

RANCANG BANGUN ELECTRICAL SYSTEM PADA SPEED BUMP PEMBANGKIT DAYA

Ciptian Weried Priananda¹, Agus Indra Gunawan², Didik Setyo Purnomo³, Harus Laksana Guntur⁴

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS – ITS Sukolilo, Surabaya

¹mahasiswa teknik elektronika PENS-ITS

²dosen teknik elektronika PENS-ITS

³dosen teknik mekatronika PENS-ITS

⁴dosen teknik mesin ITS

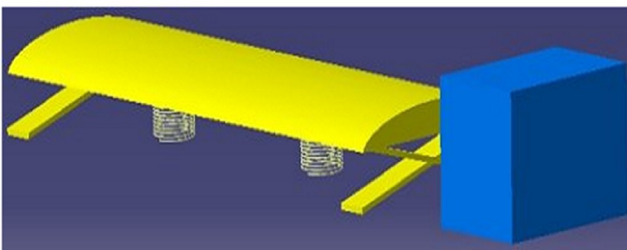
ciptian@student.eepis-its.edu

Abstrak~*Energy harvesters*, pencarian energi alternatif dari sumber energi yang mempunyai potensi namun sering diabaikan. Kebutuhan energi yang berbanding lurus dengan peningkatan eksponensial populasi umat manusia membuat manusia secara cepat harus beralih menuju sumber energi alternatif terbarukan. Riset *Energy Harvesters Speed Bump*, yang dilakukan oleh tim riset laboratorium desain, jurusan S1 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember dibawah bimbingan Dr Eng Harus Laksana Guntur, S.T.,M.Eng merupakan terobosan pemikiran bijak menghadapi krisis energi global yang menjadi isu panas. Pembangkitan energi listrik yang dihasilkan oleh *speed bump* pembangkit daya, salah satu produk tim riset laboratorium desain, mempunyai output karakteristik generator listrik yang fluktuaktif dan diskontinyu selain memang energi bangkitannya kecil, sehingga membuatnya sulit teregulasi dan disimpan. Maka dari itu diperlukan sistem penyimpanan energi listrik yang bisa meregulasi karakteristik output dari generator listrik, supaya bisa disimpan.

IC LTC3588, dari Linear Technology merupakan generasi IC harvester yang didalamnya terintegrasi sistem *switching mode buck converter*, membuat IC ini menjadi pilihan yang tepat untuk meregulasi tegangan fluktuaktif dengan efisiensi tinggi sebagaimana karakteristik sistem *switching power supply* yang mampu meregulasi tegangan input tanpa adanya panas yang terbuang seperti pada regulator linier lainnya. Proyek akhir ini menghasilkan rangkaian sistem elektrik yang bisa meregulasi tegangan, meskipun hasilnya masih belum akurat sesuai dengan yang diharapkan. Dan masih butuh pengembangan lebih lanjut agar rancang bangun sistem elektrik ini bisa benar-benar efektif digunakan sebagai media penyimpan energi dari sumber energi alternatif.

Kata kunci : *speed bump*, *generator pembangkit daya*, *IC LTC 3588*, *regulator*, *sistem elektrikal*, *sistem charge*

I PENDAHULUAN



Gambar 1. rancangan *speed bump* dengan pembangkit daya

Bila 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, mungkin dapat dihasilkan energi listrik dari sumber yang belum disadari sebelumnya.

Melihat peluang tersebut, sungguh bijak rekan-rekan tim riset dari jurusan S1 teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember dibawah asuhan Dr Eng. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng. selaku dosen yang fokus pada penelitian dibidang *harvesting energy*, membaca peluang tersebut kemudian merealisasikannya dalam sebuah produk penelitian dengan judul “Studi Awal Pengembangan *Speed Bump* Pembangkit Daya”.

Namun karena terkendala sistem penyimpanan energy yang belum bisa menampung energi terpanen tersebut yang dikemukakan tim riset kepada penulis, dan ketertarikan penulis kepada riset rekan-rekan dari jurusan S1 teknik Mesin maka terjalinlah kerjasama pembuatan rancang bangun *Electrical System* pada *Speed Bump* Pembangkit Daya untuk *speed bump* pembangkit daya yang dibuat rekan-rekan disana.

