



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**MODEL SINYAL GETARAN UNTUK CACAT CINCIN
LUAR BANTALAN BOLA**

TUGAS AKHIR

**FACHRUL HERY BUDIMAN
L2E 606 025**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
OKTOBER 2012**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada :

Nama : Fachrul Hery Budiman
NIM : L2E 606 025
Dosen Pembimbing I : Dr. Achmad Widodo, ST, MT
Dosen Pembimbing II : Ir. Djoeli Satridjo, MT
Judul : Model sinyal getaran untuk cacat cincin luar
bantalan bola

Isi tugas :

1. Memodelkan bentuk cincin luar bantalan bola disertai bentuk cacatnya.
2. Menganalisa respon getaran akibat cacat pada cincin luar bantalan bola dengan bantuan program metode elemen hingga ANSYS.

Dosen pembimbing I



Dr. Achmad Widodo ST, MT

NIP : 197307021999031001

Semarang, Oktober 2012

Dosen pembimbing II



Ir. Djoeli Satridjo, MT

NIP:196107121988031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi / Tesis / Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Fachrul Hery Budiman

NIM : L2E 606 025

Tanda Tangan :



Tanggal : Oktober 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Fachrul Hery Budiman
NIM : L2E 606 025
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Model sinyal getaran untuk cacat cincin luar
bantalan bola

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing1 : Dr. Achmad Widodo, ST, MT

Pembimbing 2 : Ir. Djoeli Satrijo, MT

Penguji 1 : Khoiri Rozi, ST, MT

Penguji 2 : Dr. Ir. Toni Prahasto, MASc



Semarang, Oktober 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP.197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fachrul Hery Budiman
NIM : L2E 606 025
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan dosen pembimbing saya yang berjudul :

MODEL SINYAL GETARAN UNTUK CACAT CINCIN LUAR BANTALAN BOLA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Oktober 2012
Yang Menyatakan



(Fachrul Hery B)
NIM. L2E 606 025

MOTTO

JADILAH ORANG YANG BERGUNA UNTUK SESAMA

Persembahan

*Tugas sarjana ini penulis persembahkan kepada:
Kedua orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang, dukungan
dan doa tanpa kenal lelah.*

*Seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan dan
semangat.*

*Seluruh teman – teman teknik mesin angkatan 2006 yang selalu
bersama saat senang dan susah, keep solidarity forever*

ABSTRAK

Bantalan gelinding merupakan bagian yang sangat penting dari sebuah mesin yang berputar. Kerusakan pada bantalan gelinding akan menyebabkan suara berisik dan menurunkan kinerja mesin pada saat beroperasi. Pada saat ini, metode yang paling efektif digunakan untuk mendiagnosa kerusakan bantalan gelinding adalah dengan analisis getaran. Kerusakan bantalan gelinding bisa dideteksi dari frekuensi karakteristik bantalan sebagai akibat dari interaksi cacat dengan elemen gelinding. Kerusakan pada bantalan gelinding akan menyebabkan getaran transient pada saat cacat tersebut mengenai bola.

Penelitian ini membahas model getaran transient pada bantalan gelinding dengan variasi bentuk cacat berupa lubang silindris dan kubus. Cacat dimodelkan pada ring luar bantalan gelinding dan dianalisis dengan bantuan metode elemen hingga. Analisis model getaran tersebut disajikan dalam bentuk perbandingan respon amplitudo getaran bantalan gelinding tanpa cacat dan yang mengalami cacat lubang silindris maupun kubus. Dengan perbedaan dari luas area cacat dihasilkan sinyal getaran pada cincin luar bantalan bola yang berbeda.

Kata kunci : bantalan gelinding, cincin luar, getaran transient.

ABSTRACT

Rolling bearing is a very important part of rotating-machine equipments. Damage on roller bearing will cause noises and degrade the performance of the machine during operation. At present, the most effective method to diagnose damage on rolling bearing is using vibration analysis. Rolling bearing damage can be detected from the characteristics frequency of the bearing as a result of the interaction of defects with rolling elements. Damage on rolling bearing will cause transient vibration when the defect contacted the ball.

This study discusses the model of transient vibration on rolling bearing with a variety of defects in the shape of cylindrical and cube holes. Defects are modeled on the outer ring rolling bearings and analyzed with the help of the finite element method. Vibration analysis model is presented in the form of a comparison of the vibration amplitude response between rolling bearing without defect and roller bearing with defects in the shape of cylindrical and cube holes. The difference of the defect area affect the vibration signals generated in the outer ring ball bearing to be different also.

