



**ANALISIS GETARAN TORSIONAL POROS *FLYWHEEL* PADA
MEKANISME KINETIK ENERGI RECOVERI SISTEM (KERS)
MENGUNAKAN *STRAIN GAUGE***

SKRIPSI

Oleh

**Sugeng Arief Wibowo
NIM 091910101053**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**ANALISIS GETARAN TORSIONAL POROS *FLYWHEEL* PADA
MEKANISME KINETIK ENERGI RECOVERI SISTEM (KERS)
MENGUNAKAN *STRAIN GAUGE***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Sugeng Arief Wibowo
NIM 091910101053**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Segala puji hanya bagi Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa penguasa kehidupan di dunia dan akhirat. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selalu tak kenal lelah untuk mendidik dan merawatku, dan adikku tersayang, serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, do'a, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa dan negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
2. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Santoso Mulyadi, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Hary Sutjahjono, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T., selaku dosen penguji I dan Bapak Ir.Ahmad Syuhri, M.T., selaku dosen penguji II.
3. Semua guruku dari Sekolah Dasar hingga Sekolah Menengah Atas dan dosen-dosenku di Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan sabar.
4. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Seluruh teman-teman angkatan 2009 khususnya N-Gine yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas kontribusi yang telah kalian berikan.

MOTTO

“Jika Kau Bukan Anak Raja, Juga Bukan Anak Ulama Besar, maka Menulislah”
(Imam Al-Ghazali)

“Semua Penulis Akan Meninggal, Hanya Karyanyalah yang Akan Abadi Sepanjang
Masa. Maka Tulislah yang Akan Membahagiakan Dirimu di Akhirat Nanti”
(Ali Bin Abi Thalib)

“Pengetahuan Bukan Kekuatan Sampai Ia Berubah Menjadi Tindakan”.
(Aristoteles)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sugeng Arief Wibowo

NIM : 091910101053

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ Analisa Getaran Torsional Poros *Flywheel* pada Mekanisme Kinetik Energi Recoveri Sistem (KERS) Menggunakan *Strain Gauge*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademis jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Oktober 2014

Yang menyatakan,

Sugeng Arief Wibowo
NIM 091910101053

SKRIPSI

**ANALISIS GETARAN TORSIONAL POROS *FLYWHEEL* PADA
MEKANISME KINETIK ENERGI RECOVERI SISTEM (KERS)
MENGUNAKAN *STRAIN GAUGE***

Oleh

Sugeng Arief Wibowo

091910101053

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Santoso Mulyadi, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Analisis Getaran Torsional Poros *Flywheel* pada Mekanisme Kinetik Energi Recoveri Sistem (KERS) Menggunakan *Strain Gauge*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 28 Oktober 2014

Tempat : Ruang Ujian I Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Santoso Mulyadi, S.T.,M.T.
NIP 19700228 199702 1 001

Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.
NIP 19681205 199702 1 002

Dosen Penguji 1,

Dosen Penguji II,

Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP 19670123 199702 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Analisis Getaran Torsional Poros *Flywheel* pada Mekanisme Kinetik Energi Recoveri Sistem (KERS) Menggunakan *Strain Gauge*; Sugeng Arief Wibowo, 091910101053 : 2014, 57 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kinetik energi recoveri sistem (KERS) adalah perangkat yang berfungsi untuk menyimpan energi kinetik yang dimanfaatkan kembali untuk menambah akselerasi kendaraan dan dapat juga digunakan untuk menggerakkan generator untuk pengisian baterai. Sedangkan teknik penyimpanannya dapat disimpan dalam baterai dan flywheel.

Sebagaimana yang umum terjadi pada suatu mekanisme berputar, dalam mengkaji performansi mekanisme KERS pengaruh getaran harus diperhatikan. Karena getaran akan selalu muncul pada sistem yang berputar tersebut. Pada mekanisme KERS ini getaran yang perlu dikaji adalah getaran torsional pada poros flywheel. Penyebab terjadinya getaran torsional pada poros flywheel adalah adanya torsi yang terjadi ketika poros mentransmisikan daya ke flywheel yang membutuhkan torsi awal yang besar untuk menggerakkan flywheel.

Studi ini merupakan tahap awal untuk menganalisis respon getaran torsional pada poros flywheel akibat adanya variasi kecepatan putaran poros flywheel. Hal yang menjadi alasan utama mengapa fenomena getaran pada mekanisme KERS ini perlu dikaji adalah untuk memastikan bahwa mekanisme KERS yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran getaran torsional secara eksperimen menggunakan sensor strain gauge.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Penelitian getaran torsional secara eksperimen pada perangkat mekanisme kinetik energi recoveri sistem (KERS) ini dilakukan dengan cara memvariasikan frekuensi listrik pada input listrik motor AC 1

Hp 3 fasa yang digunakan sebagai motor penggerak mekanisme KERS, dengan lima variasi frekuensi yaitu 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz dan 25 Hz. Pada tiap variasi frekuensi akan menghasilkan kecepatan putaran motor penggerak yang berbeda sehingga putaran yang ditransmisikan ke poros flywheel juga akan berbeda. Maka hal ini akan mempengaruhi daya yang dapat ditransmisikan poros ke flywheel. Sensor strain gauge di rekatkan pada poros flywheel yang berimpit dengan tumpuan bearing, sensor direkatkan dengan kemiringan membentuk sudut 45° dari sumbu aksial poros.

