

TUGAS SARJANA

**ANALISA PENGARUH KETEBALAN *SPECIMENT* TERHADAP
DEFORMASI PLASTIS PADA KONTAK *SPHERE* DENGAN
ROUGH SURFACE MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**



Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)

Disusun oleh:
SUMARJITO
L2E 307 035

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Sumarjito

NIM : L2E 307035

Pembimbing : Ir.Sugiyanto, DEA.

Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan

Judul : Analisa Pengaruh Ketebalan *Speciment* terhadap Deformasi Plastis pada Kontak *Sphere* dengan *Rough Surface* Menggunakan Metode Elemen Hingga.

Isi Tugas :

1. Menganalisa deformasi plastis antar *spheres* dengan *Rough Surface* yang saling kontak dengan lima perbandingan ketebalan.
2. Mengetahui pengaruh deformasi plastis terhadap beban dan ketebalan plat.
3. Membandingkan hasil dan analisa pemodelan kontak dengan hasil eksperimen.

Dosen Pembimbing,

Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196 001 251 987 031 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana dengan judul “**Analisa Pengaruh Ketebalan *Speciment* terhadap Deformasi Plastis pada Kontak *Spheres* dengan *Rough Surface* Menggunakan Metode Elemen Hingga**” disusun oleh :

Nama : Sumarjito
NIM : L2E307035

Telah disetujui pada:

Hari :
Tanggal :

Dosen Pembimbing

Ir. Sugiyanto, DEA.

NIP. 196 001 251 987 031 001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Sarjana

Pembantu Dekan I Fakultas Teknik

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

Ilmu mekanika kontak adalah ilmu yang membahas mekanisme kontak antara dua buah benda yang saling bersinggungan, kontak tersebut bisa berupa garis, titik dan permukaan. Penelitian ini menganalisa tentang perbandingan deformasi pada pemodelan kontak *spheres* dengan *rough surface* untuk daerah *fully plastic*.

Analisa deformasi ini berkaitan dengan perubahan volume, dimana pada saat perubahan volume maka permukaan yang saling kontak tersebut akan mengalami deformasi akibat meningkatnya tegangan, dan regangan saat melakukan kontak pertama kali sampai mengalami kondisi dimana deformasi tersebut berkurang/kondisi *steady*. Perhitungan perbandingan deformasi plastis ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh faktor elastisitas pada daerah plastis setelah terdeformasi, dimana bila terdapat suatu benda dengan ketebalan yang berbeda dengan material yang sama kemudian diberi beban, maka deformasi plastis yang terjadi pada masing-masing benda adalah sama”.

Validasi untuk perhitungan dari FEM *Ansys 9.0* ini adalah eksperimen dan hasil menunjukkan bahwa deformasi plastis *spheres* dengan *rough surface* tersebut tidak sama karena hal ini dipengaruhi oleh geometri ukuran ketebalan dari setiap *speciment* tersebut, Sifat material yang digunakan pada pemodelan ini adalah *elastic-perfectly plastic.speciment* dengan ketebalan lebih kecil akan mengalami deformasi plastis lebih besar dibandingkan dengan *speciment* yang memiliki ketebalan yang lebih besar.

Kata kunci: mekanika kontak, kontak *fully plastic*, deformasi plastis

Abstract

Contact mechanics is a science disusing contact mechanism between two objects contacting, the contact may be lines, points and surface. This observation is analyzing about comparable deformation on spheres contact modeling by rough surface for fully plastic area.

This deformation analysis is related with changes of volume, whereby volume changes is happened then the contact surface will be deformed due to increased tension, and stretch from initial till finalizing of deformed condition is decreased / steady condition. ‘‘this comparable plastic deformation calculation is aimed to determine effect of elasticity factor after being deformed, whereby if existed objects with difference thickness of similar material get equal loading , the plastic deformation occurred on each object will be equal.’’

