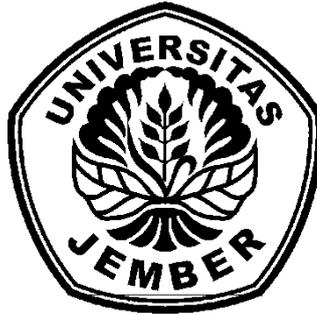


ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMARY
PENELITIAN HIBAH BERSAING



RANCANG BANGUN Pengereman Regenerative (KERS)
PADA MOBIL LISTRIK UNIVERSITAS JEMBER

Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun

TIM PENGUSUL

Dr. Triwahju Hardianto, ST. MT.	NIDN. 0026087001
Hary Sutjahjono, ST. MT.	NIDN. 0005126806
Dedi Dwilaksana, ST. MT.	NIDN. 0001126909

UNIVERSITAS JEMBER
NOVEMBER 2014

RANCANG BANGUN Pengereman Regenerative (KERS) pada Mobil Listrik Universitas Jember

Peneliti : Triwahju Hardianto¹, Hari Sutjahjono², Dedy Dwilaksana²
Dosen Terlibat : Hari Arbiantara², M. E. Ramadhan²
Mahasiswa Terlibat : Sugeng Arief W.², Erfandi Carera¹
Sumber Dana : BOPTN Tahun 2014
Sumber Dana Kerjasama : ---

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

ABSTRAK

Pada penelitian tahun kedua, ditujukan pada aplikasi sistem pemulihan menggunakan energi kinetik pada prototipe KERS mobil listrik sebagai penunjang sistem pengisian baterai. Pemilihan sistem pemulihan menggunakan energi kinetik (KERS) dapat terapkan pada mobil listrik Universitas Jember. Aplikasi KERS diharapkan dapat meningkatkan performa sistem pengereman dan dapat meningkatkan jarak tempuh mobil listrik dengan adanya sistem regeneratif pada pengisian baterai dengan menggunakan KERS.

Pada tahun kedua setelah dilakukan percobaan pengisian baterai dari detik 15 sampai 70 terlihat bahwa pengisian dilakukan dengan menjalankan sistem KERS dengan tegangan generator yang lebih besar yaitu 15 volt dan tegangan baterai 10 volt hal ini merupakan syarat terjadinya perpindahan energi karena tegangan generator yang lebih besar dibandingkan tegangan baterai.

Dalam perhitungan energi listrik yang dihasilkan adalah diperoleh dengan nilai 389,47 Joule pada saat seting tegangan input 220 V, 410,53 Joule pada saat seting tegangan input 210 V, 559,44 Joule pada saat seting tegangan input 200 V, 412,05 Joule pada saat seting tegangan input 190 V, 294,32 Joule pada saat seting tegangan input 180 V. Sehingga dapat disimpulkan bahwa energi yang ditransfer adalah berkisar antara 294 Joule sampai 550 Joule.

Kata Kunci : KERS, CVT, Flywheel, Clutch, Energi Kinetik

RANCANG BANGUN Pengereman Regenerative (KERS) pada Mobil Listrik Universitas Jember

Peneliti : Triwahju Hardianto¹, Hari Sutjahjono², Dedy Dwilaksana²
Dosen Terlibat : Hari Arbiantara², M. E. Ramadhan²
Mahasiswa Terlibat : Sugeng Arief W.², Erfandi Carera¹
Sumber Dana : BOPTN Tahun 2014
Sumber Dana Kerjasama : ---
Kontak Email : triwahju@gmail.com
Diseminasi : Seminar Nasional Energi Tahun 2013,
Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada
Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Jember

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

Executive Summary

Perkembangan mobil listrik saat ini berlangsung sangat pesat. Hal ini sebagai akibat dari cadangan bahan bakar minyak (BBM) yang mulai menipis dan keinginan untuk menciptakan lingkungan ramah melalui penurunan emisi gas buang. Namun dalam prosesnya, mobil listrik memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah pada sistem pengereman dan sistem pengisian baterai. Sistem pengereman pada mobil listrik tidak menggunakan bantuan mesin (*Engine braking*), sehingga beban pada lining brake dan roda menjadi meningkat. Sedangkan kendala pada sistem pengisian baterai adalah belum adanya proses regeneratif charging pada baterai yang dapat membuat ketahanan daya baterai meningkat sehingga jarak tempuh dari mobil listrik meningkat.

