

## Analisa Respon Roller CVT Konvensional dan Energi Kinetik Flywheel

Mochamad Edoward Ramadhan

Lab. Reakayasa Mekanik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember  
Jalan Kalimantan 34 Kampus Bumi Tegal Boto, Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia.

edowarditsdesain@gmail.com

### Abstrak

KERS *Prototype* III Universitas Jember dalam menghasilkan energi bangkitan sangat dipengaruhi oleh kinerja dari sistem CVT konvensional. Performa CVT konvensional ditentukan dari 3 komponen yaitu berat *roller*, kekakuan pegas *spiral* penggeser *pulley* dan kekakuan pegas rem sepatu. Salah satu upaya dalam meningkatkan performa KERS ialah dengan melakukan analisa respon performa CVT konvensional dengan memakai *roller* seberat 12, 13 dan 14 gram. Masing-masing *roller* dipasang dan diuji menggunakan penggerak mula motor listrik sebesar 1HP yang mempunyai tujuan untuk menentukan respon tercepat dalam memperoleh luaran ratio putaran. *Roller* 12, 13 dan 14 gram untuk mencapai putaran maksimum dihasilkan dalam waktu 20 detik, luaran dari putaran maksimum sebesar 115, 137 dan 145rps. Energi Kinetik bangkitan setelah putaran dihilangkan mempunyai durasi selama 125, 129 dan 138detik. Energi kinetik yang dihasilkan oleh *flywheel* dengan inersia 0.18472 kg.m<sup>2</sup> berturut sebesar 18.228, 36.627 dan 42.987kJ. Penggunaan *roller* seberat 14 gram mampu menghasilkan energi kinetik terbesar dengan waktu akselerasi 20 detik dan durasi bangkitan selama 138 detik.

**Kata kunci :** CVT, Roller, Flywheel, FESS, KERS, Energi Kinetik

### Pendahuluan

Kinetik Energi Recoveri Sistem (KERS) merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk membangkitkan energi kinetik. Pembangkitan energi kinetik dihasilkan dari memutar *flywheel* pada kecepatan tertentu, kemudian kecepatan putar dihilangkan sehingga *flywheel* dapat berputar dalam waktu durasi tertentu. Lama durasi pembangkitan energi kinetik tergantung dari besarnya inersia dari *flywheel*, gaya gesekan bantalan dan gaya hambatan udara.

Teknologi *Beacon* telah mampu membuat *flywheel* yang terbuat dari bahan komposit dengan durasi penyimpanan energi selama 15 menit. Geometri belahan *flywheel* dapat dilihat di gambar 1.d yang menampilkan sebuah FESS yang terpisah. *Beacon Power* memfokuskan terhadap regulasi frekuensi, dan tidak memperhatikan dari kekuatan dari *flywheel* sehingga membutuhkan harga yang cukup mahal dalam proses merancang bangun.

