

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**RANCANG BANGUN KERS E3  
(KINETIK ENERGI RECOVERI SISTEM GENERASI 3)**

**TIM PENGUSUL**

M. E. Ramadhan, ST., MT. / NIDN. 0030048701

**DIBIYAI OLEH**

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Univ. Jember Th. Anggaran 2015

No: DIPA 1252/UN25.3.1/LT/2015 tanggal 4 Agustus - 4 Desember 2015

**UNIVERSITAS JEMBER**

**Februari 2016**

HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN DOSEN PEMULA

Judul Kegiatan : RANCANG BANGUN MESIN KERS E3  
(KINETIK ENERGY RECOVERY SYSTEM  
GENERASI 3)

Kode/Rumpun Ilmu : 443/ Teknik Energi

A. Nama Lengkap : Mochamad Edoward Ramadhan, ST., MT.

B. NIDN : 0030048701

C. Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar

D. Program Studi : Teknik Mesin

E. Nomor HP : 085649872972

F. Surel (e-mail) : edowarditsdesain@gmail.com

Biaya Penelitian Keseluruhan : Diusulkan ke DIKTI Rp. 0

- Dana internal PT Rp. 10.000.000,-
- Dana institusi lain Rp. 0
- inkind Rp. 0

Mengetahui,  
Peneliti Pembina  
Fakultas Teknik

Jember, 23 Februari 2016

Ketua Peneliti

Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T.  
NIP. 197008261997021001

Mochamad Edoward Ramadhan, ST., MT.  
NIP. 198704302014041001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Jember

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Prof. Ir. Achmad Subagio., M.Agr., Ph.D.  
NIP. 196905171992011001

Dr. Ir. Entin Hidyah M.UM.  
NIP. 196612151995032001

## RINGKASAN

Penelitian Pemula rancang bangun KERS E3(Kinetik Energi Recoveri Sistem Generasi 3) terdiri atas beberapa proses yaitu, Rancang Bangun KERS E3, Uji kelayakan mekanisme, Pengambilan Respon CVT terhadap putaran *Flywheel*, Perhitungan Energi Kinetik *Flywheel*, Perhitungan Pengereman Energi Kinetik *Flywheel* terhadap generator.

Proses rancang bangun meliputi proses pembuatan rangka KERS E3, yang terdiri atas pemotongan baja profil L ukuran 40x40mm, pengelasan, pembuatan lubang baut dan proses pengecatan. Setelah rangka KERS E3 selesai, selanjutnya merakit CVT beserta komponen lainnya sehingga menjadi satu kesatuan KERS E3 dan siap dilakukan proses uji kelayakan mekanisme. Uji kelayakan mekanisme memberikan hasil yang bagus, mekanisme KERS E3 berputar dengan normal.

Proses pengambilan respon CVT terhadap *flywheel*, langkah pertama dengan menghidupkan motor listrik dengan fungsi ramp yaitu motor listrik berputar dari putaran 0 rpm sampai puncak yaitu 5640rpm. Hasil dari pengambilan respon berupa putaran *flywheel* dengan motor listrik berdaya 1 HP dicapai dalam waktu 15 detik. *Flywheel* mempunyai massa : 1.82kg, luas permukaan :  $0.0596\text{m}^2$  , inersia :  $0.18472\text{ kg.m}^2$  dengan hasil energi kinetik rata-rata 78159,89joule. Braking Energi Kinetik Terhadap Energi Listrik (Proses Konversi Energi) terjadi dalam waktu 38 detik.

