

RANCANG BANGUN ALAT SISTEM PEMULIHAN ENERGI KINETIK (KERS) UNTUK PENGISIAN ENERGI PADA BATERAI MOBIL LISTRIK (DESIGN OF KINETIC ENERGY RECOVERY SYSTEM (KERS) FOR BATTERY CHARGING ON ELECTRIC CARS)

Erfandi Carera, Triwahju Hardianto, Hary Sutjahjono
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: erfandic@gmail.com

Abstrak

Perkembangan mobil listrik saat ini berlangsung sangat pesat. Namun dalam prosesnya, mobil listrik memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah pada sistem *Recovery Energy* pada pengisian baterai. Sistem pemulihan energi kinetik atau *Kinetic Energy Regenerative System* adalah sebuah sistem penyimpanan energi yang memanfaatkan energi kinetik yang terbuang saat terjadi putaran tinggi pada *Flywheel*. Pada penelitian ini dibuat prototipe *KERS* dengan motor listrik sebagai penggerak utama menggantikan roda pembeban yang ada pada mobil listrik. Dari penelitian ini diharapkan memperoleh daya tambahan pada baterai dan mengetahui efisiensi perangkat pengisi daya. Pengambilan data menggunakan Tachometer, sensor Arus ACS712 dan Sensor Tegangan. Pengujian ini dilakukan dengan 6 variasi set Tegangan pada AVR, yaitu 170 V hingga 220 V. Dari penelitian dengan set tegangan 220 V, didapatkan besar energi kinetik dan daya tambahan pada baterai yaitu 4931,1 J dan 1,794 W. Sedangkan untuk efisiensi terbesar terjadi pada set Tegangan 220 V, yaitu 1,38 %. Hal ini menandakan bahwa semakin besar Energi Kinetik yang di hasilkan, maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan.

Kata Kunci : prototipe *KERS*, tachometer, ACS712, sensor tegangan

Abstract

The development of electric cars is currently taking place very rapidly. But in the process, an electric car has some constraints. These constraints are on Energy Recovery System on battery charging. Kinetic energy recovery system is an energy storage system that utilizes kinetic energy is wasted during a high rotation on Flywheel. In this research a prototype *KERS* electric motor as the prime mover replace the existing wheels on electric cars. This research is expected to obtain additional power to the battery and knowing the efficiency of the charging device. Collecting data using a tachometer, sensor ACS712 and Voltage Sensors. The test is performed by six sets of variations on the AVR voltage, 170 V to 220 V. From research to set a voltage of 220 V, obtained large kinetic energy and additional power to the battery that is 4931.1 J and 1.794 W. As for greatest efficiency occurs at set voltage 220 V, which is 1.38%. This indicates that the greater the kinetic energy that is produced, the greater the voltage and current is generated.

Keywords : prototype *KERS*, tachometer, ACS712, Voltage sensors

PENDAHULUAN

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 *Recovery Energy* pada pengisian baterai. Sistem pemulihan energi pada mobil listrik tidak menggunakan bantuan mesin (*Engine braking*), melainkan menggunakan energi kinetik yang kemudian di konversi menjadi energi listrik. Sedangkan kendala pada sistem pengisian

baterai adalah belum tercapainya kecepatan tinggi pada mekanisme *KERS* untuk menghasilkan energi kinetik pada flywheel, sehingga terjadi proses *charging* pada baterai yang dapat membuat ketahanan daya baterai meningkat.

Sistem pemulihan energi kinetik atau *Kinetic Energy Regenerative System* adalah sebuah sistem penyimpanan energi yang memanfaatkan energi kinetik yang terbuang saat terjadi putaran tinggi pada *flywheel* [2]. Semua energi yang terbuang dihasilkan oleh *lining brake* dan roda. Energi putaran komponen *lining brake* dan roda itulah yang nantinya dimanfaatkan lagi untuk mengisi baterai dan

menjalankan mobil listrik sehingga daya pada baterai bertambah.