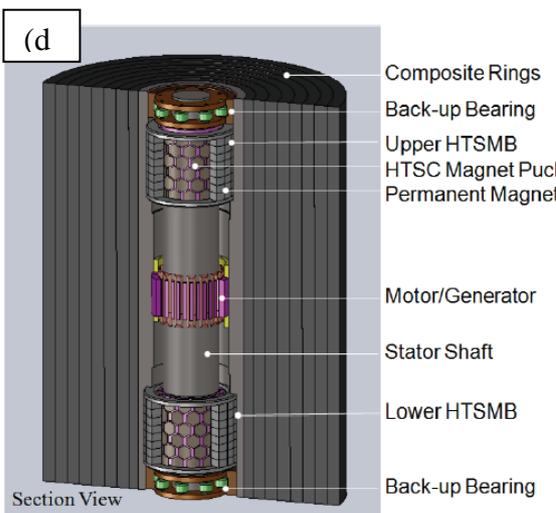
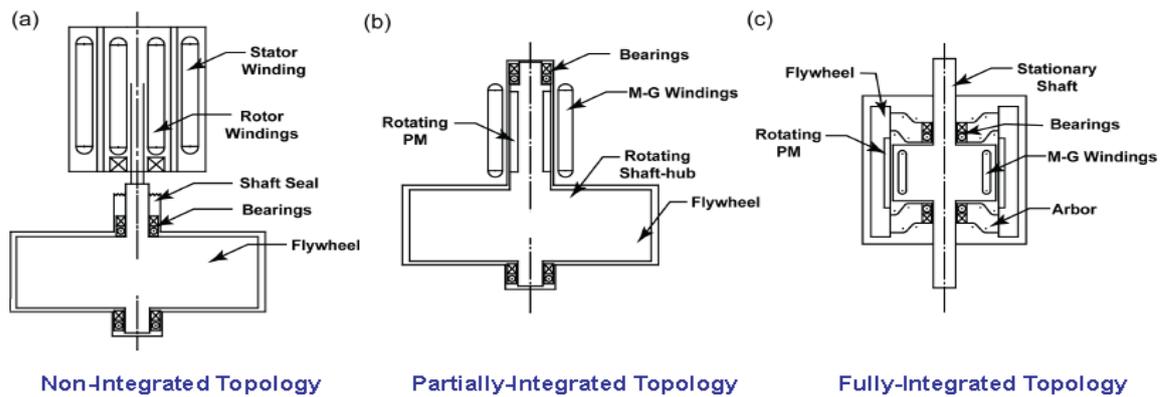
Sanders dari perusahaan *Amber Kinetic* mampu membuat *flywheel* dengan durasi 15 menit terbuat dari bahan baja. Bentuk geometri *flywheel* bisa dilihat di gambar 1.f dengan

poros di kedua ujung berdiameter 8mm mampu berputar pada kecepatan yang tinggi[2]. Selain itu, Joe dari CEC Universitas Texas dalam presentasinya menyebutkan jenis *flywheel* terbagi menjadi tiga yaitu *non integrated*, *partially integrated* dan *fully integrated*. Joe juga telah melakukan simulasi distribusi tegangan *flywheel* dengan temuan daerah kritis berupa warna merah pada gambar 1.1.e pada bagian hub dalam yang terhubung dengan poros[1].

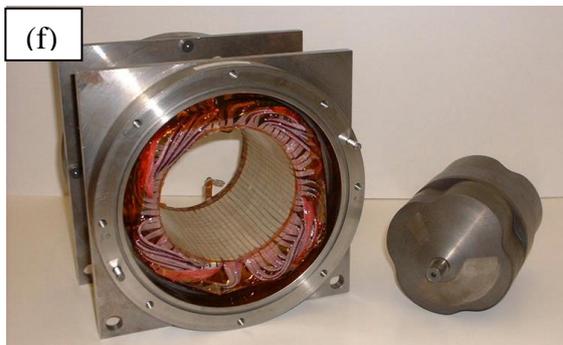
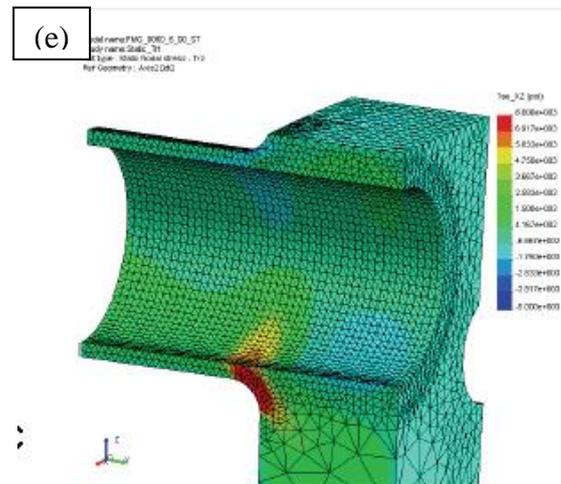
Frekuensi putaran *flywheel* sangat mempengaruhi hasil dari energi kinetik, berikut ini adalah syarat pengaturan frekuensi menurut Qianzi dkk [3]:

1. Putaran motor yang halus.
2. Mampu mengubah energi mekanik dengan bantuan generator menjadi energi listrik.
3. Dapat menjaga tenaga dengan frekuensi dan tegangan yang konstan.
4. Mampu menghasilkan power antara AC dan DC yang bisa dikendalikan.