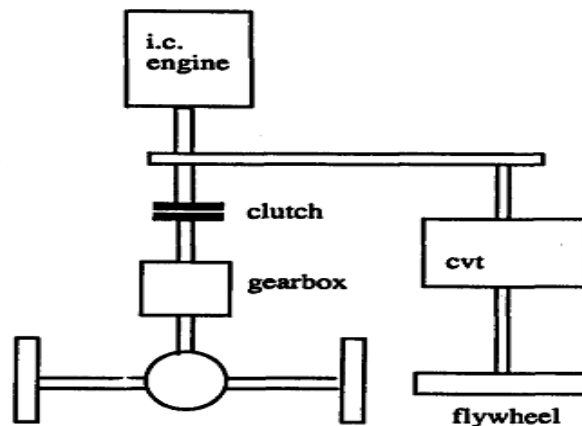
Kata Kunci: KERS, CVT, Pengereman Energi Kinetik, Energi Listrik

## EXCECUTIVE SUMARRY

### Latar Belakang dan Tujuan Penelitian

Mobil listrik yang dibuat oleh Civitas Akademika Fakultas Teknik Univeristas Jember masih dalam proses pengembangan. Pengembangan tersebut terdiri dari berbagai macam bidang, diantaranya rangka, kemudi, pengereman, dan penggerak. Pada pengembangan penggerak mobil listrik terbagi menjadi beberapa obyek kajian meliputi, mesin konversi energi berupa BLDC (Brushless Direct Current), merupakan sebuah rangkaian motor yang berguna sebagai mesin konversi energi listrik menjadi energi gerak. Kemudian sistem kontrol, yang digunakan untuk mengontrol dari pergerakan dari BLDC. Sistem penyimpanan pada mobil listrik menggunakan empat buah aki yang disusun secara paralel. Proses pengisian energi listrik hanya dilakukan pada saat kendaraan diam.

Mekanisme *KERS* pada tahun 1996 sudah dipakai dalam kendaraan dengan sebutan sistem *hybrid propulsion* (Jaferson dan Ackerman, 1996). Mekanismenya berupa putaran dari *internal combustion engine* dihubungkan ke sistem *CVT* untuk mengendalikan putaran dari *flywheel* yang memutar generator. Desain *CVT* bertujuan untuk mengendalikan putaran *flywheel* pada saat kendaraan berhenti putaran *flywheel* menjadi tinggi sedangkan ketika kendaraan berjalan, putaran *flywheel* menjadi konstan mengikuti kecepatan roda.



Gambar 1.1 *Hybrid propulsion system* (Jeferson dan Ackerman, 1996)

*Flywheel* atau juga disebut roda gila, roda gaya, roda penerus, merupakan salah satu komponen yang ada dalam mesin mobil, baik diesel maupun bensin. Bentuknya seperti piringan roda besi yang terbuat dari bahan baja tuang bermutu tinggi. Pada mobil mesin penumpang, bobot rodagila berkisar antara 7.5-50 Kg. Komponen ini dipasang pada sambungan di ujung roda poros engkol (*crank shaft*) pada mobil yang menggunakan transmisi manual. Mobil dengan transmisi otomatis menggunakan *torque converter* sebagai pengganti *flywheel*.

Fungsi *flywheel* adalah untuk menyimpan tenaga putar (inertia) di dalam mesin. Pada saat tenaga mesin bertambah, putaran juga bertambah, kelebihan tenaga tersebut akan tersimpan di dalam rodagila. Pada saat mesin kekurangan tenaga, rodagila akan menyuplai tenaga yang telah

disimpan sebelumnya. Hasilnya mesin dapat berputar dengan selaras dan rata, sebagai akibat dari getaran tenaga yang dihasilkan rodagila. Energi bangkitan dari *flywheel* dihasilkan dari kecepatan angular dan massa, perumusannya adalah

$$E = 0.5 I \omega^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

I adalah inertia *flywheel* (Kg.m<sup>2</sup>)

$\omega$  adalah kecepatan angular *flywheel* (rad/s)