Keyword : rolling bearing, outer ring, transient vibration.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Semoga puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"Model sinyal getaran untuk cacat dari cincin luar bantalan bola"** ini.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Achmad Widodo, ST, MT dan Bapak Ir Djoeli satridjo, MT, selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua Bapak Djuwahir dan Ibu Afifah yang terhormat, serta keluarga di rumah yang slalu mendoakan dan menyemangati penulis.
3. Saudara-saudaraku mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 2006, atas dukungan, kebersamaan serta kisah suka duka selama perkuliahan.
4. Semua pihak yang tak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu demi kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya Tugas Akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga sepenggal episode kehidupan penulis di kampus dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya Amiin..

Semarang, Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Tugas Akhir	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Kepentingan Akademis	v
Abstrak	viii
Kata Pengantar	x
Daftar isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xx
Nomenklatur	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Bantalan Bola	5
2.1.1 Jenis – Jenis Bantalan Bola	6
2.1.2 Rumus Perhitungan Distribusi Beban	10
2.2 Pemodelan Cacat pada Bantalan Bola	11
2.2.1 Pemodelan Cacat	11
2.2.2 Getaran Bebas	11
2.3 Metode Elemen Hingga	12
2.3.1 Pengertian Metode Elemen Hingga	12

2.3.2	Aplikasi dari Metode Elemen Hingga.....	13
2.2.3	Keuntungan dari Metode Elemen Hingga.....	13
2.4	Peran Komputer dalam Metode Elemen Hingga.....	14
2.5	Elemen Solid 187	14
2.6	Analisa Dinamis Transient.....	15
2.7	Analisa Modal	16
2.8	Analisa harmonik	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Proses Pemodelan Sinyal Getaran untuk Cincin Luar	18
3.2	Data Analisa	20
3.2.1	Spesifikasi Bantalan Bola.....	20
3.2.2	Jenis dan Sifat Mekanik Material Bantalan Bola	20
3.2.3	Data Perhitungan Distribusi Beban.....	20
3.3	Pemodelan Bentuk Geometri Bantalan Bola	21
3.4	Pemodelan Sinyal Getaran	22
3.5	Analisa Modal	22
3.5.1	Impor Geometri	23
3.5.2	Memasukkan Tipe Elemen.....	24
3.5.3	Memasukkan Sifat Mekanik Material.....	25
3.5.4	Diskritisasi (<i>Meshing</i>)	25
3.5.5	Memilih Analisa yang Digunakan	27
3.5.6	Pemberian Kondisi Batas	28
3.5.7	Memulai Proses Perhitungan	29
3.6	Analisa Harmonik.....	29
3.6.1	Impor Geometri	31
3.6.2	Memasukkan Tipe Elemen.....	31
3.6.3	Memasukkan Sifat Mekanik Material.....	32
3.6.4	Diskritisasi (<i>Meshing</i>).....	33
3.6.5	Tipe Analisa.....	34
3.6.6	Pemberian Kondisi Batas	35

3.6.7	Pemberian Beban	36
3.6.8	Memasukkan Frekuensi.....	36
3.6.9	Memulai Proses Perhitungan	37
3.7.1	Letak Pengambilan Data	37
3.7	Analisa Dinamis Transient.....	38
3.7.1	Impor Geometri	42
3.7.2	Memasukkan Tipe Elemen.....	42
3.7.3	Memasukkan Sifat Mekanik Material.....	43
3.7.4	Diskritisasi (<i>Meshing</i>)	43
3.7.5	Memilih Tipe Analisa yang Digunakan	45
3.7.6	Pemberian Kondisi Batas	46
3.7.7	<i>Solve</i>	47
3.7.8	Analisa Transient <i>superposition</i>	47
3.7.9	Menentukan <i>Dynamic Gap Condition</i>	48
3.7.10	Memasukkan Nilai Rasio Redaman.....	48
3.7.11	Menentukan Kontrol Waktu untuk Langkah yang Pertama	49
3.7.12	Menyimpan Pengaturan Awal	50
3.7.13	Pemberian Beban yang Pertama	50
3.7.14	Menentukan Kontrol Waktu untuk Langkah yang Kedua	50
3.7.15	Menyimpan Pengaturan Kedua.....	51
3.7.16	Pemberian Beban yang Kedua.....	51
3.7.17	Menentukan Kontrol Waktu untuk Langkah yang Ketiga	52
3.7.18	Menyimpan Pengaturan yang Ketiga.....	52
3.7.19	Pemberian Beban yang Ketiga	53
3.7.20	Menentukan Kontrol Waktu untuk Langkah yang Keempat.....	53
3.7.21	Menyimpan Pengaturan yang Keempat	54
3.7.22	Pemberian Beban yang Keempat.....	54
3.7.23	Menentukan Kontrol Waktu untuk Langkah yang Kelima	55
3.7.24	Menyimpan Pengaturan yang kelima.....	55
3.7.25	Memulai Proses Perhitungan	56
3.7.26	Pengambilan Data	56