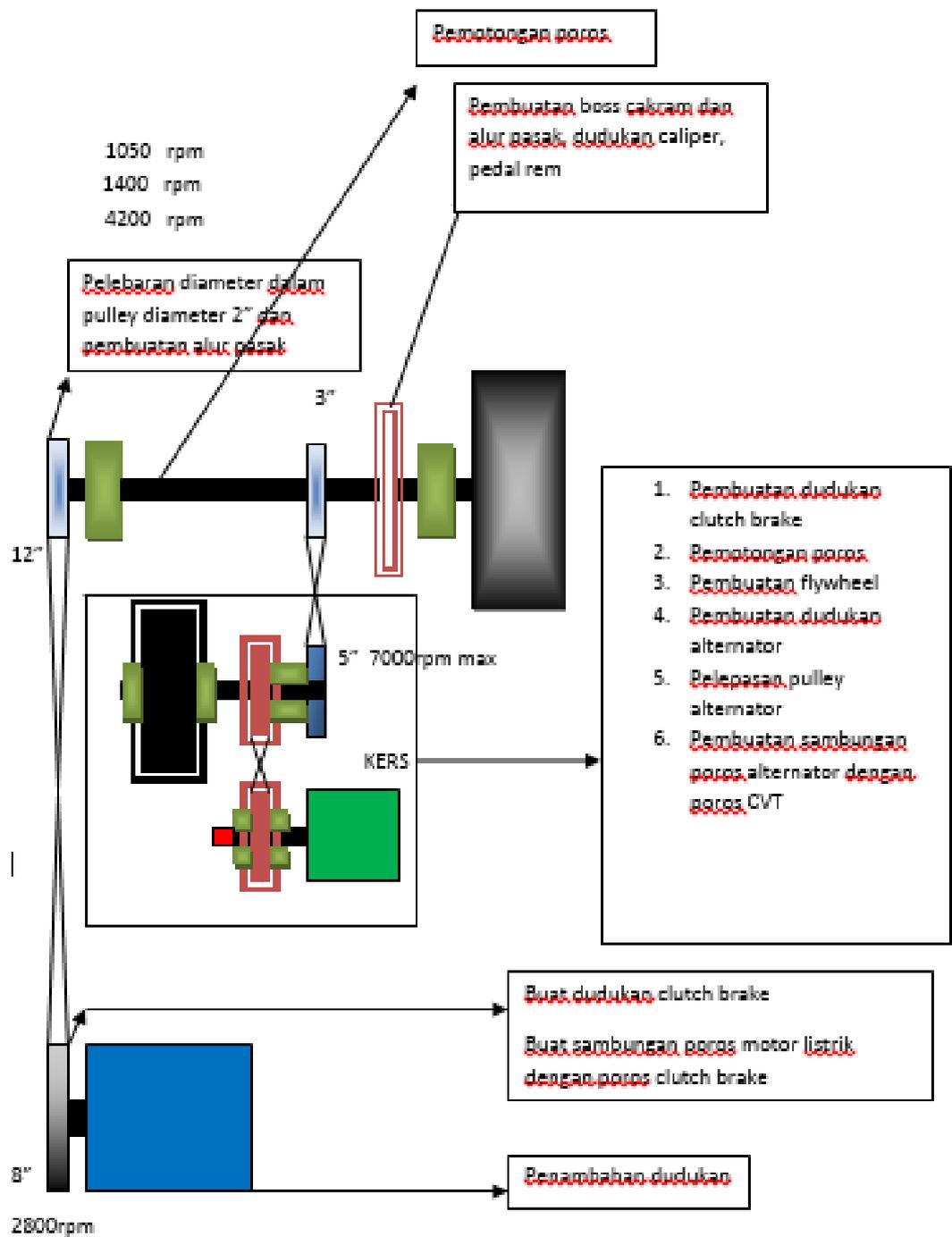
Sistem KERS adalah proses pemanfaatan energi kinetik pada kendaraan yang terjadi pada saat pengereman (deceleration) untuk digunakan atau disimpan untuk siap digunakan pada saat melakukan acceleration. Pada mobil listrik energi ini akan digunakan sebagai sistem pengisian pada baterai. Penelitian mengaplikasikan sistem pemulihan menggunakan energi kinetik/kinetic energy recovery system (KERS) pada mobil listrik Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan dalam 2 tahun. Penelitian tahun pertama ditekankan pada aplikasi

sistem pemulihan menggunakan energi kinetik pada mobil listrik sebagai penunjang sistem pengereman. Sedangkan penelitian tahun kedua ditujukan pada aplikasi sistem pemulihan menggunakan energi kinetik pada mobil listrik sebagai penunjang sistem pengisian baterai.