Kinetik Energi Recoveri Sistem *Prototype* III Universitas jember jenis *fully integrated* telah memenuhi syarat frekuensi putaran dan memperoleh durasi waktu yang lama.



berbeda-beda sesuai dengan respon putaran terhadap *flywheel* dengan inersia sebesar  $0.18472 \text{ kg.m}^2$ .



Gambar 1.a,b,c Flywheel Joe, d.Flywheel Beacon Tech., e. Simulasi Joe, f.Flywheel Sanders dkk.

Sebuah sistem transmisi kontinue (CVT) konvensional sederhana yang dipakai mampu memberikan durasi pembangkitan energi kinetik. Performa dari CVT dipengaruhi oleh berat *roller*, kekakuan pegas spiral penggeser *pulley* dan kekakuan pegas rem sepatu. Optimalisasi performa dilakukan dengan memakai *roller* seberat 12, 13 dan 14 gram, sehingga memberikan karakteristik dari energi kinetik yang

### Metode Pegujian dan Perhitungan

Pengujian performa CVT dilakukan di Laboratorium Rekayasa Mekanika Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. *Flywheel* menggunakan bahan yang terbuat dari bahan baja St 40 dengan inersia  $0.18472 \text{ kg.m}^2$ . Spesifikasi CVT konvensional menggunakan transmisi roda belakang sepeda motor dengan spesifikasi standar fabrikasi. Penggerak mula berupa motor listrik dengan daya 1HP. Transmisi dari penggerak mula ke CVT menggunakan v-belt. Semua alat dapat dilihat di gambar 1.2 yang merupakan *test rig* penggerak mula yang dipasangkan sebuah KERS prototype III.

Pengukuran kecepatan putar dengan menggunakan sensor magnet yang ditanam di badan *flywheel* dan dianggap tidak menambah besaran dari inersia. Penggerak mula dijalankan dan kemudian dimatikan sehingga *flywheel* dapat berputar dengan waktu tertentu sampai kemudian diam.



Gambar 2. Test Rig KERS

Pemvariasian berat *roller* CVT memberikan karakteristik yang berbeda-beda dalam menghasilkan putaran *flywheel* sehingga energi kinetik yang dihasilkan juga berbeda-beda. Perhitungan energi kinetik menggunakan rumus:

$$E_k = 0.5 \times I \times \omega^2 \dots\dots\dots(1)$$

$E_k$  = energi kinetik (joule),  
 $I$  = Inersia *flywheel*( $kg.m^2$ ),  
 $\omega$  = putaran *flywheel* dalam detik(rps),

**Hasil dan Pembahasan**

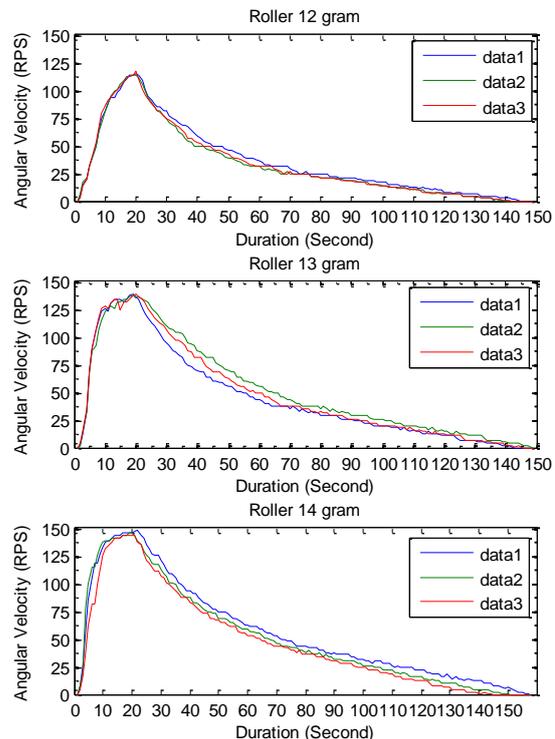
Pengambilan data pengujian kecepatan putar *flywheel* yang dipengaruhi berat roller 12, 13 dan 14 gram dilakukan sebanyak tiga kali. Pengambilan data menghasilkan berupa grafik yang tampak pada gambar 3.1 yang menyatakan bahwa rentang waktu pengujian antara waktu 0-150 detik. Putaran maksimum dari

penggerak mula dengan daya 1 HP dicapai dalam waktu 20 detik, luaran dari putaran maksimum masing-masing *roller* sebesar 115, 137 dan 145rps.