Penyimpanan energi listrik ke baterai dilakukan dengan cara mengkonversikan energi kinetik menjadi energi listrik dengan mentransmisikan energi kinetik melalui transmisi rantai ke alternator sehingga menghasilkan tegangan pengisian. Energi inilah yang nantinya disimpan dalam baterai. Pada prinsipnya teknologi KERS terbagi menjadi dua yaitu sistem elektro-mekanis dan full-mekanis. Pada penyusunan skripsi ini menggunakan sistem elektro-mekanis (Elektrikal). Sistem Elektrikal adalah sistem KERS yang menyimpan energi kinetik hasil putaran *flywheel* dengan cara memutar poros Alternator yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan di baterai/ kapasitor. Sistem elektrikal ini bekerja dengan memutar poros Alternator yang menghasilkan tegangan, arus listrik dan power untuk disimpan di baterai. Energi kinetik yang dihasilkan pada *System KERS* akan berbeda pada setiap perubahan kecepatan putar yang diterima *flywheel* dari CVT. Hal ini menyebabkan putaran Alternator akan berbeda sehingga mempengaruhi besar tegangan, dan power, maka pada penelitian ini akan merancang alat sistem pemulihan Energi Kinetik sebagai pengisi energi pada baterai, sehingga proses pengisian baterai dapat menggambarkan bagaimana karakteristik pengisi daya ini. Pada penelitian ini juga diharapkan untuk mengetahui pertambahan daya yang diserap oleh baterai serta efisiensi perangkat tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

KERS (Kinetic Energy Recovery System)

Teknologi KERS sudah diaplikasikan pada sepeda oleh ChenghanLi dengan menggunakan prinsip putaran roda [3]. Aplikasi KERS pada sepeda menggunakan sistem full mekanis dengan penyimpanan energy berupa torsi pegas. Energi kinetik dari putaran roda akan diteruskan ke torsi pegas melalui sistem CVT. Energi pada torsi pegas bergerak dari diameter kecil ke diameter besar pegas, pada saat ini terjadi pembalikan energy sehingga membantu proses deceleration. Pada CVT kecepatan akan dikurangi dengan bantuan reducer gear, perubahan kecepatan akan terbaca oleh accelerometer. Kemudian mikro controller akan membandingkan kecepatan awal dan akhir sehingga pada akhirnya mengontrol proses deceleration menjadi lebih halus. Pada proses acceleration energy yang disimpan pada pegas torsi akan dikembalikan ke sistem dengan cara yang sama tetapi dengan arah yang berlawanan. Sistem ini relatif sederhana dan kapasitas penyimpan energinya sangat kecil.

Teknologi KERS telah diaplikasikan pada bus oleh Brockbank C, Greenwood C (2009) Sistem KERS pada penelitian ini menggunakan sistem elektro-mekanis dengan Flywheel berfungsi untuk

menangkap energy kemudian disimpan di baterai. Hal ini disebabkan karena kebutuhan energy yang cukup besar untuk perjalanan jarak jauh. Kelemahan pada sistem ini adalah kapasitas penyimpanan energinya dan power transmission kurang sesuai untuk diterapkan pada kendaraan pada umumnya.

Teknologi KERS juga telah diaplikasikan pada mobil F1 untuk regulasi terbaru tahun 2009 [1]. Tujuannya adalah untuk meningkatkan akselerasi mobil F1 serta mengurangi tingkat emisi dengan pembangkitan kembali energy yang dibuang saat pengereman. Pada saat mobil melakukan pengereman maka flywheel akan menyimpan energy dalam bentuk kinetik, energy yang tersimpan dalam flywheel bias digunakan kembali untuk menambah kecepatan. KERS yang digunakan pada mobil F1 dibuat oleh perusahaan Flybrid dari Inggris. Energi yang mampu dihemat dari alat yang diciptakan perusahaan tersebut yaitu sekitar 400 kilojoule untuk setiap lap. Apabila dikonversikan sama dengan 80 HP atau 60 KW dalam waktu 6,67 detik. Selanjutnya akan dikembangkan lagi KERS F1 dengan spesifikasi yang lebih tinggi yaitu 200 KW serta mempunyai desain yang lebih kecil dan ringan.

Prinsip Kerja KERS

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 [4]. 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.

Dengan menggunakan hukum kekekalan energi maka diperoleh hubungan bahwa besarnya energi kinetik (E_k) yang diperoleh pada saat pengereman adalah setara dengan energi pengereman (E_p):

$$E_p = E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

$$P.t = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) \quad (2)$$

Sehingga energi yang mampu diserap oleh *flywheel* (KERS) adalah:

$$I \times \alpha = P.t \quad (3)$$

Agar perubahan putaran yang terjadi pada *flywheel* tidak drastis, maka pada instalasi antara sistem

penyerap daya (kopling) dan *flywheel* dihubungkan dengan CVT.