Berawal dari latar belakang tersebutlah, judul “Rancang Bangun *Electrical System* pada *Speed Bump* Pembangkit Daya” diajukan untuk dipertimbangkan sebagai judul proyek akhir untuk memperoleh gelar Amd di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya - ITS.

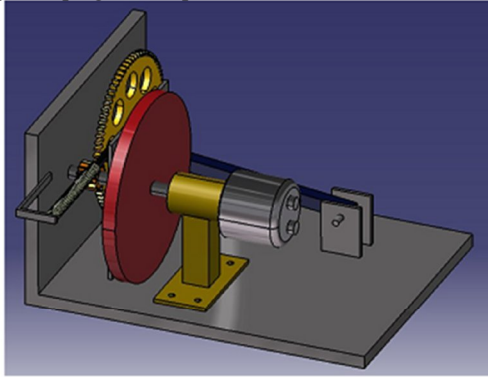
II TEORI PENUNJANG

Harvesting energy adalah pembahasan yang menarik mengingat energy sangat dibutuhkan manusia untuk menunjang aktivitas kehidupan. Dalam jurnal ilmiah “*Electricity from Traffic*” Dr Verma mengemukakan ide untuk membuat energi terbarukan sekaligus ramah lingkungan dengan memanfaatkan beban kendaraan yang melewati jalan raya [1]. Ide serupa dengan penggunaan *Piezoelectric* juga dikemukakan di Jerman, Inggris dan Jepang [2].

Kemudian dengan menganalisis material *Piezoelectric* itu melalui studi literatur, disimpulkan bahwa *Piezoelectric* adalah material sejenis *crystal* yang dapat menghasilkan energi listrik jika material ini mengalami perubahan tekanan

dan peregangan. Namun harga material ini tentu masih relatif mahal [3].

Dr Eng Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng dkk, dari tim riset jurusan S1 teknik mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember membuat prototipe serupa namun tidak menggunakan material *piezoelectric*. Dengan menggunakan desain mekanis yang mereka rancang sendiri, mereka mendapatkan variasi tegangan yang dihasilkan ketika prototipe mereka diujicoba [4]. Voltase yang dihasilkan adalah berkisar diantara range 1,6 volt sampai dengan 5.6 volt untuk prototipe generasi pertama.



Gambar 2 desain mekanik generator speed bump pembangkit daya

Keunggulan dari power supply switching adalah efisiensi daya yang lebih besar, jika dibandingkan dengan power supply yang menggunakan IC regulator jenis LM78xx. Efisiensi dari konverter switching jauh lebih baik karena pada power supply yang menggunakan LM78xx ataupun 79xx setiap kelebihan tegangan input yang masuk pada regulator akan diubah menjadi panas. Dari pemaparan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Switch Mode power supply adalah suatu metode current state yang menggunakan frekuensi tinggi untuk mencapai efisiensi tinggi dari suatu power supply, satu tingkat lebih maju dari metode power supply konvensional yang mempunyai tegangan berubah-ubah jika beban output variabel, sehingga secara praktis tidak efisien.

Kelebihan utama Switching power Supply adalah teknik switching mode power supply dengan mudah meregulasi tegangan agar konstan walaupun dengan beban output yang berubah-ubah, dengan cara mengubah duty cycle sehingga menghasilkan tegangan output yang bisa diatur. Pulse Width Modulation (PWM) adalah sinyal utama yang memberikan perintah, untuk mengendalikan tegangan, sekiranya terjadi perubahan beban pada output. Ia dapat bekerja dalam selang waktu singkat.

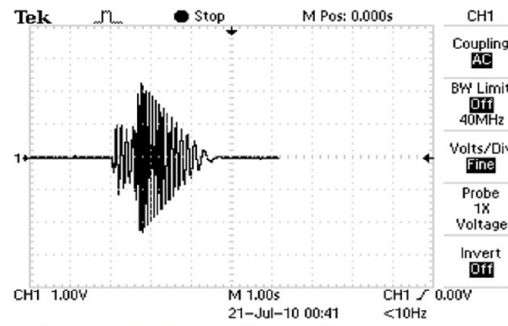
III METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam perancangan sistem elektrikal yang digunakan sebagai proyek akhir adalah dijelaskan seperti di bawah ini:

3.1 Pemahaman Materi

Pada tahap ini dilakukan upaya memahami materi analisis awal dari data yang telah dihimpun pada penelitian sebelumnya mengenai *speed bump* pembangkit daya, sebagai pegangan dalam perencanaan sistem elektrikal selanjutnya.