Validation for the calculation with FEM Ansys 9.0 was experimental and the result yielded that spheres plastic deformation with rough surface is not equal due to affect of geometrical thickness size from each specimen, nature of material used in this model is elastic-perfectly plastic specimen by smaller thickness is experiencing bigger deformation plastic compared with higher thickness specimen.

Keywords: contact mechanics, fully plastic contact, plastic deformation

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak dan Ibuku tercinta yang telah memberikan semangat dan doanya serta fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

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 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. Tauviqurrahman, ST, MT. selaku dosen pembimbing pada LAB. EDT.
3. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu atas segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini, dan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, April 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN ABSTRAK.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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 <i>ROUGH SURFACE</i>	5
2.1. Pendahuluan.....	5
2.2. Topografi Permukaan yang tidak rata (<i>Asperity</i>).....	6
2.3. Kontak antara Permukaan Kasar	7
2.4. Kontak <i>Elastis Plastis</i>	10
BAB III <i>FULLY PLASTIC CONTACT</i>	18
3.1. Pendahuluan.....	18
3.2. Kontak Elastis (<i>Elastic Contact</i>)	18

3.3. Kontak Fully Plastis (<i>Fully Plastic Contact</i>).....	21
3.4. Kontak Elastis Plastis (<i>Elastic-Plastic Contact</i>).....	23
BAB IV PEMODELAN KASUS KONTAK DENGAN METODE ELEMEN	
HINGGA	26
4.1. Teori Dasar FEM	26
4.2. <i>Flow Chart</i> Pemodelan dalam <i>Ansys 9.0</i>	31
4.3. Spesifik Masalah pada FEM <i>Ansys 9.0</i>	32
4.4. Proses <i>Pre-processing</i>	33
4.4.1 Penentuan <i>Area</i>	33
4.4.2 Penentuan Tipe Element.....	37
4.4.3 Penentuan Sifat Material	38
4.4.4 <i>Meshing</i>	40
4.4.5 Penentuan Kontak dan Target Permukaan	42
4.5. <i>Solution</i>	49
4.6. Plot Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i>	55
BAB V HASIL DAN ANALISA	59
5.1. <i>Von Misses Stress</i>	59
5.2. Hasil Deformasi	60
5.3. Perbandingan <i>Load</i> Dengan <i>Displasment</i>	66
5.4. Perhitungan <i>Elastic Spring Back</i>	68
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	71
6.1 Kesimpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kontak Antara dua Benda	2
Gambar 1.2	<i>Flow Chart</i> Metodologi Penelitian.....	3
Gambar 2.1	Surface Topografi.....	6
Gambar 2.2	Representasi Umum dari Permukaan	8
Gambar 2.3	Struktur Topografi yang tidak Rata (<i>Asperity</i>).....	9
Gambar 2.4	Komponen yang Mengalami Proses <i>Running-In</i>	10
Gambar 4.1	Analisa Element Hingga.....	26
Gambar 4.2	Elemen yang Lazim digunakan pada Analisa FEM	28
Gambar 4.3	Element <i>Quadratic</i>	29
Gambar 4.4	<i>Flow Chart</i> Pemodelan dalam FEM ANSYS 9.0	31
Gambar 4.5	Deskripsi Kondisi Batas Tumpua.....	32
Gambar 4.6	Menu <i>Rectangle By Corners</i>	33
Gambar 4.7	<i>Plot area 1</i>	34
Gambar 4.8	Menu <i>Create Rectangle By Dimensions</i>	34
Gambar 4.9	Seleksi <i>area 2</i>	35
Gambar 4.10	<i>Plot subtraction area 1</i> dengan <i>area 2</i>	35
Gambar 4.11	Menu <i>Part Annular Circ Area</i>	36
Gambar 4.12	<i>Plot area 1</i> dan <i>area 2</i>	36
Gambar 4.13	Hasil dari <i>Plot lines</i> dan <i>arcs</i>	37
Gambar 4.14	Menu <i>Element Types</i>	37
Gambar 4.15	Menu <i>Library of Element Types</i>	38
Gambar 4.16	Menu <i>Element Types</i>	38
Gambar 4.17	Menu <i>Define Material Model Behaviour</i>	39
Gambar 4.18	Menu <i>Linear Isotropic Properties for Material Numb</i>	39
Gambar 4.19	<i>Multilinear Esotropik Hardening For Number 1</i>	40
Gambar 4.20	Kurva Tegangan - Regangan	

