,05	0,11
9	63	98,064	2,2	0,05	0,11
10	63	98,064	2,5	0,08	0,2
Rata-rata			2,32	0,068	0,1589

Perhitungan

Percepatan yang terjadi (a)

$$a = \frac{\Delta v_y}{t} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$a = \frac{(0,672-0) \text{ m/s}}{0,044 \text{ s}}$$

$$a = 15,27 \text{ m/s}^2$$

Gaya yang bekerja pada *speed bump*

Dengan asumsi yang telah disebutkan di atas, dapat dihitung bahwa besarnya gaya yang bekerja pada *speed bump* adalah sebesar :

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (4.2)$$

$$F = w/g \cdot a$$

$$F = 63 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 15,27 \text{ m/s}^2$$

$$F = 98,064 \text{ N}$$

Besarnya daya yang akan ditransmisikan oleh poros ini adalah bergantung dari besarnya jenis usaha yang diperlukan dan juga besarnya jarak usaha yang dilakukan. Berikut adalah analisa yang dilakukan pada poros :

Besarnya gaya yang ditransmisikan sama dengan gaya yang diterima oleh *speed bump*, dengan jarak ketinggian *speed bump* sebesar 3 cm. Sehingga dapat dihitung :

$$W = F \cdot s \dots\dots\dots (4.3)$$

$$W = 98,064 \text{ N} \cdot 0,03 \text{ m}$$

$$W = 2,94 \text{ N.m}$$

$$W = 2,94 \text{ Joule}$$

Maka besarnya daya yang ditransmisikan adalah :

$$P = W/t \dots\dots\dots (4.4)$$

$$P = \frac{2,94 \text{ Joule}}{0,044 \text{ detik}}$$

$$P = 66,82 \text{ Watt}$$

Analisa besar daya mekanik

Asumsi : dalam sekali pijakan = 3 putaran pada *fly wheel* dan jika dalam 1 menit terjadi 8 kali pijakan, maka besar putaran yang terjadi adalah sebesar :

$$n = \text{putaran} \times \text{putaran per menit} \dots (4.5)$$

$$n = 3 \times 8$$

$$n = 24 \text{ rpm}$$

$$n = 24 \frac{\text{rotasi}}{\text{menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} \times \frac{2 \pi \text{ radian}}{1 \text{ putaran}}$$

$$n = 24 \times \frac{2 \pi r}{60}$$

$$n = 0,6283 \text{ rad/sekond}$$

maka dapat dihitung besarnya torsi yang terjadi adalah :

$$P = T \cdot n \dots \dots \dots (4.6)$$

$$T = \frac{P}{n}$$

$$T = \frac{66,82 \text{ Watt}}{0,6283 \text{ rad/det}}$$

$$T = 106,35 \text{ N.m}$$

Sehingga, besarnya daya mekanik yang terjadi adalah :

$$P_m = T \times n \dots \dots \dots (4.7)$$

$$P_m = 106,35 \text{ N.m} \times 0,6283 \text{ rad/detik}$$

$$P_m = 66,8 \text{ Watt}$$

Efisiensi daya yang terjadi pada prototipe ini adalah :

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100 \% \dots \dots (4.8)$$

Manfaat atau output yang didapatkan adalah sebesar 0,1589 Watt, diambil dari besarnya daya keluar dari generator. Sementara untuk daya modal atau input adalah sebesar 66,8 Watt diambil dari besarnya daya mekanik.

Sehingga,

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,1589 \text{ Watt}}{66,8 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi} = 0,024\% = 2,4$$

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Perancangan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik dalam bentuk prototipe ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe alat yang dirancang mempunyai dimensi panjang = 710 mm, tinggi = 325 mm, dan lebar = 410 mm. Prototipe ini dirancang dengan menggunakan besi siku sebagai kerangkanya dan susunan besi plat untuk rangkaian mesinnya.
2. Pengujian yang dilakukan sebatas untuk membuktikan bahwa alat konversi ini mampu bekerja dan menghasilkan listrik. Hasil uji coba yang dilakukan diketahui besarnya tegangan rata-rata yang terjadi dalam 10 kali pijakan sebesar 2,32 Volt dan dengan arus sebesar 0,068 Ampere. Daya yang dihitung berdasarkan pada tegangan yang terjadi adalah sebesar 0,1589 Watt. Efisiensi daya yang terjadi adalah sebesar 2,4.

5.2. Saran

Saran yang bisa diberikan sebagai kelanjutan perancangan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Pada perancangan perlu adanya perubahan pada sistem input gaya, yaitu penggunaan tangkai pemutarnya perlu dibuat sebuah mekanisme yang pada saat *speed bump* terinjak bisa menyentuh *freewheel* dan pada saat bebas, terlepas dari alur *freewheel*-nya. Sehingga putaran yang terjadi lebih maksimal.

2. Memperbaiki ukuran-ukuran komponen pada prototipe dengan ukuran yang disesuaikan dengan perancangan.
3. Perlu adanya penambahan alat ukur gaya agar pada saat pembebanan langsung diketahui besarnya gaya yang bekerja pada *speed bump*.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2014. "*Usaha, Gaya dan Daya*".

Asy'ari, H., Aris B., Agus M., 2013. "*Speed Bump Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Dan Terbarukan*". Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (Semantik 2013). Semarang.

Ismet, K. 2013. "*Hukum Newton*". <http://softilmu.blogspot.com/2015/02/Pengertian-Rumus-Bunyi-HukumNewton-1-2-3-adalah.html>. Diakses 12 Juni 2015, 01.57 WIB.

Ismet, K. 2013. "*Pengertian, Satuan dan Macam-macam Bentuk Energi*". <http://softilmu.blogspot.com/2015/01/Pengertian-BentukMacam-Satuan-Energi-Adalah.html>. Diakses 12 Juni 2015, 01.55 WIB.

Maulana, K. 2014. "*speed bump sebagai penghasil energi listrik*". <http://kokomaulana-st.blogspot.com/2014/07/speed-bump-sebagai-penghasil-energi.html>. diakses 7 Mei 2015.

Munadi, A. 2013. "*Naskah Publikasi, Pembangkit Listrik Tenaga Speed Bump Sebagai Sumber Energi Alternatif*". Uniersitas Muhammadiyah Surakarta.

Priandana, C W., Agus I G., Didik S P., dan Harus L G ., "*Rancang Bangun Electrical System Pada Speed Bump pembangkit Daya*". Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. ITS Sukolio, Surabaya.

Wiratsongko, T. 2013. "*Pengertian generator*". <http://catatansebelumwisuda.blogspot.com/2013/05/pengertian-generator.html>. diakses 20 mei 2015.