

TUGAS SARJANA

**ANALISA PARAMETER KONTAK PADA *SLIDING CONTACT*
ANTAR *ELLIPSOID* DENGAN VARIASI ARAH *SLIDING*
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**



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

Disusun oleh:

ARTHA BUDI NUGRAHA

L2E 307 009

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Artha Budi Nugraha

NIM : L2E 307 009

Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT

Jangka Waktu : 12 (Dua belas) bulan

Judul : **Analisa Parameter Kontak pada *Sliding Contact* antar *Ellipsoid* dengan Variasi Arah *Sliding* Menggunakan Metode Elemen Hingga.**

Isi Tugas :

1. Menghitung nilai *von Mises* saat *sliding* dengan kondisi tanpa gesekan (*frictionless*) dan dengan gesekan (*friction*).
2. Membandingkan gaya reaksi yang ditimbulkan saat *sliding* dengan variasi pembebanan berupa *vertical displacement*.
3. Mengetahui pengaruh arah *sliding* dan variasi radius pada *ellipsoid* terhadap gaya reaksi total saat terjadi kontak.

Dosen Pembimbing,

Dr. Jamari, ST, MT
NIP. 197 403 042 000 121 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana dengan judul "**Analisa Parameter Kontak pada *Sliding Contact* antar *Ellipsoid* dengan Variasi Arah *Sliding* Menggunakan Metode Elemen Hingga**"

yang disusun oleh :

Nama :

NIM :

telah disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing,



Dr. Jamari, ST, MT.

NIP. 197 403 042 000 121 001

Mengetahui,

Pembantu dekan I



Ir. Bambang Pudjianto, MT

NIP. 195 212 051 985 031 001

Koordinator Tugas Sarjana,



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT.

NIP. 197 104 211 999 031 003

ABSTRAK

Kontak *sliding* antara dua komponen yang saling bersinggungan merupakan salah satu fenomena penting di dalam bidang teknik. Beberapa model yang ada melakukan pendekatan terhadap bentuk kontak *sliding* antar dua permukaan yang punya kekasaran (*asperities*) dengan model *sliding* antar *hemisphere* atau *ellipsoid body*. Pemodelan *sliding contact* dilakukan dengan kondisi tanpa gesekan (*frictionless*) dan dengan gesekan (*friction*) menggunakan material elastis-plastis kemudian diberi pembebanan berupa *vertical displacement*. *Sliding* antar *ellipsoid* dilakukan dengan variasi radius dan arah *sliding* yang berbeda yaitu searah R_x dan R_y .

Tugas Akhir ini membahas perhitungan nilai *von Mises stress* saat kondisi *sliding* tanpa gesekan dan dengan gesekan, membandingkan gaya reaksi saat *sliding* dengan pembebanan berupa *vertical displacement*. Hasil menunjukkan perbandingan nilai *von Mises* kondisi dengan gesekan (*friction*) lebih tinggi dibanding kondisi tanpa gesekan (*frictionless*). Dilihat dari hasil plot gaya reaksi saat *sliding* dapat disimpulkan bahwa gaya reaksi akan menjadi lebih besar seiring dengan penambahan *vertical displacement* dan variasi radius berpengaruh terhadap nilai *von Mises* karena pengaruh luasan area yang saling kontak antar ellipsoid.

Kata kunci: Kontak *sliding*, elastis-plastis, analisa tegangan, gesekan.

ABSTRACT

The sliding contact between two components is one of important phenomenon in engineering applications. Several existing models approach to sliding contact between two surfaces with a sliding model of hemisphere or ellipsoid body. The model presented in this work is done by a condition without and with friction which uses the elastic-plastic material, then it is applied a vertical displacement loading. The sliding between ellipsoid is performed with different sliding directions and radius ratio variations that is in the direction R_x and R_y .

This final project discuss about von Misses stress value calculation when the sliding occurs without and with friction condition, comparing the reaction force at sliding with a vertical displacement loading. The result shows the comparison between von Misses stress value with friction is higher than frictionless condition. It can be seen from the result of the plot reaction force at the time of sliding, it can be concluded that reaction force will be higher with the addition of vertical displacement and radius variation that has influence towards von Misses stress value because of the larger area influence that is contacted each other between ellipsoid.

Keywords: Contact sliding, elastic-plastic, stress analysis, friction.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- ❖ Mama dan Papa yang selalu memberikan do'a serta dukungan baik moril maupun material.
- ❖ Adik sepupuku Adzra Naufalinda dan Keluarga besar di Temanggung.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Papa dan mama yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.
2. Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fadjar T.K, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
3. Dr. Jamari, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
4. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium EDT.
5. Teman-teman Teknik Mesin UNDIP Ekstensi 2007.
6. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Sarjana ini.