	<i>Multilinear Esotropik Hardening</i>	40
Gambar 4.21	Menu <i>Element Size at Picked Areas</i>	41
Gambar 4.22	<i>Areas</i> hasil pembagian <i>Element</i>	41
Gambar 4.23	Seleksi <i>Areas</i> yang akan <i>dimeshing</i>	41
Gambar 4.24	Menu <i>Refine Mesh At Element</i>	42
Gambar 4.25	<i>Plot meshing area</i> dengan <i>Refine Mesh At Element</i>	42
Gambar 4.26	Menu <i>Contact Manager</i>	43
Gambar 4.27	Menu <i>Contact Wizard</i> untuk <i>target surface</i>	43
Gambar 4.28	Seleksi <i>lines</i> sebagai <i>target</i>	44
Gambar 4.29	Menu <i>Contact Wizard</i> untuk <i>Pick Existing Free Keypoint</i>	44
Gambar 4.30	Menu <i>Select Keypoint For Pilot</i>	45
Gambar 4.31	<i>Plot seleksi Keypoint</i> sebagai <i>Center</i>	45
Gambar 4.32	Seleksi <i>lines</i> sebagai <i>target</i>	46
Gambar 4.33	Menu <i>Contact Wizard</i> untuk <i>Pick Existing Free Keypoint</i>	46
Gambar 4.34	<i>Plot seleksi nodal</i> pada <i>lines</i> sebagai <i>contact surface</i>	47
Gambar 4.35	Menu <i>Contact Wizard</i> untuk <i>coefficient of friction</i>	47
Gambar 4.36	Menu <i>Contact Properties</i>	48
Gambar 4.37	Menu <i>Contact Properties2</i>	48
Gambar 4.38	Menu <i>Contact Wizard</i> untuk status kontak	49
Gambar 4.39	Menu <i>Contact Manager</i> penentuan <i>contact</i> dan <i>target surface</i>	49
Gambar 4.40	<i>Plot CONTACT172</i> dan <i>TARGET169</i>	49
Gambar 4.41	Seleksi <i>lines</i> bagian bawah <i>Speciment</i> untuk kondisi batas.	50
Gambar 4.42	Menu <i>Apply U, ROT on Lin</i>	50
Gambar 4.43	Seleksi <i>lines</i> pada sumbu simetri untuk kondisi batas	51
Gambar 4.44	<i>Plot</i> kondisi batas tumpuan	51
Gambar 4.45	Seleksi <i>keypoints</i>	52
Gambar 4.46	Menu <i>Apply F/M on KPs</i>	52
Gambar 4.47	Menu <i>Solution Controls</i>	53
Gambar 4.48	Menu <i>Solution Controls2</i>	53