Perkembangan teknologi otomotif yang begitu pesat telah menuju ke arah terciptanya teknologi KERS (*Kinetic Energy Recovery System*). KERS adalah perangkat untuk menyimpan energi kinetik dan dimanfaatkan kembali untuk menambah akselerasi kendaraan. Penyimpanan energi kinetik dilakukan dengan cara mengkonversikan energi pengereman menjadi energi kinetik pada roda berputar atau saat terjadi pengereman. Energi ini kemudian disimpan dalam baterai, pegas atau *flywheel*. Pada prinsipnya teknologi KERS terbagi menjadi dua yaitu sistem elektro-mekanis dan full-mekanis. Sistem elektro-mekanis adalah sistem KERS yang menyimpan energi kinetik hasil pengereman dengan cara memutar poros generator yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan di baterai/kapasitor. Sistem yang kedua adalah full-mekanis dengan menggunakan *flywheel* sebagai tempat penyimpanan energi. Gambar rencana instalasi KERS sebagai *regeneratif breaking* pada mobil listrik Universitas Jember ditunjukkan seperti pada gambar 1.

Secara umum sistem pembangkitan energi pada regeneratif breaking dapat dijabarkan sebagai berikut:

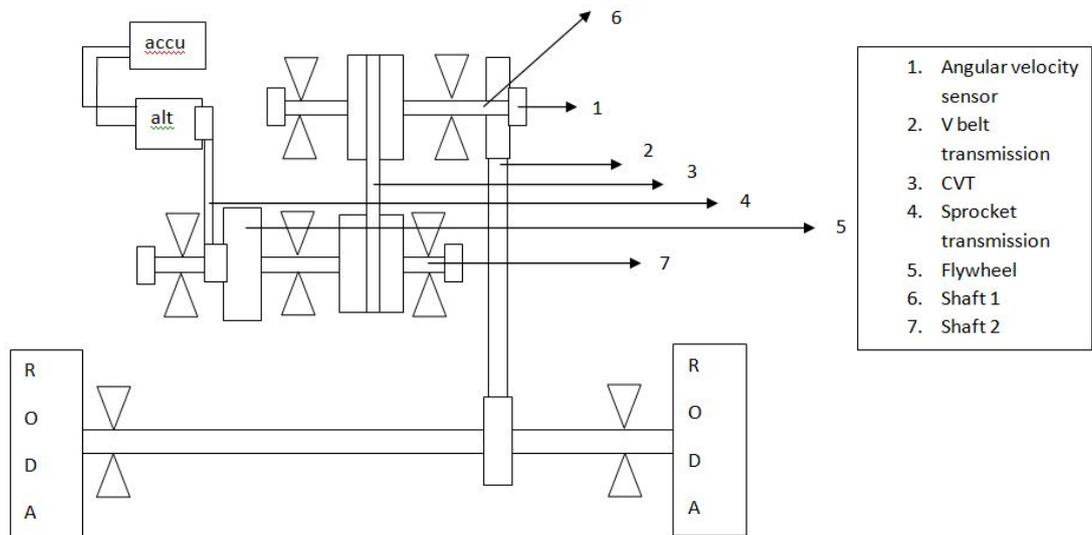
1. *Gear train* (roda gigi penghubung) berfungsi untuk meneruskan energi kinetik mobil listrik
2. Motor generator berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi induksi bangkitan yang akan digunakan untuk sistem pengisian baterai
3. CVT (*Continuous Variable Transmission*), untuk menjaga agar putaran yang dihasilkan pada generator relatif tetap, tetapi tetap menghasilkan percepatan pada *flywheel*.
4. *Flywheel Modul*, untuk menjaga agar proses pengisian baterai mampu berlangsung lebih stabil.
5. MCU (*Micro Controller Unit*), alat kendali untuk melakukan cut off apabila terjadi induksi atau putaran yang berlebihan atau sistem pengisian sudah tidak diperlukan.