Output daya dari generator AC yang digunakan terlihat relatif kecil dan diskontinyu dengan waktu pembangkitan sekitar 2 detik dengan input pijakan kendaraan tunggal dengan jeda.



gambar 3 contoh data output generator *speed bump*

Pada gambar 3 diambil dengan variabel kecepatan kendaraan 10 km/jam dengan masa total objek yang melintasinya sebesar sebesar 1.084 kg, mobil honda jazz 2005. Dari keseluruhan data yang dihimpun didapat kesimpulan bahwa besarnya massa kendaraan dan kecilnya kecepatan kendaraan yang melintas adalah berbanding lurus dengan besarnya energi yang dibangkitkan oleh generator.

Contoh data diambil menggunakan generator sepeda dengan spesifikasi sebagai berikut

Tegangan	:	12V
Daya	:	3 W
Jumlah Lilitan	:	6000 lilitan
Kuat Medan Magnet	:	0,025 T
Luas Kumputan	:	31,42 cm ²
Putaran	:	125 rpm

Dalam tahap pembangkitan, energi yang dipanen relatif kecil, apabila mengacu contoh dari data percobaan sebagaimana terlihat pada gambar 3 dengan beban lampu yang bisa menyala redup, maka perhitungan daya maksimal yang berpotensi untuk disimpan adalah sebagai berikut ini

Tegangan Vpp	=	22 volt
Rumus	Vpp	= $\sqrt{2}$ Vrms
	Vrms	= 22/1,41
	Vrms	= 16,60 volt
Waktu	=	2,5 detik
Tahanan beban	=	sekitar 330 ohm
Arus maksimal	=	50,03 mA

Maka daya maksimal yang berpotensi bisa disimpan apabila diasumsikan sistem charge dan tahanan dalam baterai mencapai sekitar 330 ohm adalah sebagai berikut :

Rumus P	=	V I
	=	16,60 x 50,03mA
	=	830.498 miliWatt (kurang dari 1 Watt, relatif kecil)

Apabila mengacu pada data dan perhitungan di atas, dan dengan asumsi bahwa arus listrik yang dihasilkan bisa konstan

mencapai besaran nilai sekitar 50 mA tiap detik, maka dengan output V_{rms} sebesar 16,60 volt, dengan mengabaikan variable yang lain dan dalam kondisi yang benar-benar ideal, generator *speed bump* pembangkit daya mampu menyuplai sistem charge accumulator 12 volt, namun sangat lama untuk mencapai kondisi penuh, apabila digunakan accumulator dari pasaran dengan besar nilai kapasitas accumulator sebesar 5Ah, untuk mencari lama waktu pengisian accumulator 12 Volt 5 Ah, dapat diselesaikan dengan formula seperti ini:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai} &= \text{waktu} \times \text{arus} \\ 5000 \times 3600 &= \text{waktu} \times 50 \text{ mA} \\ \text{Waktu} &= 360.000 \text{ sekon} \\ &= \mathbf{100 \text{ JAM}} \end{aligned}$$



gambar 4 accumulator 12Volt - 5Ah

Atau dengan perhitungan jumlah tekanan pada mekanisme *speed bump*, apabila asumsi setiap kali perlintasan kendaraan yang berjalan di atas mekanisme pembangkit menghasilkan periode pembangkitan efektif selama 2 detik, maka untuk mengecharge accumulator hingga penuh diperlukan $360.000/2$ kendaraan, atau sekitar 180.000 kendaraan. Namun secara praktikal, nampaknya kondisi tersebut tidak mudah untuk dicapai. Mengingat sistem charge membutuhkan tegangan dan arus yang stabil untuk bisa mengecharge baterai, maka perlu didesain rangkaian sistem pengolah sinyal fluktuaktif dengan konsumsi daya rendah agar daya bangkitan *speed bump* yang relatif kecil bisa disimpan dengan efisien.