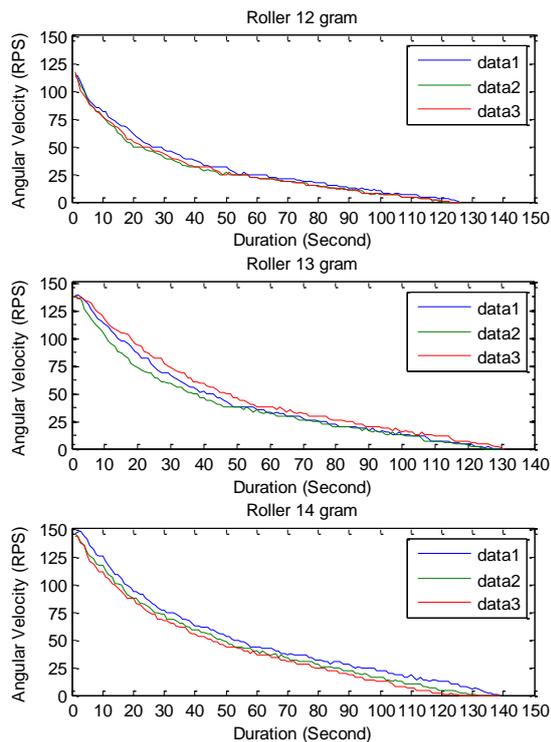
Durasi waktu pembangkitan energi kinetik diperoleh antara detik ke 20 sampai ke 150. Rentang waktu durasi pembangkitan energi kinetik dari masing-masing *roller* ditampilkan di gambar 3.2 dengan hasil durasi selama 125, 129 dan 138 detik. Energi kinetik dihitung dengan menggunakan persamaan (1), kemudian dijumlahkan dengan hasil yang dapat dilihat di tabel 1.1.

Tabel 1.1 Energi Kinetik Bangkitan

Energi Kinetik (kJ)	P1	P2	P3	Rata-rata
Roller 12gr	20.220	16.972	17.491	18.228
Roller 13gr	36.738	30.889	42.255	36.672
Roller 14gr	48.971	41.781	38.262	42.987



Gambar 3.1 Hasil Pengambilan data



Gambar 3.2 Hasil Ploting waktu bangkitan energi kinetik terhadap putaran flywheel

Besarnya energi kinetik berupa luasan di bawah kurva yang terbentuk dari grafik antara durasi dengan energi kinetik yang ditampilkan pada tabel 1.1. Perbedaan penggunaan *roller* sangat berpengaruh dalam pembangkitan energi kinetik yang dihasilkan oleh *flywheel*. Besarnya area luasan dengan bertambahnya massa dari roller akan semakin luas yang terlihat jelas dalam penampilan gambar 3.3.

