

LAPORAN TUGAS AKHIR
PERHITUNGAN KEAUSAN *CYLINDER* DAN *PLATE* PADA SISTEM
SLIDING CONTACT MENGGUNAKAN *UPDATED GEOMETRY*

Diajukan Sebagai Salah Satu Tugas dan Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)



Disusun oleh:
WISNU PRASETYO
L2E 307 040

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Wisnu Prasetyo

NIM : L2E 307 040

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 12 (Duabelas) bulan

Judul : Perhitungan Keausan *Cylinder* dan *Plate* pada Sistem *Sliding Contact* Menggunakan *Updated Geometry*

Isi Tugas :

1. Mengetahui kedalaman keausan pada *geometry cylinder* dan *plate* pada simulasi kontak antara *cylinder* dan *plate* menggunakan metode *Updated Geometry*.
2. Mengetahui perubahan *geometry cylinder* dan *plate* setelah mengalami keausan.

Dosen Pembimbing,

Ir. Sugiyanto, DEA
NIP. 196 001 251 987 031 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana dengan judul "**Perhitungan Keausan *Cylinder* dan *Plate* pada Sistem *Sliding Contact* Menggunakan *Updated Geometry***" yang disusun oleh:

Nama : Wisnu Prasetyo

NIM : L2E 307 040

Telah disetujui pada:

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing,

Ir. Sugiyanto, DEA
NIP. 196 001 251 987 031 001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Sarjana

Pembantu Dekan I

Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT
NIP. 197 104 211 999 031 003

Ir. Bambang Pudjianto, MT
NIP. 195 212 051 985 031 001

ABSTRAK

Setiap komponen dari suatu mesin yang saling kontak dan bergesekan antara komponen yang satu dengan komponen yang lainnya pasti akan mengalami keausan. Keausan tersebut merupakan faktor yang sering berpengaruh terhadap umur pakai suatu produk, sehingga prediksi dan simulasi keausan merupakan sesuatu yang sangat penting dalam proses *engineering*.

Untuk melakukan simulasi numerik pada simulasi keausan antara *cylinder* dan *plate*, digunakan *commercial finite element software ABAQUS 6.5-1*. Simulasi tersebut bertujuan untuk mengetahui tekanan pada area kontak, kemudian dikombinasikan dengan teori Archard sehingga didapatkan nilai tinggi keausan. Model keausan yang digunakan dalam simulasi bersifat *global*. Model keausan yang global tersebut memberikan keuntungan pada keausan bentuk permukaan.

Pada penelitian ini simulasi dimodelkan sebagai kontak statis *cylinder* pada *plate* dengan material *steel* tanpa pelumasan dengan asumsi material elastis. Hasil prediksi keausan dengan *FEM* diverifikasi dengan hasil eksperimen Oqvist. Kedalaman keausan dihitung sebagai fungsi dari jarak *sliding*. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai keausan meningkat seiring bertambahnya jarak *sliding*, tetapi laju perubahan keausan menurun dikarenakan meningkatnya *contact area*. Perubahan geometri *FEM Present* menunjukkan hasil yang mendekati sama dengan hasil eksperimen Oqvist.

Kata kunci: keausan, geometri, *updated geometry*.

ABSTRACT

Component of machine that contacted and rubbed each other will be worn out. Wear of engineering components is often a critical factor influencing the product life. Prediction and simulation of wear is therefore an important matter in engineering.

Numerical simulations of wear of a steel cylinder against a steel plate are performed with a commercial finite element software ABAQUS 6.5-1. The simulation is aimed to determine pressure on contact area, and then combined with Archard's theory to calculate the wear depth. The wear model used in the simulations is global. The global wear model gives an opportunity to predict the change in shape of the surfaces.

In this research the simulation is modeled as a cylinder on plate unlubricated static contact. An elastic Steel material is used in this research. The prediction result of wear with FEM is compared with Oqvist experimental results. Wear depth is calculated as function of sliding distance. The results shows that the wear depth increases as the increasing of sliding distance, but the wear rate decreases due to the increasing of contact area. The simulated topography of the surfaces was compared with Oqvist experimental results and the agreement was good.

Keywords: wear, geometry, updated geometry

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

- * Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- * Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan doa restu dan dukungan baik moril maupun material yang tiada terhingga.
- * Kakak-kakaku tersayang atas dukungannya.
- * Pendamping hidupku yang selalu rewel agar Tugas Akhir ini cepat selesai

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Sarjana dengan baik.