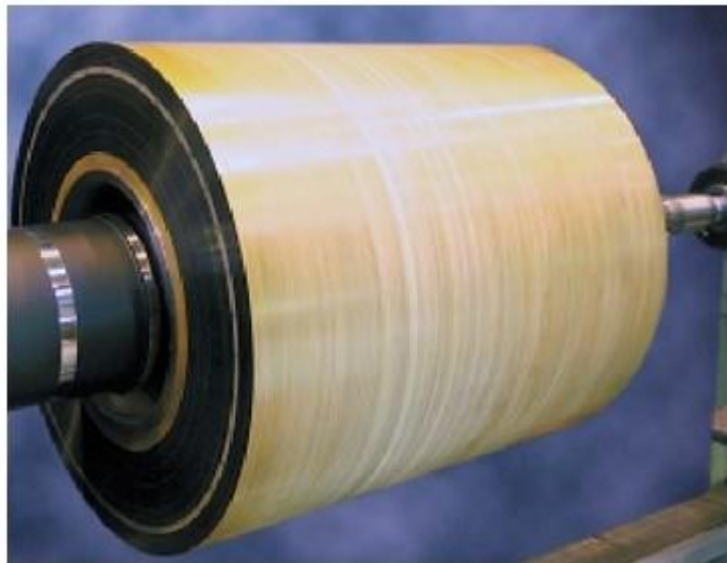
Apabila pehitungannya menggunakan Energi bangkitan dari kerapatan massa maka:

$$E_{sp} = K_s \sigma_m / \rho \dots\dots\dots(2.8)$$

$\sigma_m$  = maksimum *tensile strength* dari material *flywheel*

$\rho$  = kerapatan dari material *flywheel*

$K_s$  = Faktor pengali dari bentuk *flywheel*



Gambar 1.2 *Flywheel* University Texas (Liu dan Jang,2006)

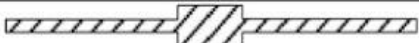



Tabel 1.1 Parameter fisika dari fiber komersial (Liu dan Jang, 2006)

Rotor material	$\sigma_m$ (GPa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$E_{sp}$ (Wh/kg)
E-glass	3.5	2540	190
S-glass	4.8	2520	265
Kevlar	3.8	1450	370
Spectra 1000	3.0	970	430
T-700 graphite	7.0	1780	545
T-1000 graphite (projected)	10.0	–	780
Managing steel	2.7	8000	47

Besarnya  $K_s$  adalah 0.5 jika menggunakan bahan sesuai tabel 2.1. Geometry dan bahan dari *flywheel* sangat menentukan besarnya energi bangkitannya (Kent dkk, 2002). Langkah untuk mengoptimasikan dari *flywheel* dengan cara memperhitungkan tegangan mekanik yang dihasilkan yaitu:

$$\sigma_m = \rho r^2 \omega^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Tabel 1.2 Faktor Pengali  $K_s$  dari Geometri *Flywheel* (Liu dan Jang, 2006)

Flywheel geometry	Cross sectional/pictorial view	Shape factor $K_s$
Flat unpierced disc		0.61
Thin rim		0.50
Rim with web		0.40
Flat pierced disc		0.31