6. *Flywheel*
7. Rantai
8. Alternator
9. Baterai

Efisiensi Perangkat pengisi Daya

Efisiensi perangkat pengisi daya dapat dihitung dengan cara mengetahui terlebih dahulu daya mekanik yang dihasilkan *flywheel* dan daya listrik yang diserap baterai saat proses pengisian baterai. Dari beberapa literatur dapat dirumuskan beberapa persamaan sebagai berikut :

$$P_m = \frac{E_k \text{ flywheel (J)}}{t \text{ pengisian (s)} + t \text{ sisa (s)}} \quad (4)$$

Untuk persamaan daya serap baterai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = \Delta V \cdot I \quad (5)$$

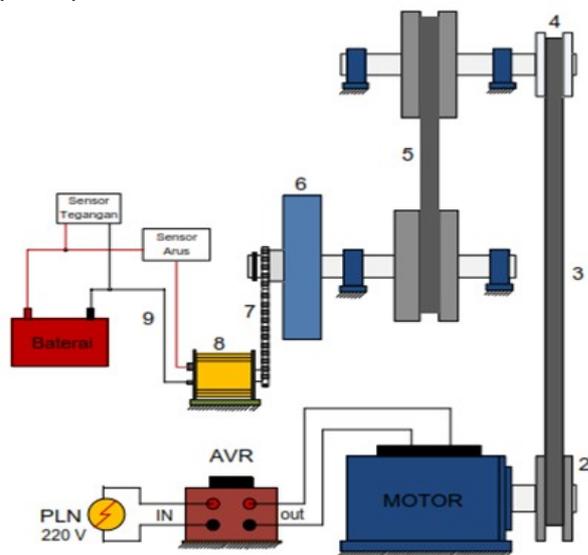
Sedangkan untuk menghitung efisiensi perangkat pengisi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{\Delta P}{P_m} \times 100\% \quad (6)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Skema Prototipe KERS

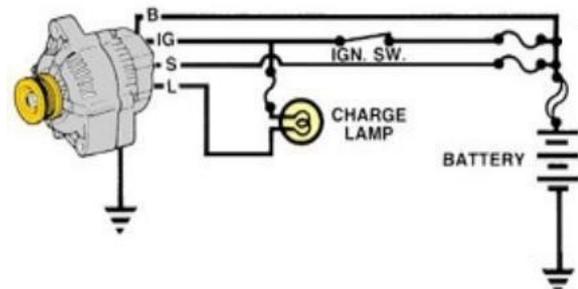
Berikut ini gambar dari model perancangan prototipe KERS



Gambar 1. Prototipe KERS

1. Motor
2. *Maghnetic cluth pully* (penggerak)
3. *V belt*
4. *Pully* (mekanisme KERS)
5. *CVT belt*

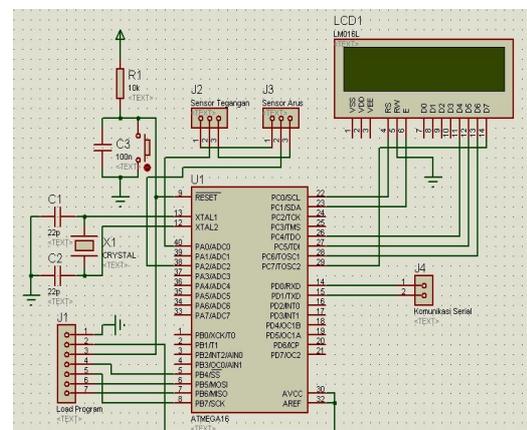
Berikut ini wiring diagram sistem pengisian pada baterai.



Gambar 2. Wiring Sistem Pengisian

Sistem pengisian pada penelitian ini tidak jauh berbeda pada sistem pengisian pada umumnya, namun pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler untuk memonitoring kondisi baterai sebelum dan sesudah pengisian. Sistem pengisian ini terdiri dari generator, regulator tegangan, *Rectifier*, dan monitoring *charging*.

Berikut adalah wiring dari sensor arus dan tegangan.



Gambar 3. Wiring Sensor Arus dan tegangan

Gambar rangkaian monitoring Arus dan Tegangan pada perangkat pengisi daya menggunakan port A. Sensor Arus pada penelitian ini menggunakan *DT-Sense Current Sensor ACS-712* dengan alamat Port A2/ADC2, sedangkan untuk sensor tegangan menggunakan Port A0/ADC0. Tampilan pada LCD menggunakan Port C dan untuk komunikasi serialnya menggunakan Port D.