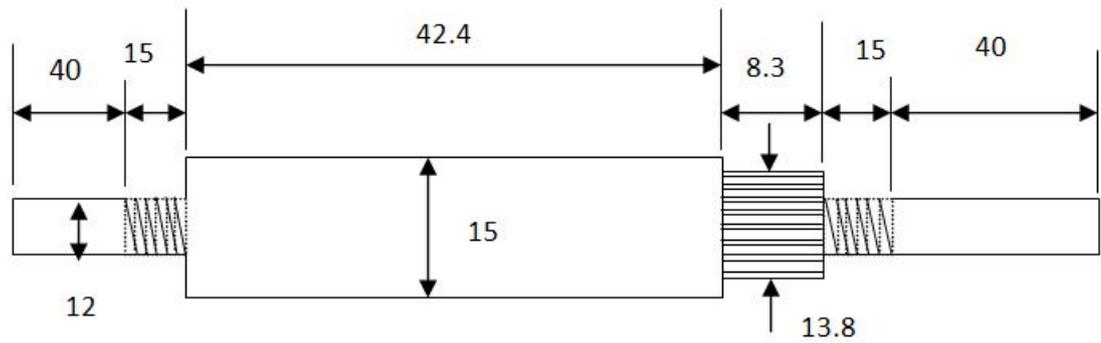
Gambar 1. Instalasi KERS sebagai *regeneratif breaking* pada mobil listrik Universitas Jember.

Penelitian ini direncanakan dapat terselesaikan selama 2 tahun dengan 8 bulan waktu efektif kerja per tahun. Penelitian tahun pertama di tekankan pada rancang bangun sistem pengereman regeneratif/*regeneratif braking*. Sedangkan penelitian tahun kedua ditujukan pada rancang bangun sistem pengisian baterai mobil listrik dengan memanfaatkan energi dari sistem pengereman regeneratif. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Maret 2013 sampai dengan Desember 2014.

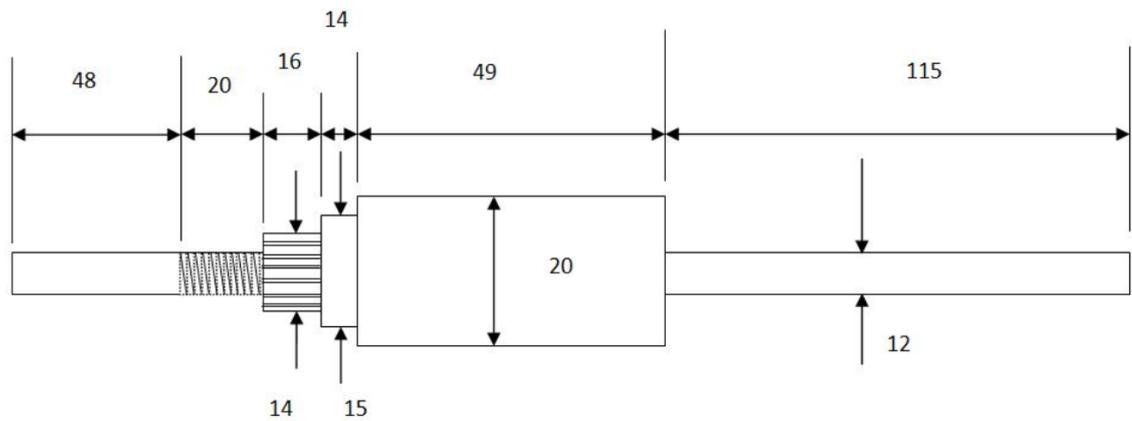
Hasil pekerjaan yang sudah dilaksanakan adalah tahap identifikasi pembelian bahan, pembuatan rangka untuk kerja bangku yang kemudian dilanjutkan dengan perakitan/assembly, pengambilan data dan analisa data. Gambar 2 dibawah adalah disain KERS tahun kedua dimana saat roda digerakkan maka CVT akan bergerak dengan transmisi V belt. Saat kecepatan rendah, CVT tidak akan menggerakkan flywheel dan saat kecepatan tinggi, maka CVT akan menggerakkan flywheel dan memutar generator melalui sprocket sehingga menghasilkan tegangan yang digunakan untuk menghasilkan tegangan generator. Pada gambar 3 adalah dimensi shaft poros atas dan gambar 4 adalah dimensi shaft poros bawah.