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan pada Analisa Modal pada Cincin Luar Bantalan Bola.....	57
4.2 Hasil dan Pembahasan pada Analisa Harmonik pada Cincin luar Bantalan Bola	58
4.3 Hasil dan Pembahasan pada Analisa Dinamis Transient pada Cincin Luar Bantalan Bola	62
4.3.1 Grafik Perpindahan	62
4.3.2 Grafik Kecepatan	64
4.3.3 Grafik Percepatan	66
4.3.4 Perbandingan Amplitudo pada Respon Transien	68
4.4 Hasil dan Pembahasan dari Energi Terdisipasi	68

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Evolusi bantalan gelinding	6
Gambar 2.2	Bantalan bola alur dalam baris tunggal.....	6
Gambar 2.3	Bantalan bola alur dalam baris ganda	7
Gambar 2.4	Bantalan bola sudut kontak baris tunggal	7
Gambar 2.5	Bantalan bola sudut kontak baris ganda.....	8
Gambar 2.6	Bantalan bola <i>split inner ring</i>	9
Gambar 2.7	Bantalan bola dorong dengan sudut kontak 90°	9
Gambar 2.8	Geometri bantalan bola sederhana.....	11
Gambar 2.9	Geometri elemen solid 187	14
Gambar 3.1	Diagram alir proses pemodelan sinyal getaran untuk cacat ring luar pada bantalan bola	19
Gambar 3.2	Bantalan bola	21
Gambar 3.3	Seperempat bagian dari cincin luar bantalan bola	21
Gambar 3.4	Tampilan dari ANSYS <i>mechanical</i> APDL	22
Gambar 3.5	Diagram alir analisa modal	23
Gambar 3.6	Impor geometri dari catia	24
Gambar 3.7	Memasukkan tipe elemen.....	24
Gambar 3.8	Memasukkan nilai modulus elastisitas dan <i>poison ratio</i>	25
Gambar 3.9	Memasukkan nilai densitas	25
Gambar 3.10	Diskritisasi (<i>Meshing</i>).....	26
Gambar 3.11	<i>Refinement</i> daerah yang dianalisa.....	26
Gambar 3.12	Memilih tipe analisa.....	27
Gambar 3.13	Metode yang digunakan	27
Gambar 3.14	Pemberian kondisi batas <i>fixed support</i>	28
Gambar 3.15	Kondisi batas <i>symmetry constrain</i>	28
Gambar 3.16	<i>Solve</i>	29
Gambar 3.17	Diagram alir analisa harmonik	30
Gambar 3.18	Impor geometri	31
Gambar 3.19	Memasukkan tipe elemen.....	32

Gambar 3.20	Memasukkan nilai modulus elastisitas dan <i>poison ratio</i>	32
Gambar 3.21	Memasukkan nilai densitas	33
Gambar 3.22	Diskritisasi (<i>Meshing</i>).....	33
Gambar 3.23	<i>Refinement</i> daerah yang dianalisa.....	34
Gambar 3.24	Memilih tipe analisa.....	34
Gambar 3.25	Pemberian kondisi batas <i>fixed support</i>	35
Gambar 3.26	Pemberian kondisi batas <i>symmetry constrain</i>	35
Gambar 3.27	Letak pemberian beban	36
Gambar 3.28	Memasukkan frekuensi	36
Gambar 3.29	<i>Solve</i> untuk memulai perhitungan	37
Gambar 3.30	Letak nodal pengambilan data.....	37
Gambar 3.31	Diagram alir analisa dinamis transient.....	38
Gambar 3.32	Fungsi step pada pembebanan transient.....	39
Gambar 3.33	Seperempat bagian dari cincin luar yang telah didiskritisasi	40
Gambar 3.34	Posisi beban pada cincin luar bantalan bola yang tidak ada cacatnya	40
Gambar 3.35	Posisi beban pada cincin luar bantalan bola dengan bentuk cacat silinder	41
Gambar 3.36	Posisi beban pada cincin luar bantalan bola dengan bentuk cacat kubus	41
Gambar 3.37	Impor geometri dari CATIA	42
Gambar 3.38	Memasukkan tipe elemen.....	42
Gambar 3.39	Memasukkan nilai modulus elastisitas dan <i>poison ratio</i>	43
Gambar 3.40	Memasukkan nilai densitas	43
Gambar 3.41	Diskritisasi (<i>Meshing</i>).....	44
Gambar 3.42	<i>Refine</i> daerah yang dianalisa	44
Gambar 3.43	Memilih tipe analisa.....	45
Gambar 3.44	Metode yang digunakan	45
Gambar 3.45	Pemberian kondisi batas <i>fixed support</i>	46
Gambar 3.46	Kondisi batas <i>symmetry</i>	46
Gambar 3.47	<i>Solve</i> untuk memulai perhitungan	47
Gambar 3.48	Memilih tipe analisa.....	47