Prosedur Penelitian

Mekanisme Kinetik Energy Recovery System

Sebuah permodelan yang mewakili kondisi kendaraan yang melaju dengan menggunakan roda pembeban yang diputar oleh motor listrik. Kondisi putaran pada roda pembeban divariasikan mewakili beberapa kecepatan pada kendaraan sesungguhnya. Mekanisme KERS disambungkan dengan transmisi sabuk V. Terdapat Flywheel sebagai penyerap energi kinetik dari kecepatan putaran CVT yang divariasikan. *One way bearing* digunakan sebagai pemutus daya mekanik ketika putaran flywheel melebihi putaran CVT agar daya yang tersalurkan ke flywheel tidak kembali ke CVT.

Metode Pengujian mekanisme Kynetic Energy Recovery System

Pengujian eksperimental ini dilakukan dengan cara mengkondisikan variasi tegangan AVR yaitu sebesar 170 V, 180 V, 190 V, 200 V, 210 V, dan 220 V. Selang beberapa detik baru kemudian dilakukan pengurangan tegangan sampai 0 V.

Pengujian mekanisme KERS

Pengujian dilakukan cara eksperimental pada alat yang telah dirancang sebagai alat uji permodelan pengereman regenerative. Terdapat 3 tahap dalam pengujian alat ini, yaitu:

1. Memasang *flywheel* sebagai komponen penyerap energi kinetik
2. Memasang rantai pada *flywheel* sebagai transmisi untuk memutar Alternator.
3. Merangkai sistem pengisian dari alternator sampai ke baterai
4. Mengatur *voltage* masuk ke motor dengan AVR sesuai dengan set tegangan yang diinginkan.
5. Menahan putaran CVT selang beberapa detik
6. Pengurangan tegangan AVR hingga 0 V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Percobaan

Penelitian sistem pengisian pada pemulihan energi kinetik KERS dengan metode eksperimental bertujuan untuk mengetahui pertambahan daya baterai setelah dipasang perangkat pengisi daya pada sistem pengereman regenerative. Energi kinetik hasil penyerapan pada *flywheel* dihitung dengan rumus $E_k = 0,5 \cdot I \cdot \omega^2$. Ketika pengkondisian pada 3043 rpm, durasi dihitung mulai awal *flywheel* berputar pada saat pengereman sampai *flywheel* tersebut berhenti.

Pengambilan data pada perangkat pengisi daya dilakukan dengan 6 variasi set Tegangan pada AVR, yaitu 170 V, 180 V, 190 V, 200 V, 210 V, dan 220 V. Awalnya, salah satu variasi set tegangan yang direncanakan adalah 160 V. Namun, saat dilakukan pengambilan data awal pada tegangan 160 V, *flywheel* tidak mengalami perputaran, sehingga pada tegangan tersebut tidak dipakai untuk salah satu variasi. Dari 6

variasi tegangan diatas, menghasilkan 6 variasi putaran dalam radian permenit, yaitu 3043 rpm, 3178 rpm, 3673 rpm, 3725 rpm, 3864 rpm, dan 3976 rpm. Berikut adalah tabel hasil pengujian penyerapan rata-rata arus pengisian baterai pada setiap variasi putaran CVT.

Tabel 1. Rata-rata pengisian arus

No	Putaran CVT n_1 (rpm)	Data Arus ke-	Arus awal pengisian I_0 (A)	Arus akhir pengisian I_1 (A)	Rata-rata pengisian Arus awal(A)
1	3043	1	2.76	2.63	2.65
		2	2.60	2.68	
		3	2.65	2.59	
2	3178	1	3.13	2.98	3.02
		2	3.10	2.99	
		3	3.03	2.89	
3	3673	1	3.56	3.47	3.16
		2	3.48	3.43	
		3	3.55	3.48	
4	3725	1	3.72	3.62	3.66
		2	3.70	3.65	
		3	3.68	3.59	
5	3864	1	3.80	3.65	3.72
		2	3.78	3.61	
		3	3.81	3.67	
6	3976	1	4.15	3.75	3.9
		2	3.99	3.87	
		3	4.01	3.63	

Tabel 1 diatas merupakan hasil dari percobaan perangkat pengisi daya baterai pada sistem pemulihan energi kinetik KERS, dimana didapatkan besarnya arus rata-rata pengisian baterai. Dari besar arus itu didapatkan selisih arus. Beberapa data ini akan digunakan untuk mencari pertambahan daya dan efisiensi perangkat tersebut.