Gambar 4.49	Menu <i>Solve Load Step File</i>	54
Gambar 4.50	Menu <i>Contour Nodal Solution Data</i>	54
Gambar 4.51	Distribusi tegangan <i>von Mises</i> pada gaya kontak 8000 N	55
Gambar 4.52	Seleksi <i>line contact</i>	55
Gambar 4.53	Menu <i>List Nodal Solution</i>	56
Gambar 4.54.	Menu <i>PRNSOL Command 1</i>	56
Gambar 4.55.	Menu <i>PRNSOL Command 2</i>	57
Gambar 4.56	Menu <i>Sort NODE Listing</i>	57
Gambar 4.57	Menu <i>NLIST Command</i>	58
Gambar 5.1	Distribusi tegangan <i>von Mises</i> pada gaya kontak 8000 N	59
Gambar 5.2	Kontur Deformasi saat <i>loading</i> dengan <i>load</i> 8000 N.....	60
Gambar 5.3	Hasil dari simulasi dengan eksperimen saat <i>Unloading</i> dengan $t = 1.5$ mm <i>load</i> 8000 N.....	61
Gambar 5.4	Grafik hasil perbandingan deformasi plastis antara FEM untuk $t = 1.5$ dengan variasi <i>load</i>	62
Gambar 5.5	Grafik hasil perbandingan deformasi <i>plastis</i> antara FEM dengan Experiment dengan variasi <i>load</i> dan ketebalan	65
Gambar 5.6	Grafik Hasil Perbandingan <i>Load Dan Displacement</i> Berdasarkan Hasil FEM Saat <i>Loading</i>	66
Gambar 5.7	Grafik Hasil Perbandingan <i>Load Dan Displacement</i> Berdasarkan Hasil FEM Saat <i>Unloading</i>	67
Gambar 5.8	Grafik Hasil Perbandingan <i>Spring back</i> untuk semua <i>load</i>	70

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	<i>Elastic spring back</i> untuk load 8000 N.....	68
Tabel 5.2	<i>Elastic spring back</i> untuk load 11000 N.....	69
Tabel 5.3	<i>Elastic spring back</i> untuk load 20000 N.....	69

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
a	Jari-jari lingkaran permukaan kontak	[mm]
A	Luas permukaan kontak	[mm ²]
A_{c-KE}	Luas permukaan kontak pada titik kritis <i>KE</i> model	[mm ²]
A_{ep}	Luas permukaan kontak <i>elastic-plastic</i>	[mm ²]
A_p	Luas permukaan kontak <i>fully plastic</i>	[mm ²]
E	Modulus elastisitas	[MPa]
E_1	Modulus elastisitas benda 1	[MPa]
E^*	Modulus efektif kontak	[MPa]
h	Jarak antara dua titik yang masing-masing titik terletak pada permukaan benda yang saling kontak	[mm]
p	Tekanan kontak rata-rata	[MPa]
p_e	Tekanan kontak rata-rata <i>elastic</i>	[MPa]
p_{ep}	Tekanan kontak rata-rata <i>elastic-plastic</i>	[MPa]
p_p	Tekanan kontak rata-rata <i>fully plastic</i>	[MPa]
P	Gaya kontak	[N]
P_e	Gaya kontak <i>elastic</i>	[N]
P_{ep}	Gaya kontak <i>elastic-plastic</i>	[N]
P_p	Gaya kontak <i>fully plastic</i>	[N]
P_c	Gaya kontak saat titik awal luluh	[N]
Y	Kekuatan luluh material	[MPa]
δ	<i>Defleksi</i>	[mm]
ν	<i>Poisson's ratio</i>	[-]
ωP_1	Deformasi plastis benda 1 (<i>Loading</i>)	[mm]

ωP_2	Deformasi plastis benda 2 (<i>Unloading</i>)	[mm]
ω	<i>Interference</i>	[mm]
ω_1	Batas <i>interference</i> titik awal luluh	[mm]
ω_2	Batas <i>interference fully plastic</i>	[mm]
ω_{1-CEB}	Batas <i>interference</i> titik awal luluh <i>CEB</i> model	[mm]
ω_{1-KE}	Batas <i>interference</i> titik awal luluh <i>KE</i> model	[mm]
ω_{1-ZMC}	Batas <i>interference</i> titik awal luluh <i>ZMC</i> model	[mm]
ω_{2-KE}	Batas <i>interference fully plastic KE</i> model	[mm]
ω_{2-ZMC}	Batas <i>interference fully plastic ZMC</i> model	[mm]