3.2 Pengambilan Data Generator

Data dari lapangan, pelintasan kendaraan



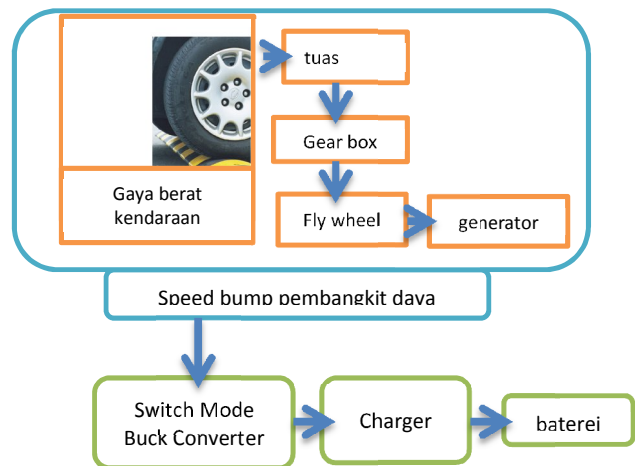
gambar 5 pengambilan data menggunakan mobil

Tabel 1 pengambilan data lapangan

No	Kondisi kecepatan (km/jam)	Vpp (volt)	Vrms (volt)
1	10	50	35,49
2	10	40	28,37
3	10	50	35,49
4	15	50	35,49
5	15	50	35,49
6	15	30	21,27
7	20	20	14,18

3.3 Perancangan sistem elektrikal

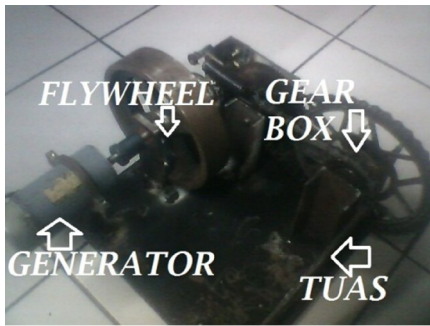
Pada tahap ini, setelah mengetahui karakteristik output dari generator *Speed Bump*, kecil fluktuaktif dan diskontinyu, maka perancangan dimulai dengan mencari PWM controller dan atau IC harvester maupun komponen-komponen yang menunjang dengan range kerja sesuai dengan karakteristik output generator *Speed Bump*. Pencarian, pengkajian dan pembelajaran karakteristik komponen yang sesuai memungkinkan membutuhkan waktu yang lama dalam pemahamannya.



gambar 6 konfigurasi sistem

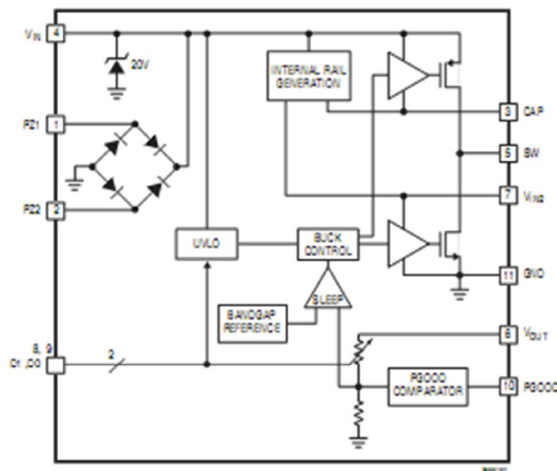
Konfigurasi sistem adalah dimulai dari ide dasar konversi energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain, dalam hal ini energi mekanik menjadi energi listrik.

Energi mekanik yang terdiri dari energi potensial dan kinetik dari kendaraan yang melintasi *speed bump* menghasilkan tekanan yang menekan *speed bump* yang menyebabkan terjadinya gerak translasi vertikal, gerak translasi vertikal kebawah inilah yang kemudian diubah menjadi gerak rotasi yang dihubungkan dengan generator listrik pembangkit daya. Dengan pengambilan data generator dan analisis terhadap karakteristik daya yang dibangkitkan, dirancang sistem elektrikal berupa regulator dan charge yang kemudian diumpungkan untuk disimpan dalam baterai.