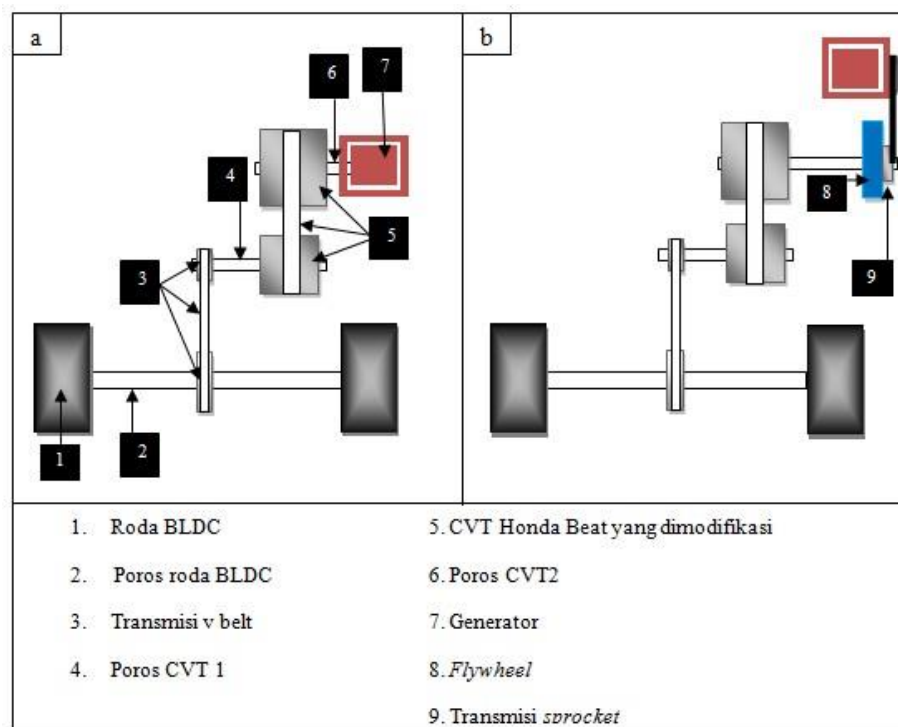
Pada kesempatan kali ini, peneliti menginginkan membuat sebuah sistem pengisian energi listrik ketika kendaraan berjalan. Sistem pengisian tersebut terdiri dari generator, IC voltage regulator, transmisi sabuk, transmisi sprocket dan roda gila. Cara kerjanya, ketika kendaraan berjalan pada rpm rendah rem sepatu yang dipasang di CVT (Continues Variable Transmission) belum berjalan, kemudian pada putaran sedang pegas spiral yang ada di rumah rem sepatu bekerja sehingga menekan rem sepatu, sehingga roller variable pada pulley 2 bisa berputar dan akhirnya putaran poros roda diteruskan untuk menggerakkan flywheel. Flywheel kemudian berputar dan menghasilkan energi kinetik yang besar digunakan untuk memutar generator yang kemudian menghasilkan energi listrik.

Energi listrik tersebut harus di kontrol oleh IC Regulator yang berfungsi untuk memotong tegangan yang lebih dari 15volt. Sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa disimpan kedalam aki. Salah satu keunggulan dari pemberian flywheel adalah ketika kendaraan berhenti maka flywheel masih berputar menggerakkan generator sehingga listrik masih bisa dihasilkan meskipun dalam rentang waktu yang pendek. Sistem pengisian tersebut lebih dikenal

dengan KERS (Kinetic Energi Recovery System) yang tepat digunakan untuk proses pengisian mobil listrik di perkotaan dan di kejuaraan. Pada tahun 2013 telah dilakukan penelitian mengenai rancang bangun sistem pengereman regenerative skala laboratorium. Sebuah sistem pengereman yang dikopelakan ke sebuah rangkaian transmisi yang terhubung dengan generator. Kemudian pada tahun 2014 juga dilakukan proses pengembangan dari sistem pengereman regenerative yang dilengkapi dengan KERS. Dari riset tahun 2013 dan 2014 didapat pengetahuan mengenai berbagai macam karakteristik dari kedua macam sistem tersebut. Sehingga ditahun 2015 ini peneliti ingin meneruskan riset dengan menggabungkan kedua karakteristik tersebut. Proses pengereman sangat sulit jika dipasangkan kedalam KERS dikarenakan membutuhkan kopling elektromagnetik yang membebani sistem penyimpanan energi listrik, sehingga pada kesempatan kali ini sistem pengereman tetap menggunakan pengereman disk dan drum, sedangkan KERS dihubungkan dengan poros kendaraan belakang. Harapannya adalah KERS E3 bisa menyuplai energi listrik aki pada saat kendaraan berjalan tanpa harus membebani dari kerja BLDC, dan Ketika mobil listrik berhenti mendadak maka KERS juga masih bisa menyuplai aki.

### Metodologi Penelitian

Permasalahan utama adalah selama mobil listrik berjalan, listrik di sistem penyimpanan akan habis selama pemakaian. Sehingga perlu dilakukan pemasangan sistem KERS yang dihubungkan dengan putaran poros roda belakang sehingga aki dapat tersuplai oleh energi listrik dari generator. Penelitian kali ini yang pertama melakukan pengujian unjuk kerja KERS mekanik, kemudian yang kedua melakukan pengujian unjuk kerja KERS mekanik-elektrik. Dari kedua inisial kondisi tersebut dilakukan analisa grafik tegangan, arus dan lamanya pengisian selama KERS berkerja. Selain itu pada penelitian ini akan dilaporkan karakteristik frekuensi getaran kendaraan akibat pemasangan KERS E3, karakteristik CVT, karakteristik dari Putaran Flywheel.