Gambar 3.49	Memilih metode yang digunakan	48
Gambar 3.50	Pengaturan arah <i>dynamic gap condition</i>	48
Gambar 3.51	Nilai rasio redaman	49
Gambar 3.52	Penentuan kontrol waktu yang pertama	49
Gambar 3.53	Menyimpan pengaturan yang pertama	50
Gambar 3.54	Letak beban yang pertama	50
Gambar 3.55	Penentuan kontrol waktu yang kedua	51
Gambar 3.56	Menyimpan pengaturan yang kedua	51
Gambar 3.57	Letak beban yang kedua	52
Gambar 3.58	Penentuan kontrol waktu yang ketiga	52
Gambar 3.59	Menyimpan pengaturan yang ketiga	53
Gambar 3.60	Letak beban yang ketiga	53
Gambar 3.61	Penentuan kontrol waktu yang keempat	54
Gambar 3.62	Menyimpan pengaturan yang keempat	54
Gambar 3.63	Letak beban yang keempat	55
Gambar 3.64	Penentuan kontrol waktu yang kelima	55
Gambar 3.65	Menyimpan pengaturan yang kelima	55
Gambar 3.66	<i>Solve</i> untuk memulai perhitungan	56
Gambar 3.67	Letak pengambilan data	56
Gambar 4.1	Grafik <i>frequency response function</i> cincin luar bantalan bola tidak ada cacatnya untuk <i>range</i> frekuensi 20 KHz -100 KHz	59
Gambar 4.2	Grafik <i>frequency response function</i> ring cincin bantalan bola tidak ada cacatnya untuk <i>range</i> frekuensi 100 KHz – 200 KHz	59
Gambar 4.3	Grafik <i>frequency response function</i> cincin luar bantalan bola dengan cacat penampang lingkaran <i>range</i> frekuensi 20 KHz -100 KHz	60
Gambar 4.4	Grafik <i>frequency response function</i> cincin luar bantalan bola dengan cacat penampang lingkaran <i>range</i> frekuensi 100 KHz – 200 KHz	60
Gambar 4.5	Grafik <i>frequency response function</i> cincin luar bantalan bola dengan cacat penampang persegi <i>range</i> frekuensi 20 KHz – 100 KHz	61
Gambar 4.6	Grafik <i>frequency response function</i> cincin luar bantalan bola dengan cacat penampang persegi <i>range</i> frekuensi 100 KHz – 200 KHz	61

Gambar 4.7	Grafik respon transient getaran perpindahan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat	62
Gambar 4.8	Grafik respon transient getaran perpindahan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran	63
Gambar 4.9	Grafik respon transient getaran perpindahan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi.....	63
Gambar 4.10	Grafik respon transient getaran kecepatan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat.....	64
Gambar 4.11	Grafik respon transient getaran kecepatan dari ring cincin bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran	65
Gambar 4.12	Grafik respon transient getaran kecepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi	65
Gambar 4.13	Grafik respon transient getaran percepatan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat	66
Gambar 4.14	Grafik respon transient getaran percepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran	67
Gambar 4.15	Grafik respon transient getaran percepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Spesifikasi bantalan bola	2
Tabel 3.1	Sifat mekanik material <i>steel</i>	20
Tabel 3.2	Distribusi beban	39
Tabel 4.1	Perbandingan frekuensi pribadi	57
Tabel 4.2	Perbandingan amplitudo pada respon transien.....	68
Tabel 4.3	Nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola	68

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
F_r	Beban radial	Newton
Q_{max}	Beban maksimal tiap bola	Newton
Z	Jumlah bola	
$J_r(\epsilon)$	Integral distribusi beban	