Amplitudo paling besar terjadi pada variasi ke-5 pada frekuensi 25 Hz yaitu 0,440315934 rad pada detik ke 4:24:252. Sedangkan yang paling kecil pada variasi frekuensi 10 Hz yaitu 0,160625 rad pada detik ke 48:16:792. Secara umum grafik respon getaran pada tiap-tiap variasi dapat dilihat bahwa respon getaran yang terjadi adalah pada awalnya transien (acak) yang berada pada daerah I pada grafik, pada kondisi transien terjadi perubahan gelombang naik turun yang perubahannya terjadi secara signifikan. Kemudian respon getarannya steady atau berada pada daerah II pada grafik, pada kondisi ini tidak terjadi perubahan amplitudo gelombang secara signifikan, dan pola gelombangnya mulai terbentuk.

Kecepatan putaran poros flywheel berpengaruh terhadap respon getaran torsi yang terjadi, semakin tinggi putaran poros akan menyebabkan amplitudo sudut torsi juga semakin besar, hal ini sama dengan apa yang dilaporkan Husodo, Adi.W., et, al ., pada penelitian getaran torsi poros turbin arus laut, yang melaporkan bahwa semakin besar kecepatan arus laut, menyebabkan semakin besarnya simpangan sudut dan amplitudonya.

SUMMARY

Torsional Vibration Analysis of Shaft Flywheel on Mechanism Kinetic Energy Recovery System (KERS) Using Strain Gauge; Sugeng Arief Wibowo, 091910101053 : 2014, 57 pages; Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Jember University.

Kinetic energy recovery system (KERS) is a device that serve to store kinetic energy is recovered to increase vehicle acceleration and can also be used to move a generator to charge the battery. While storage techniques can be stored in battery and flywheel.

As is common in a rotating mechanism, in studying performamce mechanisms KERS the effect of vibrations must be considered. Because the vibration will always appear on the rotating system. In this KERS vibration mechanism need to be studied is the torsional vibration on the shaft flywheel. The cause of torsional vibration on the shaft flywheel is the torque that occur when the shaft transmitting power to the flywheel which require a great torque to drive the flywheel.

This study is an preliminary to analyze the response of torsional vibration on the shaft flywheel due to shaft flywheel rotation speed variation. This is the main reason why the phenomenon of vibration on KERS is necessary to study the mechanism is to ensure that the KERS mechanism that has been designed to work with either. In this research, an experimental measurement of torsional vibration using strain gauge sensor.

This research was conducted in Labratorium Design and Test Material Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. Torsional vibration experimental research on the mechanism of kinetic energy recovery system (KERS) is done by variation frequency electrical input power at the AC motor 1 hp 3 phase motor are used as drive mechanism of KERS, with four variations frequency is 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz and 25 Hz. At each frequency

variation will produce high rotation speed drive motor so that different rounds are transmitted to the shaft flywheel will also be different. Then this will affect the power that can be transmitted to the shaft flywheel. The strain gauge sensors that mount them on the shaft flywheel coincider with pedestal bearing, sensor glued to form a slope angle of 45° from the axis of the shaft axial.

Greatest amplitude variations occur on the fifth at a frequency of 25 Hz which is 0.440315934 rad in seconds to 4: 24: 252. While the smallest at 10 Hz frequency variation is 0.160625 rad in seconds to 48: 16: 792. In general graphs vibration response at each variation can be seen that the vibration response that occurs is initially transient (random) which in the region I at the graph, the transient state wave changes up and down that there will be significant changes. Then the vibration response of steady or is in the region II at the graph, under these conditions, no changes in significant wave amplitude and wave pattern was formed.

Flyhweel shaft rotation speed affect the vibration response tosional. The higher the rotation shaft will cause the amplitude of the angle tosional also getting bigger, it is similar to what was reported Husodo, Adi.W., et, al., the turbine shaft torsional vibration studies of ocean currents, which reported that the greater the speed of ocean currents, cause the magnitude of the deviation angle and amplitude.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam yang selalu tercurahkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW karena beliaulah panutan seluruh umat di dunia maupun akhirat.