Gambar 1.3 skeme KERS E3

### Pemaparan Hasil Penelitian

KERS E3 merupakan sebuah pengembangan dari KERS E2 yang dipasang tegak lurus dengan rangka yang mendatar seperti tampak pada gambar 1.1, Sabuk v yang semula 68 inci sekarang bertambah pendek menjadi 38 inci. Perubahan pendek sabuk v ini menjadikan KERS E3 mampu berputar pada kecepatan tinggi dan memiliki respon pencapaian rasio tertinggi CVT dalam waktu yang relative singkat dari generasi E2. Rangka KERS E3 yang dipasang secara horizontal menjadikan getaran yang ditimbulkan oleh tes rig semakin kecil sehingga mengurangi kebisingan akibat putaran yang tinggi.

Untuk mengukur putaran dan rentang waktu respon CVT dipasang sebuah sensor magnet yang ditempelkan di *flywheel*. Sensor magnet memiliki tingkat keakurasian yang sangat baik. Keberadaan sensor magnet meyakinkan bahwa dalam pengambilan data putaran memiliki kebenaran yang cukup baik.



Gambar 1.4 KERS E3

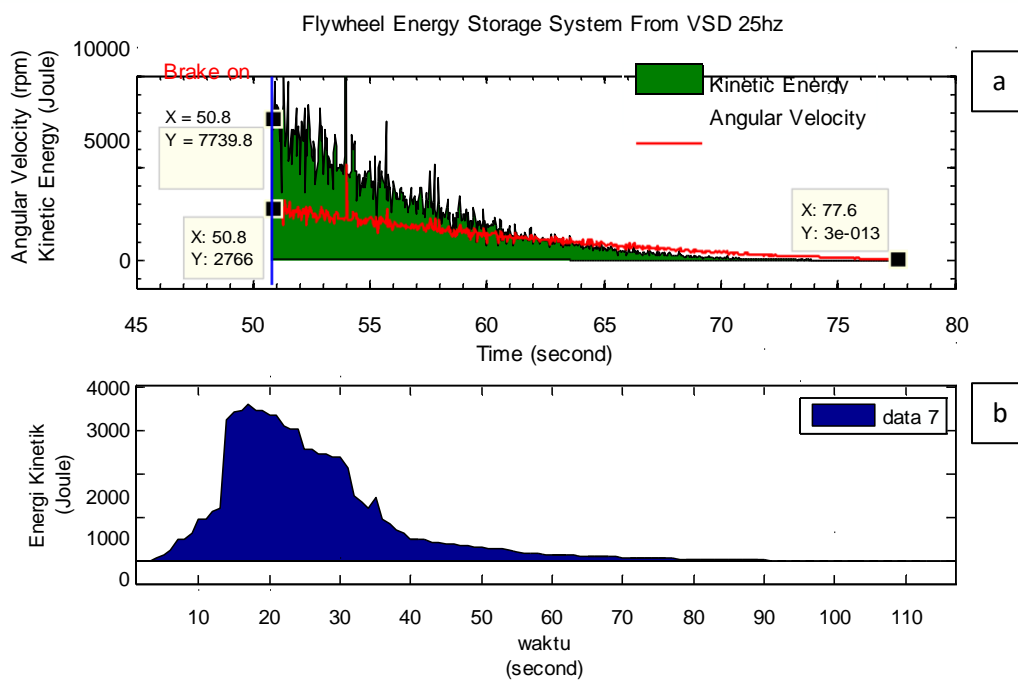
Hasil dari pengambilan data dimulai dari penghasilan energi kinetik bangkitan yang dihasilkan oleh *flywheel* dengan inersia sebesar  $0.18472 \text{ kg.m}^2$  yang dilakukan pengambilan data sebanyak tujuh kali yang disajikan dalam tabel 1.1 memiliki energi kinetik rata-rata sebesar 78159.89 Joule. Kemudian *flywheel* dihubungkan dengan generator yang menghasilkan energi listrik 14.07volt dengan arus listrik 5.07ampere yang digunakan untuk proses pengisian aki. Energi kinetik *flywheel* yang digunakan untuk memutar generator ternyata mengalami pengurangan sekitar 51387.60J yang dipastikan energi kinetik tersebut terkonversikan menjadi