Pengambilan data berikutnya tentang pengaruh putaran flywheel yang disebabkan oleh putaran CVT. Kecepatan putaran awal pengereman akan berpengaruh pada waktu sisa putaran *flywheel* setelah sistem KERS berhenti total. Sisa putaran *flywheel* ini masih bisa digunakan untuk pengisian pada baterai. Berikut adalah tabel kecepatan putar *flywheel* yang disebabkan oleh putaran tinggi pada CVT.

Tabel 2. Pengaruh Kecepatan Flywheel

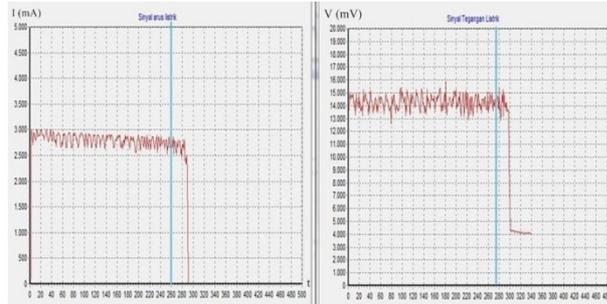
N_1 CVT (RPM)	N_2 flywheel (RPM)	V charge	t sisa putaran(s)	V_0 bat	V_1 bat
3043	1047	13,21	2,11	8.31	8.32
3178	1517	13,3	3,5	8.23	8.31
3673	2247	13,58	4,24	7.98	8.23
3725	2549	14,14	5,63	7.84	7.98
3864	2717	14,26	6,58	7.51	7.84
3976	3264	14,8	8,01	7.05	7.51

Tabel 2 diatas merupakan hasil dari percobaan pengaruh kecepatan putaran *flywheel* terhadap

tegangan keluaran dari alternator. Dari kecepatan *flywheel* didapatkan tegangan charge, besar tegangan tersebut menghasilkan pertambahan nilai tegangan pada baterai.

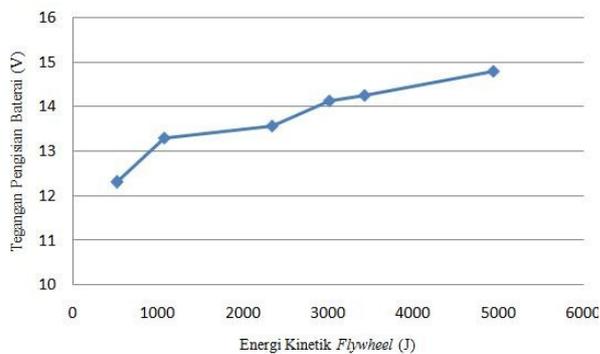
Grafik Dan Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan, hasil disajikan dalam beberapa grafik dan dibahas.



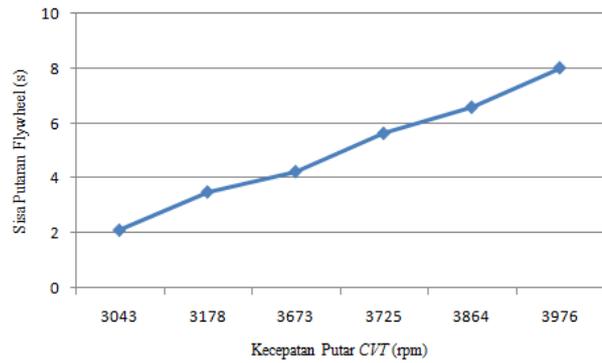
Gambar 4. Grafik Arus dan tegangan

Grafik diatas menunjukkan besar Arus dan Tegangan saat terjadi pengisian pada baterai dengan variasi set Tegangan AVR 170 V dan kecepatan CVT 3043 rpm. Gambar 4.1 menunjukkan besar Arus pengisian rata-rata 2,65 A, sedangkan untuk besar tegangannya yaitu 13,21 V. Pada gambar grafik Arus dan tegangan tepatnya 2,11 detik terakhir terjadi sedikit penurunan Sebelum pada akhirnya grafik mengalami penurunan secara total. Penurunan Arus dan Tegangan selama 2,11 detik tersebut disebabkan oleh sisa putaran *flywheel* setelah sistem berhenti bekerja.