gambar 7 mekanisme generator pembangkit daya

Setelah perancangan selesai, dan penentuan komponen yang digunakan sudah diputuskan. Maka dilakukan pembelian dan pembuatan sistem elektrikal, meliputi pendesaian PCB, pengetchingan PCB, penyolderan dan pengecekan rangkaian.



gambar 8 skematik internal LTC3588

Setelah perancangan rangkaian elektrikal berupa rangkaian regulator buck konverter menggunakan IC LTC3588 dibuat, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sistem elektrikal.



gambar 9 hardware sistem elektrikal

3.4 Pengujian

Pengujian menggunakan generator *speed bump* mengalami kendala karena alat uji menggunakan generator

telah direkonstruksi menggunakan motor DC yang difungsikan terbalik menjadi generator pembangkit daya dengan keluaran DC dengan output hanya berkisar antara 5-10 Volt DC, tidak menggunakan generator sepeda sebagaimana data awal sebelum perencanaan sistem diambil, namun berhubung rangkaian sistem elektrikal memang secara teoritis mempunyai ambang kerja dengan tegangan input 2,7 Volt sampai dengan 20 Volt, dengan pertimbangan input arus maksimal yang bisa ditolerir sistem elektrikal adalah 50 mA, maka pengambilan data bisa dilanjutkan.

3.5 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan generator *Speed Bump* Pembangkit Daya dari jurusan S1 teknik mesin ITS. Data dibawah ini adalah tabel yang diambil dari pengujian menggunakan generator pembangkit daya, dengan tegangan di set 3.6 volt. namun hasilnya output yang tergulasi ternyata belum memenuhi harapan, output arus yang terdeteksi sangat kecil, hanya berkisar 1-2mA.

Tabel 2 hasil pengujian

Pengambilan data ke	Output (Vdc)	Keterangan nyala led
1	3	Lampu redup sekali
2	3,2	Lampu redup sekali
3	2,8	Lampu redup sekali
4	3	Lampu redup sekali
5	3	Lampu redup sekali
6	2,8	Lampu redup sekali
7	3	Lampu redup sekali
8	3	Lampu redup sekali
9	2,8	Lampu redup sekali
10	3	Lampu redup sekali
11	3,1	Lampu redup sekali
12	2,8	Lampu redup sekali
13	3	Lampu redup sekali
14	3	Lampu redup sekali
15	3	Lampu redup sekali

IV ANALISIS

Untuk serangkaian data yang dihimpun dari sistem elektrikal penyimpanan energi, dapat dianalisis bahwa regulator

bekerja sebagaimana mestinya yaitu menyetabilkan tegangan fluktuatif input menjadi tegangan yang stabil disisi output, dengan adanya fitur UVLO yang disediakan oleh IC LTC3588 sebenarnya tenggang waktu dikeluarkannya tegangan dan arus menjadi semakin lama. Jika output pada regulator langsung diberikan beban berupa lampu led, lama waktu led menyala cukup singkat yaitu berkisar antara 1 detik sampai dengan 2 detik, namun keredupan yang ada pada waktu penyalan lampu LED mengindikasikan bahwa arus yang keluar tidaklah cukup besar. Kurang besar apabila dibandingkan dengan kapasitas baterai yang harus dipenuhi. Hal ini disebabkan karena sinyal bangkitan lebih rendah daripada data sebelumnya yang dihimpun.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui metodologi yang digunakan dalam perancangan sistem elektrikal pada *speed bump* pembangkit daya dan serangkaian data yang didapatkan kemudian dianalisis, maka dapat ditarik kesimpulan untuk proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain *speed bump* pembangkit daya menghasilkan output daya yang relatif kecil, sekitar kurang dari 1 watt selama dua detik setiap kali penginjakan kendaraan.
2. Untuk pembuatan sistem charge diperlukan regulator tegangan yang membuat tegangan input untuk sistem charge lebih besar daripada tegangan storage (baterai) yang akan diisi. Hal ini untuk memungkinkan arus listrik terus mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah, dari regulator menuju baterai sehingga memungkinkan sistem charge bisa terus mengisi storage yang dipasang.
3. Pengujian menggunakan generator listrik yang digunakan pada *speed bump* yang telah direkonstruksi, tidak cukup sesuai dengan hasil yang diset sebagaimana tabel 2.
4. Pembuatan proyek akhir dengan judul “Rancang Bangun *Electrical System* pada *Speed Bump* Pembangkit Daya” belum sesuai dengan harapan. Indikator nyala LED yang digunakan pada sistem charge tidak mampu menyala, sehingga mengindikasikan bahwa sistem charge belum dapat bekerja sebagaimana mestinya.
5. Apabila dipaksakan sistem regulator langsung diumpankan kedalam rangkaian charge, dengan arus yang sangat kecil, maka untuk pengisian baterai AA akan dibutuhkan waktu yang sangat lama.
6. Sistem charge pada *speed bump* pembangkit daya belum bisa diimpelentasikan, dikarenakan daya yang dihasilkan oleh *speed bump* fluktuatif diskontinyu dan relatif kecil sehingga daya output pada regulator yang bisa diumpankan pada rangkaian charge juga sangat kecil.