Gambar 2 Disain Tahun Ke dua



Gambar 3 Shaft Poros Atas



Gambar 4 Shaft Poros Bawah

Prinsip kerja dari sistem yang dibuat adalah dengan memutar roda mobil dengan bantuan clutch dan kopling sebagai simulasi dari mobil sebenarnya yang digerakkan oleh motor induksi 1 fasa dengan sumber dari avr (automatic voltage regulator) pada tegangan antara 180 V sampai dengan 220 Volt. Simulasi saat roda berputar dinyatakan dengan coil clutch diberikan tegangan listrik 12 Volt dc. Setelah roda berputar, clutch dalam posisi on, hal ini menunjukkan sistem dalam posisi pengereman sehingga terjadi transfer energi kinetik dari roda mobil kedalam flywheel. Saat flywheel dalam posisi berputar, maka energi kinetik ini dimanfaatkan untuk memutar generator.

Pada pengambilan data set point regulator terhadap putaran input, flywheel dan generator dilakukan dalam 5 kali pengambilan data. Masing-masing set point regulator 220, 210, 200, 190 dan 180 diambil 5 kali data ulangan dan selanjutnya dihitung rata-ratanya. Hasil perhitungan rata-rata masing-masing set point diberikan pada tabel 1.

Langkah berikutnya adalah mencari rasio tegangan dan kecepatan sensor dengan melakukan kalibrasi sensor putaran adaptor (input) dan kalibrasi sensor putaran (output). Kalibrasi sensor putaran input dilakukan dengan mengambil data tegangan input sensor sebanyak 7 kali pengambilan data seperti pada tabel 2 dan kalibrasi sensor putaran output dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 7 kali seperti pada tabel 3.

. Tabel 1 Kesimpulan Data Putaran

Set point (volt)	input(rpm)	flywheel(rpm)	generator (rpm)
220	3979.4	3090.4	6011.4
210	3858.6	2655.8	5439.6
200	3817.2	2566.4	5363.6
190	3679.4	2253.2	4772.2
180	3266	517.2	1039.2

Tabel 2 Karakteristik sensor putaran kalibrasi sensor putaran adaptor (input)

Set point adaptor (volt)	point 1	point 2	point 3	point 4	point 5	point 6	point 7	rata-rata
3	2.829	2.88	2.881	2.882	2.883	2.882	2.884	2.874429
6	5.06	5.07	5.08	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07
7.5	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.28	6.28	6.287143
9	9.06	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.04	9.05
12	12.28	12.28	12.28	12.27	12.27	12.28	12.26	12.27429

Tabel 3 Karakteristik sensor putaran kalibrasi sensor putaran (output)

Set point adaptor(volt)	point 1	Point 2	point 3	point 4	point 5	point 6	point 7	rata-rata
3	3310	3311	3313	3311	3312	3313	3311	3311.571
6	5931	5938	5931	5929	5932	5930	5929	5931.429
7.5	7300	7303	7302	7301	7300	7303	7302	7301.571
9	10130	10135	10133	10135	10130	10130	10131	10132
12	12683	12682	12681	12601	12608	12607	12604	12638

Tabel 4 Ratio tegangan dan kecepatan sensor

Tegangan (volt)	Kecepatan (rpm)
2.87	3311.57
5.07	5931.42
6.28	7301.57
9.05	10132
12.27	12638

Tabel 4 adalah hasil rasio tegangan dan kecepatan sensor yang berikutnya dinyatakan dalam tegangan terhadap kecepatan dan diperoleh rumus angular velocity dari sensor velocity yaitu angular velocity $y = 991.13x + 817.95$ dimana x adalah nilai tegangan sensor. Dari hasil karakteristik tegangan dan arus maka dapat diperoleh dengan mudah rasio penempatan sensor pada bagian input, sentrifugal clutch, flywheel dan generator masing-masing diperoleh 1, 0.83, 4.16, dan 2.083 seperti pada tabel 5.