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

Semarang, 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	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
NOMENKLATUR.....	xvi
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 KONTAK <i>SLIDING</i>	
2.1 Teori Kontak Hertz	5
2.1.1 Kontak Elastis pada <i>Hemisphere</i>	8
2.1.2 Kontak Elastis pada <i>Ellipsoid</i>	10
2.2 Teori Kontak Elastis-Plastis	12
2.3 Teori Kontak <i>Sliding</i>	13
2.4 Jenis Kontak <i>Sliding</i>	14
2.4.1 Gaya Gesek Statis	15
2.4.2 Gaya Gesek Kinetis.....	15

BAB III VALIDASI PEMODELAN	
3.1	Kontak Statis Hertz 16
3.2	Kontak <i>Sliding</i> Moody 19
3.3	Perbandingan Plot Gaya Reaksi antara <i>Present</i> model dengan model Moody..... 22
BAB IV PROSEDUR PEMODELAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE ABAQUS</i>	
4.1.	Pengantar..... 28
4.2.	Metode Penelitian..... 32
4.3.	Spesifikasi Masalah..... 33
4.3.1.	Proses <i>Preprocessor</i> 34
4.3.2.	<i>Solver</i> 38
4.3.3.	Proses <i>Postprocessing</i> 39
BAB V HASIL DAN ANALISA	
5.1.	Hasil untuk Kontak <i>Sliding</i> antar <i>Elipsoid</i> 41
5.1.1	Kontak <i>Sliding</i> pada <i>Ellipsoid</i> 41
5.1.2	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 1 Searah Sumbu R_x 42
5.1.3	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 1 Searah Sumbu R_y 45
5.1.4	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 2 Searah Sumbu R_x 48
5.1.5	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 2 Searah Sumbu R_y 51
5.1.6	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 3 Searah Sumbu R_x 53
5.1.7	Hasil dari <i>Present</i> Model <i>Sliding</i> Variasi 3 Searah Sumbu R_y 55
5.2.	Analisa Kontak <i>Sliding</i> antar <i>Elipsoid</i> 56

BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	57
6.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	61
A. Hasil Plot pada Kasus Kontak Hertz	
B. Geometri Kontak Pada <i>Hemisphere</i> dan <i>Ellipsoid</i>	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Aplikasi mekanika kontak pada bidang <i>machining</i>	2
Gambar 1.2	Dimensi <i>ellipsoid</i>	3
Gambar 1.3	<i>Flow chart</i> metodologi penelitian	4
Gambar 2.1	Pembebanan pada kontak antar <i>asperity</i>	6
Gambar 2.2	Macam-macam kontak: (a) <i>surface contact</i> , (b) <i>point contact</i> , (c) <i>line contact</i>	6
Gambar 2.3	Geometri <i>hemisphere</i>	8
Gambar 2.4	Geometri kontak pada <i>hemisphere</i>	9
Gambar 2.5	Geometri kontak <i>eliptik</i>	11
Gambar 2.6	Tipe-tipe gesekan.....	14
Gambar 2.7	Gaya Gesek: (a) Pada bidang datar, (b) Pada bidang miring.....	15
Gambar 3.1	Kontak dua bola statik elastik dengan $R_1 = 3R_2$ dan $\nu = 3\%R_2$...	16
Gambar 3.2	Distribusi <i>plot von Mises stress FEM</i>	17
Gambar 3.3	Grafik Validasi Normalisasi teori Hertz <i>versus present</i> model	
Gambar 3.4	Pemodelan FEM menggunakan <i>ABAQUS</i> : (a) Model <i>hemisphere</i> Moody, (b) <i>Refine mesh</i> pada area kontak.....	20
Gambar 3.5	Skema kontak <i>sliding</i>	21
Gambar 3.6	Grafik Al-Cu normalisasi gaya reaksi yang terjadi, dengan jarak <i>sliding</i> : (a) Gaya reaksi arah vertikal, (b) Gaya reaksi arah horizontal	22
Gambar 3.7	Grafik Al-Cu ($\mu = 0.3$) normalisasi gaya reaksi yang terjadi, dengan jarak <i>sliding</i> : (a) Gaya reaksi arah vertikal, (b) Gaya reaksi arah horizontal	23
Gambar 3.8	Grafik steel-on-steel normalisasi gaya reaksi yang terjadi, dengan jarak <i>sliding</i> : (a) Gaya reaksi arah vertikal, (b) Gaya reaksi arah horizontal.	24