Laporan disusun sebagai salah satu tugas dan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Selesaiannya laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah membantu dalam menyusun laporan ini dengan memberikan motivasi, arahan dan bimbingan. Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sugiyanto, DEA, selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
2. Bapak Dr. Jamari, ST, MT, Bapak Rifky Ismail, ST, MT, dan Bapak M. Tauvqirrahman, ST, MT, selaku dosen pembimbing pada LAB. EDT.
3. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan Penulis di masa yang akan datang. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, 15 Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
NOMENKLATUR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TEORI KEAUSAN	
2.1 Pengantar.....	6
2.2 Teori Kontak Hertz.....	6
2.3 Keausan (<i>Wear</i>).....	8
2.4 Pemodelan Keausan	14
2.4.1 Model Keausan Mekanik.....	14
2.4.2 Model Eksperimen Oqvist.....	16
2.4.3 Model pendekatan.....	18
2.4.4 Simulasi Keausan Oqvist.....	20

BAB III PERHITUNGAN KEAUSAN DENGAN <i>FEM</i>	
3.1 Teori Dasar <i>Finite Element Method</i>	25
3.1.1 Konsep Dasar Analisa <i>Finite Element Method</i>	25
3.1.2 Prosedur Analisa Struktur.....	25
3.1.3 Jenis Elemen Pada <i>FEM</i>	25
3.2 Metodologi Pemodelan.....	29
3.2.1 Spesifikasi Pemodelan <i>Cylinder-Plate</i>	30
3.2.2 Menentukan Kenaikan Jarak <i>Sliding</i>	32
3.2.3 <i>Updated Geometry</i>	32
3.3 Prosedur Pembuatan Model <i>Cylinder-Plate</i>	33
3.3.1 Proses <i>Pre-Processing</i>	33
3.3.2 <i>Solution</i>	37
3.3.3 <i>Post Processing</i>	43
BAB IV HASIL DAN ANALISA	
4.1. Verifikasi.....	45
4.2. Verifikasi Awal Pendekatan Keausan dengan <i>FEM</i>	45
4.3. Hasil Prediksi Keausan dengan <i>FEM</i>	47
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Komponen-komponen dari mesin, (a) <i>connecting rod</i> , (b) <i>camshaft</i> , (c) <i>rocker arm</i> , (d) <i>piston</i> dan <i>ring piston</i>	2
Gambar 1.2	<i>Flow chart</i> penelitian.....	3
Gambar 2.1	Contoh-contoh kontak, (a) <i>sphere vs plane</i> , (b) <i>sphere vs sphere</i> , (c) <i>cylinder vs cylinder</i>	7
Gambar 2.2	<i>Adhesive wear</i>	10
Gambar 2.3	Proses perpindahan logam karena <i>adhesive wear</i>	10
Gambar 2.4	<i>Abrasive wear</i> oleh <i>microcutting</i> pada permukaan yang lentur.	10
Gambar 2.5	Mekanisme pada <i>abrasive wear</i> : (a) <i>microcutting</i> , (b) <i>fracture</i> , (c) <i>fatigue</i> , dan (d) <i>grain pull-out</i>	11
Gambar 2.6	<i>Flow wear</i> oleh penumpukan aliran geseran plastis (<i>plastic shear flow</i>)	11
Gambar 2.7	<i>Fatigue wear</i> karena retak di bagian dalam dan merambat.....	11
Gambar 2.8	Skema penggambaran proses retak dari awal retak dan merambatnya retak permukaan, (a) permulaan retak sebagai hasil dari proses fatik, (b) retak primer merambat sepanjang bidang slip, (c) retak tambahan dari permulaan retak, (d) tambahan retak merambat dan terbentuk partikel keausan.	12
Gambar 2.9	<i>Corrosive wear</i> karena patah geser pada lapisan lentur	12
Gambar 2.10	Partikel keausan pada aus lelah (<i>fatigue wear</i>) (a) proses terbentuknya partikel keausan, (b) contoh partikel keausan.....	13
Gambar 2.11	<i>Corrosive wear</i> karena pengelupasan pada lapisan yang rapuh	13
Gambar 2.12	Skema pengujian <i>cylinder-plate sliding system</i> oqvist, (1) <i>Moving specimen carrier</i> , (2) <i>holder</i> , (3) <i>cylindrical roller</i> , (4) <i>stationary plate</i>	17
Gambar 2.13	<i>Geometry cylinder</i> setelah 30 jam pengausan diukur dengan <i>stylus profilometer</i>	17
Gambar 2.14	<i>Flow chart</i> pendekatan simulasi keausan Oqvist.....	21