5.2 Saran

Berikut ini rumusan saran guna penelitian dan perancangan sistem *harvesting energy* lebih baik kedepan.

1. Untuk riset pembuatan *speed bump* pembangkit daya, lebih baik jika desain mekaniknya memperbaiki sistem flywheel, karena dengan semakin lamanya energi tersimpan dalam mekanik menyebabkan putaran generator pembangkit semakin lama berputar, apabila karakteristik bisa dibuat kontinyu maka akan mengurangi energi transient yang diperlukan sewaktu pertama kali mengaktifkan sistem penyimpanan pertama kali.
2. Diperlukan perbaikan generator listrik yang dipasang pada *speed bump* pembangkit daya, berupa pencarian generator yang memang didesain khusus sebagai pembangkit listrik skala mikro, hal ini untuk mengurangi tingkat kehilangan efisiensi energi dari perubahan energi mekanik *speed bump* menjadi energi listrik yang dikonversi oleh generator pembangkit.
3. Untuk penelitian dan riset dibidang penyimpanan energi listrik dari sumber energi yang fluktuatif dan kecil, diperlukan metode lain untuk meregulasi tegangan input menjadi tegangan output yang lebih stabil dan arus output yang lebih besar agar memungkinkan sistem charge bisa difungsikan secara efektif.
4. Riset akan terus berlanjut.....

Daftar Pustaka

- [1] Verma S S, DR, 2010, “*Electricity from Traffic*”, Department of Physic. Punjab.
- [2] <http://www.news.softpedia.com>, “*The East Japan Railway Company*”, Nopember 2010.
- [3] <http://www.wikipedia.com>, “*Piezoelectric*”, Nopember 2010
- [4] LG, Harus, dkk, 2010, “*Studi Awal Pengembangan Speed Bump Pembangkit Daya*” Seminar Tahunan Nasional Teknik Mesin ke-9, Palembang.
- [5] <http://tf.ugm.ac.id>, Januari 2011
- [6] www.rincon-mora.com/research, Mei 2011
- [7] <http://onsemi.com>, Mei 2011
- [8] <http://www.topraysolar.com>, Mei 2011
- [9] <http://www.globalsolar.com>, Mei 2011
- [10] <http://www.linear.com>, Maret 2011
- [11] Jatmiko Adi M., “*Teknik Pemakaian Battery untuk Memperpanjang Masa Operasi Sepeda Motor Listrik*”, Proyek Akhir 2006.
- [12] Amrullah, Fikri, “*Rancang Bangun Sistem Pengisian BatteryCharger pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*”, Proyek Akhir 2007
- [13] Y C Shu and I C Lien, “*Analysis of Power output for piezoelectric energy harvesting systems*”, Institute of Applied Mechanics, National Taiwan University, Taipei, September 2006.
- [14] Dikman H, Slascha “*Rancang bangun AC to DC Converter Resonansi Seri dengan Isolasi terhadap Frekuensi Tinggi*”, Proyek Akhir 2007
- [15] Saiful Anwar, Moh “*Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik*”, Proyek Akhir PENS – ITS 2007
- [16] Eko Haris Siswanto, “*Rancang Bangun AC-DC Konverter*”, Proyek Akhir PENS -ITS 2004
- [17] Anonim “*Switching Regulator*”, Desember 2010.