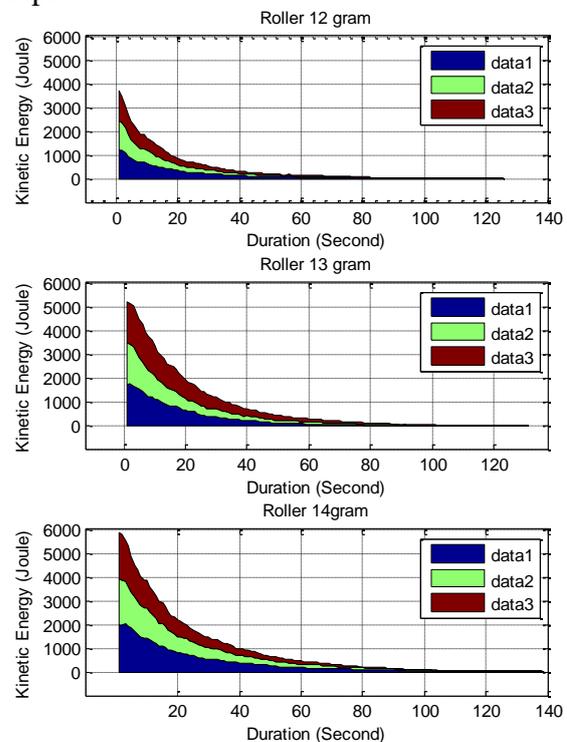
Besarnya daya yang dibangkitkan oleh *flywheel* dilakukan perhitungan dengan membagi besarnya energi kinetik yang dihasilkan oleh setiap *roller* terhadap durasi pembangkitan energi kinetik yang ditampilkan di tabel 1.2 besarnya daya bangkitan dengan bertambahnya berat *roller* akan meningkatkan besarnya daya bangkitan yang dihasilkan oleh *flywheel*. Perbedaan yang jelas terlihat di gambar antara daya yang dihasilkan oleh *roller* dengan massa 14gram dengan kenaikan sebesar 2 kali besar daya roller dengan massa 12gram.

Berdasarkan analisa respon CVT dengan penggunaan *roller* seberat 12,13 dan 14

gram terhadap besaran energi kinetik yang dihasilkan *flywheel* prototype KERS III yang terbaik dengan menggunakan roller seberat 14 gram yaitu dengan hasil energi kinetik bangkitan sebesar 42.987kJ dan daya bangkitan sebesar 0.311kW.

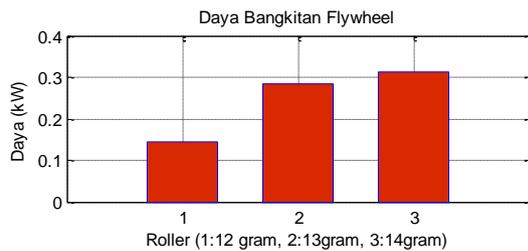
### Kesimpulan

Penggunaan berat *roller* dalam CVT memberikan pengaruh terhadap cepat atau lambatnya respon bergesernya pegas *coil* untuk menghasilkan perbandingan putaran tertinggi. Pemakaian penggerak mula berupamotor listrik dengan daya sebesar 1 Hp tidak memberikan respon yang relatif cepat.



Gambar 3.3 Energi Kinetik KERS Prototype III

Variasi	Energi Kinetik (k.J)	Durasi (detik)	Daya Bangkitan (kW)
Roller 12gr	18.228	125	0.145
Roller 13gr	36.672	129	0.284
Roller 14gr	42.987	138	0.311



Gambar 3.4 Daya Bangkitan Flywheel

Hal ini dibuktikan dengan waktu akselerasi *flywheel* mencapai puncak putaran dalam waktu 20detik. Penggunaan variasi *roller* memberikan pengaruh terhadap putaran bangkitan setelah putaran penggerak mula dihilangkan. Variasi Berat memberikan hasil bahwa *roller* 14 gram menghasilkan durasi putaran yang lebih lama, sehingga energi kinetik yang dihasilkan akan semakin besar.

Penelitian selanjutnya akan lebih memperhatikan pengaruh dari gaya gesek yang terjadi di bantalan poros dan gaya gesek udara terhadap *rim flywheel* yang menghasilkan hembusan udara ketika berputar. Selain itu juga perlu memperhatikan besarnya koefisien kekakuan pegas penggeser *pulley* untuk menghasilkan respon putaran yang lebih cepat untuk mencapai putaran tertinggi.

## Referensi

- [1] J. Beno. Center for Electromechanics Energy Storage and Pulsed Power Research. Texas, 2015.
- [2] S.Sanders, M. Senesky, M He, Edward C. (Amber Kinetics, Inc.). 2015. Low-cost Flywheel Energy Storage Demonstration. California Energy Commission. Publication number: CEC-500-2015-089.
- [3] S. Qianzhi, Z. Yan, Shipeng Du, Yuanzhou Du. 2015. A Novel Hybrid Energy Storage Strategy Based on Flywheel and Lead-acid Battery in Wind Power Generation System. International Journal of Control and Automation. Vol. 8, No. 7, page1-12