Gambar 2.15	Struktur model <i>FE</i> , (a) permukaan masih baru, (b) permukaan sudah rusak.....	23
Gambar 2.16	<i>Geometry</i> keausan setelah simulasi dengan <i>constan step time</i> , (a) <i>cylinder</i>), (b) <i>plate</i>	23
Gambar 3.1	Elemen garis	26
Gambar 3.2	Elemen bidang	26
Gambar 3.3	Elemen volume	26
Gambar 3.4	a). Dua elemen bar b) Model elemen hingga.....	27
Gambar 3.5	Diagram alir untuk simulasi keausan <i>FEM</i>	30
Gambar 3.6	Cara <i>Update Geometry</i>	33
Gambar 3.7	<i>Geometry</i> model (a) <i>cylinder</i> , (b) <i>plate</i>	34
Gambar 3.8	Material elastic.....	34
Gambar 3.9	<i>Create section</i>	35
Gambar 3.10	<i>Edit section</i>	35
Gambar 3.11	<i>Section assignment part</i>	36
Gambar 3.12	<i>Section assignment part 2</i>	36
Gambar 3.13	<i>Assembly part 1</i> dan <i>part 2</i>	37
Gambar 3.14	<i>Create step</i>	38
Gambar 3.15	<i>Create interaction</i>	39
Gambar 3.16	<i>Edit interaction</i> dan <i>contact property</i>	39
Gambar 3.17	<i>Create boundary condition</i>	40
Gambar 3.18	Menu <i>boundary condition</i>	41
Gambar 3.19	<i>Create load</i>	41
Gambar 3.20	Memasukkan data dan pemilihan titik untuk <i>load</i> yang diberikan pada <i>cylinder</i>	42
Gambar 3.21	<i>Mesh</i>	42
Gambar 3.22	<i>Create job</i>	43
Gambar 3.23	<i>Job manager</i>	43
Gambar 3.24	Proses <i>running/iterasi</i>	44
Gambar 3.25	Hasil dari simulasi	44
Gambar 4.1	Grafik <i>geometry</i> keausan	45

Gambar 4.2	Kontur tegangan kontak arah sumbu y pada <i>FEM</i>	46
Gambar 4.3	Grafik tegangan kontak terhadap jari-jari kontak.....	47
Gambar 4.4	Grafik tinggi keausan terhadap jarak <i>sliding</i>	48
Gambar 4.5	Grafik <i>geometry</i> keausan <i>cylinder</i>	48
Gambar 4.6	<i>Geometry</i> keausan <i>plate</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Parameter-parameter untuk geometri <i>cylinder-plate</i>	31
---------------------------------------------------------------------------	----

NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A	luas permukaan kontak	$[\text{mm}^2]$
a	jari-jari permukaan bidang kontak	$[\text{mm}]$
E	modulus elastisitas	$[\text{MPa}]$
E^*	modulus elastisitas efektif	$[\text{MPa}]$
F_N	gaya normal (<i>normal load</i>)	$[\text{N}]$
H	kekerasan bahan (<i>hardness</i>)	$[\text{MPa}]$
HV	kekerasan Vicker	$[\text{MPa}]$
h	kedalaman keausan	$[\text{mm}]$
K	koefisien keausan tak berdimensi	$[-]$
k_D	koefisien keausan berdimensi	$[\text{mm}^3/\text{Nmm}]$
KN	kekakuan kontak	$[\text{N}/\text{mm}]$
p_0	tegangan kontak maksimum	$[\text{MPa}]$
p	tegangan kontak normal	$[\text{MPa}]$
R	jari-jari efektif	$[\text{mm}]$
s	jarak <i>sliding</i>	$[\text{mm}]$
V	volume keausan	$[\text{mm}^3]$
ν	<i>poisson's ratio</i>	$[-]$
μ	koefisien gesek	$[-]$

Subscripts dan superscripts

c	<i>cylinder</i>
p	<i>plate</i>
i	tahap kenaikan keausan
max	maksimum
w	keausan
e	elastis