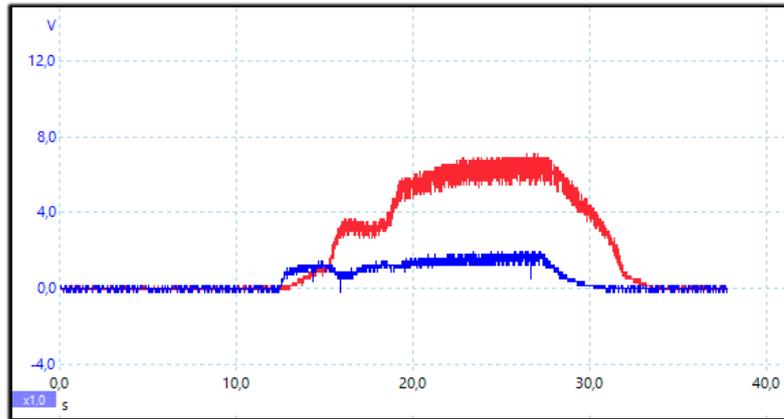
Tabel 5 Ratio penempatan sensor

N	Penempatan	Diameter	Rasio
N1	input	12	1
N2	centriufugal clutch	10	0,83
N3	flywheel	50	4,16
N4	generator	25	2,083

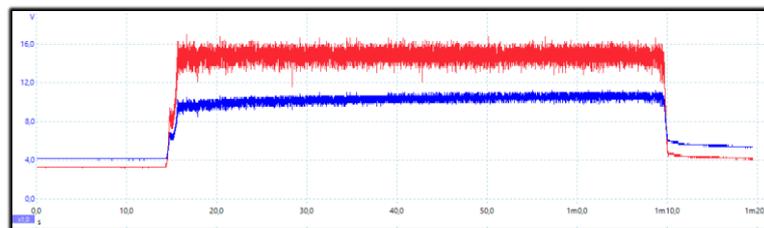
Pada gambar 5 dengan seting tegangan input 210 V diperoleh data pada saat detik 13-15 nilai tegangan generator lebih kecil dari pada tegangan baterai karena poros CVT yang terhubung dengan flywheel belum bekerja. Pada saat kecepatan tinggi maka flywheel mulai bekerja sampai dengan detik ke 27 kemudian seting input dimatikan sehingga pada detik ke 27 sampai detik ke 33 energi kinetik flywheel di transfer selama 6 detik dari generator ke baterai.

Pada gambar 6 dilakukan percobaan pengisian baterai dari detik 15 sampai 70 terlihat bahwa pengisian dilakukan dengan menjalankan sistem KERS dengan tegangan generator yang lebih besar yaitu 15 volt dan tegangan baterai 10 volt hal ini merupakan syarat terjadinya perpindahan energi karena tegangan generator yang lebih besar dibandingkan tegangan baterai.

Perhitungan Energi listrik yang dihasilkan adalah diperoleh pada tabel 6 dengan nilai 389,47 Joule pada saat seting tegangan input 220 V, 410,53 Joule pada saat seting tegangan input 210 V, 559,44 Joule pada saat seting tegangan input 200 V, 412,05 Joule pada saat seting tegangan input 190 V, 294,32 Joule pada saat seting tegangan input 180 V. Sehingga dapat divariasikan bahwa energi yang ditransfer adalah berkisar antara 294 Joule sampai 550 Joule.



Gambar 5 Seting Tegangan input 220 V



Gambar 6 Pengisian baterai

Tabel 6 Tegangan dan Arus Pengisian Baterai

V input (Volt)	V baterai (Volt)	Arus Baterai (Ampere)	Waktu Flywheel (detik)	Energi Listrik (Joule)
220	14,82	4,38	6	389,47
210	14,81	3,96	7	410,53
200	14,80	4,2	9	559,44
190	14,79	3,98	7	412,05
180	14,79	3,98	5	294,32

Setelah dilakukan percobaan pengisian baterai dari detik 15 sampai 70 terlihat bahwa pengisian dilakukan dengan menjalankan sistem KERS dengan tegangan generator yang lebih besar yaitu 15 volt dan tegangan baterai 10 volt hal ini merupakan syarat terjadinya perpindahan energi karena tegangan generator yang lebih besar dibandingkan tegangan baterai.

Dalam perhitungan energi listrik yang dihasilkan adalah diperoleh dengan nilai 389,47 Joule pada saat seting tegangan input 220 V, 410,53 Joule pada saat seting tegangan input 210 V, 559,44 Joule pada saat seting tegangan input 200 V, 412,05 Joule pada saat seting tegangan input 190 V, 294,32 Joule pada saat seting tegangan input 180 V. Sehingga dapat disimpulkan bahwa energi yang ditransfer adalah berkisar antara 294 Joule sampai 550 Joule.