Skripsi ini berjudul “Analisis Getaran Torsional Poros Flywheel pada Mekanisme Kinetik Energi Recoveri Sistem (KERS) Menggunakan Strain Gauge”. Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Ibu dan Ayah sebagai penuntun langkah hidupku menuju kepada kebenaran yang hakiki, yang selalu aku butuhkan ridlo, do'a dan kasih sayangnya sepanjang hidupku.
2. Rektor Universitas Jember melalui dana DIPA Universitas Jember yang telah mendanai penelitian KERS dengan ketua peneliti Dr. Triwahju Hardianto, ST., M.T., dan anggota peneliti Hari Sutjahjono, ST., M.T., Dedy Dwi Laksana, ST., M.T., dan M. Edoward Ramadhan, S.T, M.T. berdasarkan surat no: DIPA-023.04.2.414995/2013 tanggal 05 Desember 2012.
3. Dekan Pembantu Dekan 1,2 dan 3 Fakultas Teknik beserta staf dan pegawai.
4. Ketua Jurusan , Sekertaris Jurusan, Kaprodi S1, Komisi Bimbingan Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.

5. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., MT. sebagai dosen pembimbing utama, Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing anggota, Bapak Dedi Dwi Laksana. ST., MT. sebagai dosen penguji I, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T., sebagai dosen penguji II.
6. Bapak Imam Sholahuddin, S.T, M.T, yang telah memberi bimbingan dan pengarahan dalam hal teknis selama melakukan penelitian di laboratorium.
7. Staf Dosen, Teknisi Lab, Staf administrasi dan Staf keamanan baik Jurusan Teknik Mesin khususnya dan umumnya Fakultas Teknik .
8. Agung Eko, Heru, Mr. Fakeh, Rio H. Faizun (jrenk), Singgeh K., Dwi Tuekz, Viktor, Arry, Dayat, Ricky, Erfan, M. Zajuli dan semua yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2009.

Penulis menyadari sebagai manusia, hal yang tak mungkin lepas dari kekhilafan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan peneliti-peneliti berikutnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

Jember, 20 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Mekanisme KERS	5
2.3 Poros	7
2.4 Baja St 37	8

2.5 Flywheel	9
2.6 Tegangan Sederhana	10
2.6.1 Analisis Gaya Dalam	10
2.6.2 Tegangan Geser	11
2.6.3 Deformasi Geser	13
2.7 Penurunan Rumus Torsi	14
2.8 Strain Gauge	16
2.8.1 Prinsip Kerja Strain Gauge	15
2.8.2 Prinsip Pengukuran Regangan.....	16
2.8.3 Pengukuran Tegangan Geser dan Torsi pada Poros	17
2.8.4 Pengukuran Tegangan dengan 1-Gauge Sistem	18
2.9 Jembatan Wheatstone	19
2.10 Penguat Instrumentasi	20
2.11 Konverter Analog ke Digital (ADC)	21
2.12 Konsep Dasar Getaran	21
2.12.1 Klasifikasi Getaran	22
2.12.2 Parameter Getaran	23
2.13 Pengolahan Data Vibrasi	25
2.13.1 Data Domaian Waktu	25
2.14 Respon Transien dan Steady State	26
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1 Alat	27
3.2.2 Bahan	27
3.3 Skema Alat	28

3.4 Diagram Blok Akusisi Data.....	29
3.5 Langkah Pengambilan Data.....	29
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.7 Jadwal Rencana Penelitian.....	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Penelitian.....	34
4.2 Pembahasan.....	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Mekanisme KERS.....	6
2.2 Flywheel.....	10
2.3 Penampang selidik a-a melalui batang terbebani.....	10
2.4 Komponen pengaruh gaya dalam pada penampang potong a-a.....	10
2.5 Tegangan geser yang bekerja pada elemen.....	12
2.6 Deformasi geser.....	13
2.7 Deformasi poros bulat.....	14
2.8 Rangkaian strain gauge pada jembatan wheatstone.....	17
2.9 Tegangan secara mikroskopik.....	18
2.10 Penempelan strain gauge membentuk sudut 45°	18
2.11 Rangkaian dengan 1-Gauge Sistem.....	19
2.12 Puntiran poros.....	19
2.13 Jembatan Wheatstone.....	20
2.14 Rangkaian penguat instrumentasi.....	21
2.15 Sistem getaran sederhana.....	24
2.16 Hubungan antara perpindahan, kecepatan dan percepatan getaran.....	24
2.17 Karakteristik sinyal statik dan dinamik.....	26
2.18 Respon transien dan steady state.....	27
3.19 Perangkat mekanisme KERS.....	28
3.20 Skema alat.....	29
3.21 Skema sistem akuisisi data.....	29
3.22 Diagram alir penelitian.....	31
4.23 Poros flywheel dan sensor.....	34

4.24 Perangkat KERS dan komponennya	35
4.25 Skema proses pengukuran.....	36
4.26 Grafik getaran torsional pada input listrik 5 Hz.....	38
4.27 Grafik getaran torsional pada input listrik 10 Hz.....	39
4.28 Grafik getaran torsional pada input listrik 15 Hz.....	40
4.29 Grafik getaran torsional pada input listrik 20 Hz.....	41
4.30 Grafik getaran torsional pada input listrik 25 Hz.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat fisis rata-rata logam umum	9
2.2 Karakteristik dan satuan getaran	24
3.2 Data hasil penelitian	29
3.3 Kegiatan penelitian.....	31
4.4 Contoh tabel data hasil penelitian pada frekuensi input listrik 5 hz	36