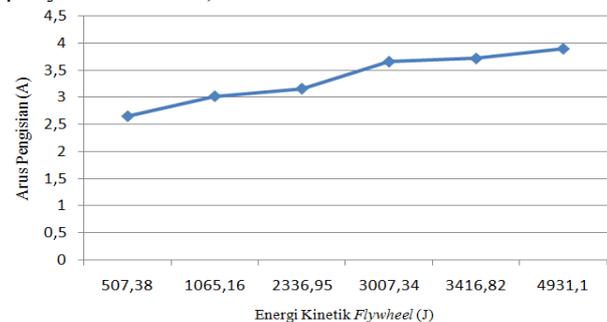
Gambar 5. Grafik energi kinetik *flywheel* terhadap tegangan

Grafik diatas menunjukkan, seiring bertambahnya energi kinetik yang dihasilkan *Flywheel*, maka tegangan yang dihasilkan semakin meningkat pula selama tegangan belum mencapai tegangan cut off (Regulator Voltage) yaitu 15 V.



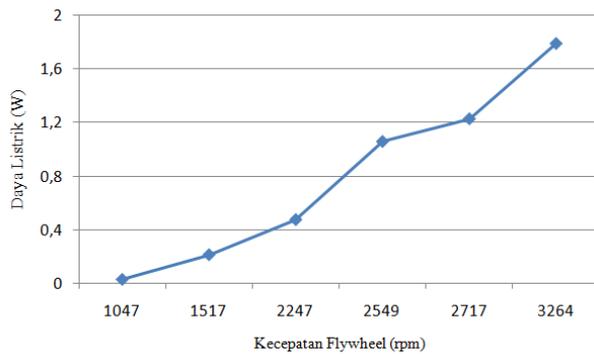
Gambar 6. Grafik kecepatan CVT terhadap putaran sisa pada *flywheel*

Grafik diatas menunjukkan tren grafik yang meningkat. Semakin besar variasi putaran pada CVT, maka sisa putaran pada *flywheel* semakin lama pula. Durasi sisa putaran *flywheel* berpengaruh pada daya yang diserap oleh baterai. Durasi putaran terlama disebabkan oleh putaran tertinggi pada CVT 3976 rpm yaitu sebesar 8,01 detik.



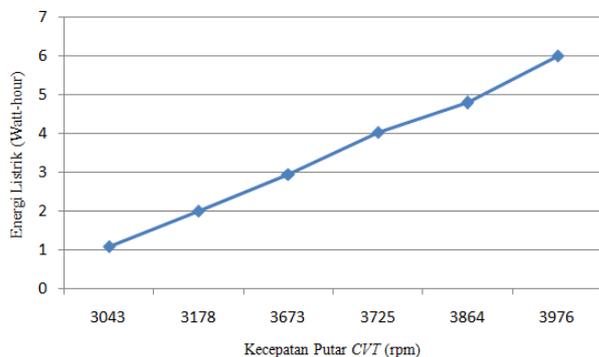
Gambar 7. Grafik perubahan arus terhadap energi kinetik *flywheel*

Gambar 7. diatas menunjukkan tren grafik yang meningkat. Semakin besar enerki kinetik yang dihasilkan pada *flywheel*, maka semakin besar pula arus pengisian baterai yang mengalir. Pada proses monitoring yang dilakukan terhadap kondisi arus pengisian, kondisi arus saat terjadi peningkatan energi kinetik *flywheel* menunjukkan respon yang hampir sama dengan respon tegangan yang dihasilkan pada gambar 4.2. Artinya, pada saat CVT diberi variasi putaran lebih tinggi dari variasi putaran pada percobaan yang dilakukan, arus yang dihasilkan tidak melebihi 5 Ampere. Besar arus yang dihasilkan pada sistem menentukan besar daya yang diterima oleh baterai, semakin besar arus yang mengalir, maka semakin cepat baterai terisi.