Gambar 3.9	Kontur Grafik steel-on-steel ($\mu = 0.3$) normalisasi gaya reaksi yang terjadi, dengan jarak <i>sliding</i> : (a) Gaya reaksi arah vertikal, (b) Gaya reaksi arah horizontal.	26
Gambar 4.1	Elemen matrik	28
Gambar 4.2	Jenis-jenis elemen yang lazim digunakan pada analisa <i>FEM</i> ..	29
Gambar 4.3	<i>Shape function linier triangular element</i>	31
Gambar 4.4	<i>Flowchart</i> penelitian.....	32
Gambar 4.5	<i>Present model ellipsoid contact sliding</i>	33
Gambar 4.6	Penentuan jenis pemodelan	34
Gambar 4.7	Pembuatan sket model.....	34
Gambar 4.8	<i>Material property</i>	35
Gambar 4.9	<i>Assembly model</i>	35
Gambar 4.10	<i>Step manager</i>	36
Gambar 4.11	<i>Contact interaction</i>	36
Gambar 4.12	Penentuan <i>Boundary Condition (BC)</i>	37
Gambar 4.13	Pemilihan <i>element type</i>	38
Gambar 4.14	Hasil <i>meshing</i> dan <i>refine mesh</i>	38
Gambar 4.15	<i>Job manager</i>	39
Gambar 4.16	<i>Field output</i>	39
Gambar 4.17	Distribusi <i>von Misses stress</i>	40
Gambar 4.18	Distribusi <i>reaction force</i> searah sumbu <i>Y</i>	40
Gambar 5.1	<i>Present model</i> untuk <i>sliding contact</i> antar <i>ellipsoid</i>	41
Gambar 5.2	Arah <i>sliding contact</i> antar <i>ellipsoid</i> , dengan arah <i>sliding</i> : (a) searah sumbu R_x , (b) searah sumbu R_y	42
Gambar 5.3	Distribusi <i>von Misses stress</i> dari <i>present model, sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	43
Gambar 5.4	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/R_x dari <i>present model</i> untuk kontak <i>sliding</i>	44

Gambar 5.5	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/R_x dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	45
Gambar 5.6	Distribusi <i>von Mises stress</i> dari <i>present</i> model, <i>sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	46
Gambar 5.7	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	47
Gambar 5.8	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	48
Gambar 5.9	Distribusi <i>von Mises stress</i> dari <i>present</i> model, <i>sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	49
Gambar 5.10	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	50
Gambar 5.11	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	51
Gambar 5.12	Distribusi <i>von Mises stress</i> dari <i>present</i> model, <i>sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	52
Gambar 5.13	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	53
Gambar 5.14	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	54
Gambar 5.15	Distribusi <i>von Mises stress</i> dari <i>present</i> model, <i>sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	55
Gambar 5.16	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	56
Gambar 5.17	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/R_y dari <i>present</i> model untuk kontak <i>sliding</i>	57

Gambar 5.18	Distribusi <i>von Mises stress</i> dari <i>present model</i> , <i>sliding</i> : (a) 2 * <i>frictionless</i> , (b) 2 * <i>friction</i> , (c) 9 * <i>frictionless</i> , (d) 9 * <i>friction</i> , (e) 15 * <i>frictionless</i> , (f) 15 * <i>friction</i>	55
Gambar 5.19	Hubungan antara F_x/P_c terhadap x/Ry dari <i>present model</i> untuk kontak <i>sliding</i>	56
Gambar 5.20	Hubungan antara F_y/P_c terhadap x/Ry dari <i>present model</i> untuk kontak <i>sliding</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Variasi Pemodelan.....	2
Tabel 3.1	Spesifikasi dan Sifat Material	11
Tabel 3.2	Hasil Validasi antara Hertz dengan <i>Present</i> Model	15
Tabel 3.3	Validasi Nilai Teoritis dengan Hasil <i>FEM</i>	16

NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A	luas permukaan kontak	[mm ²]
a	jari-jari permukaan bidang kontak	[mm]
E	modulus elastisitas	[MPa]
E'	modulus elastisitas efektif	[MPa]
F_N	gaya normal (<i>normal load</i>)	[N]
H	kekerasan bahan (<i>hardness</i>)	[MPa]
p_0	tekanan kontak maksimum	[MPa]
p	tekanan kontak normal	[MPa]
R'	jari-jari efektif	[mm]
s	jarak <i>sliding</i>	[mm]
x, y	koordinat kartesius	[-]
ν	<i>Poisson's ratio</i>	[-]
μ	koefisien gesek	[-]
	<i>vertical interference</i>	[mm]
c	<i>critical vertical interference</i>	[mm]
P_c	tekanan kontak kritis	[MPa]
b_c	<i>half contact width</i>	[mm]
e	eksentrisitas elips	[-]
*	<i>non-dimensional vertical interference</i>	[-]
P^*	<i>non-dimensional load</i>	[-]
C	<i>critical yield stress coefficient</i>	[-]
R_x	gaya reaksi searah sumbu x	[MPa]
R_y	gaya reaksi searah sumbu y	[MPa]