energi listrik sebesar 70watt. Energi bangkitan yang dihasilkan oleh *flywheel* yang tersisa hanya sekitar 26772.29 Joule. Sehingga dalam mekanisme mesin KERS E3 dengan menggunakan *flywheel* berinersia  $0.18472\text{kg.m}^2$  dipastikan memenuhi syarat dalam membangkitkan energi kinetik yang digunakan untuk memutar generator karena masih menyisakan energi kinetik bangkitan.

Tabel 1.3 hasil pengambilan data energi kinetik

no	Flywheel	Braking	Energi Kinetik	Energi Kinetik	Kehilangan
	Inersia (kg.m <sup>2</sup> )	Flywheel	Flywheel (J)	Braking flywheel (J)	Energi Kinetik (J)
1	0.18472	generator	78357.87	26771.26	51586.61
2	0.18472	generator	76853.67	26773.29	50080.38
3	0.18472	generator	78477.1	26812.11	51664.99
4	0.18472	generator	78384.74	26754.15	51630.59
5	0.18472	generator	78386.21	26798.68	51587.53
6	0.18472	generator	78392.83	26732.99	51659.84
7	0.18472	generator	78266.79	26763.54	51503.25
			78159.89	26772.29	51387.60



Gambar 1.4 Perbandingan Energi Kinetik E2(a) dan E3(b)

## **Simpulan dan Rekomendasi**

### **Simpulan**

Berdasarkan pembahasan proses rancang bangun KERS E3 dapat disimpulkan bahwa mekanisme KERS E3 mampu dioperasikan secara normal dan mampu menghasilkan energi listrik dengan tegangan sebesar 14.07volt, arus listrik 5.07ampere yang dipergunakan untuk mengisi aki. Sedangkan dalam proses penghasilan energi kinetik mekanisme KERS E3 mampu membangkitkan energi kinetik sebesar 26772.29 Joule. Besarnya energi kinetik proses pengereman terjadi ketika melakukan pengujian energi kinetik dari flywheel yang dihubungkan dengan generator, sehingga selisih dari pengujian energi kinetik dari flywheel dengan energi kinetik flywheel yang dihubungkan dengan generator merupakan besarnya energi kinetik yang di rubah menjadi energi listrik.

### **Saran**

Proses rancang bangun E3 yang dilakukan uji mekanisme untuk memperoleh besarnya energi kinetik dan proses pengkonversian energi yang telah dilakukan masih memerlukan pengembangan, terutama dalam pemasangan di kendaraan listrik. Untuk kedepan perlu dilakukan proses pembuatan CVT yang lebih kecil dari pada CVT Honda beat yang digunakan dalam penelitian ini

**Key word:** KERS, CVT, Pengereman Energi Kinetik, Energi Listrik

### **Referensi**

Jaferson, C. M. dan Ackerman, M. (1996), "*a Flywheel Variator Energi Storage System*", Energi Convers, Faculty of Engineering, University of the West of England, Frenchay Campus, Coldharbour Lane, Bristol BS16 IQY, U.K. MGMT Vol.37, No.10, hal.1481-1491.

Liu, H. dan Jiang, J. (2008), "*Flywheel Energi Storage—An Upswing Technology For Energi Sustainability*", School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang Province, China, Science Direct, Energi and Buildings Vol.39 hal. 599– 604.

Kent, D. dkk, (2002), "*Commercialization Of Flywheel Energi Storage Technology On The International Space Station*", Proceedings of the Intersociety Energi Conversion Engineering Conference, 37th Intersociety Energi Conversion Engineering Conference, IECEC, Washington, DC, United States, hal. 146–150.