Gambar 8. Grafik perubahan arus terhadap energi kinetik *flywheel*

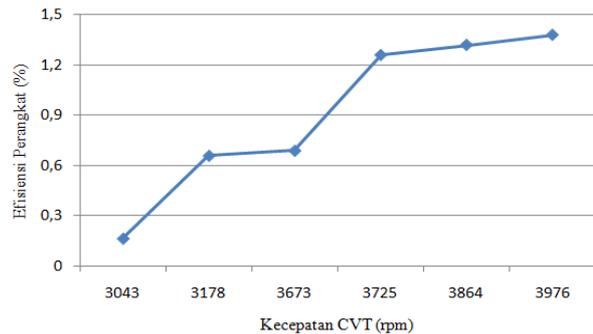
Gambar 8 menunjukkan pengaruh dari perubahan kecepatan putar *flywheel* terhadap peningkatan besar daya yang terjadi pada baterai. Grafik diatas menunjukkan tren grafik yang meningkat. Hasil Daya Listrik yang diserap dipengaruhi oleh kecepatan putar *flywheel* yang berbanding lurus dengan penambahan energi kinetik yang diterima *flywheel*. Besar penambahan Daya Listrik pada baterai diperoleh dari hasil pengalihan antara variabel tegangan dan arus, seperti yang tampak pada contoh perhitungan diatas. Daya listrik terbesar yang diterima baterai terjadi saat kecepatan *flywheel* 3264 rpm sebesar 1,794 Watt.



Gambar 9. Grafik besar energi listrik yang diserap saat kecepatan putar CVT menghasilkan sisa putaran

Gambar 9. merupakan grafik antara Energi Listrik yang diterima saat terjadi sisa putaran *flywheel*. Grafik diatas menunjukkan tren Grafik yang meningkat. Semakin besar energi kinetik yang dihasilkan, semakin lama sisa putaran yang dihasilkan oleh *flywheel* sehingga besar Energi Listrik yang diserap semakin besar pula. Energi listrik yang dihasilkan sisa putaran *flywheel* ini bisa dikategorikan sebagai *Free Energy*, karena pada saat sistem berhenti berputar, *flywheel* mempunyai energi sisa untuk memutar alternator sehingga menghasilkan Energi tambahan pada proses pengisian baterai. Energi Listrik terbesar dihasilkan oleh Energi Kinetik 4931,1

joule dengan durasi sisa putaran 8,01 detik yaitu sebesar 6,01 *Watt-hour*.



Gambar 10. Grafik kecepatan putar CVT terhadap efisiensi perangkat pengisi daya.

Grafik diatas merupakan grafik antara kecepatan awal CVT terhadap besar nilai efisiensi perangkat pengisi daya. Grafik diatas menunjukkan tren Grafik yang meningkat. Semakin besar set variasi kecepatan awal CVT, maka besar efisiensi yang diterima perangkat pengisi daya semakin besar pula. Selain dipengaruhi kecepatan awal CVT, besar efisiensi pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh waktu pengisian dan sisa putaran *flywheel* saat sistem berhenti bekerja. Nilai efisiensi terbesar yaitu terjadi pada putaran CVT sebesar 3976 rpm dengan nilai efisiensi 1,38 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian pada pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan :

- Mekanisme model *KERS* dengan *flywheel* sebagai penyerap energi kinetik sudah bekerja dengan baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil perbandingan tingkat efisiensi pada penelitian sebelumnya dengan efisiensi terbesar 0,0772%, sedangkan pada penelitian ini efisiensi terbesarnya adalah 1,38 %.
- Dari hasil penelitian dengan variasi kecepatan CVT 3976 rpm didapatkan Energi Kinetik *Flywheel* sebesar 4931,1 *Joule* yang menghasilkan penambahan daya baterai sebesar 1,794 W.
- Dari hasil penelitian energi kinetik terbesar 4931,1 *Joule* menghasilkan daya tambahan sebesar 1,794 W dengan Efisiensi yang didapat 1,38 %. Hal ini menandakan semakin besarnya energi kinetik yang dihasilkan, maka penambahan daya dan efisiensi penyerapan energi semakin besar pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cibulka, J. (2009), " Kinetic Energy Recovery System By Means Of Flywheel Energy Storage", *ADVANCED ENGINEERING*, 3,1, ISSN 1846-5900, hal.27-38.
- [2]. C.W. Zhang, 2004 "Study on regenerative braking of Electric vehicle," in *Proc. IEEE IPEMC'2004*, pp.836-39
- [3]. Mahendra, Hengki. 2011. *Modul Sistem Pengisian. Padang : Modul Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang .*
- [4]. Liu, H. dan Jiang, J. (2008), "Flywheel Energy Storage—An Upswing Technology For Energy Sustainability", *School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang Province, China, Science Direct, Energy and Buildings Vol.39 hal. 599–604.*