

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

### **ANALISA KONTAK *MULTIPLE ASPERITY-TO-ASPERITY* MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

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



**Disusun oleh:**

**TITI PANCA LESTARI**

**L2E 307 037**

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

**2010**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Titi Panca Lestari

NIM : L2E 307 037

Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT

Jangka Waktu : 12 (Dua belas) bulan

Judul : Analisa Kontak *Multiple Asperity-to-Asperity* Menggunakan Metode Elemen Hingga

Isi Tugas :

1. Menganalisa tegangan Von Mises yang terjadi pada kontak *multiple asperity*.
2. Mengetahui pengaruh *wave ratio* terhadap tegangan Von Mises yang terjadi pada kontak *multiple asperity*.
3. Mengetahui pengaruh koefisien gesek saat terjadi *sliding* terhadap tegangan Von Mises yang terjadi pada kontak *multiple asperity*.

Dosen Pembimbing,

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Sarjana dengan judul “**Analisa Kontak *Multiple Asperity-to-Asperity* Menggunakan Metode Elemen Hingga**” yang disusun oleh:

Nama : Titi Panca Lestari

NIM : L2E 307 037

telah disetujui pada:

Hari : .....

Tanggal : .....

Dosen Pembimbing,

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

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

Permukaan komponen pemesinan yang halus akan terlihat kasar ketika dilakukan pembesaran dalam skala mikro. Permukaan tersebut memiliki struktur topografi yang tidak rata yang diakibatkan oleh proses pemesinan. Saat terjadi kontak, *asperity* akan mengalami deformasi yang sangat tinggi akibat meningkatnya tegangan, gesekan, keausan dan peningkatan suhu. Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk menganalisa tegangan Von Mises yang terjadi akibat variasi *wave ratio* pada kontak *multiple asperity*.

Kontak antar permukaan *multiple asperity* yang berbentuk gelombang dianalisa dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) dengan *software* ABAQUS 6.5-1. Parameter yang dipelajari adalah variasi *wave ratios* (panjang gelombang dibagi dengan tinggi gelombang) yaitu 5, 10, 20 serta perbandingan *pressure* arah *vertical* dibagi *pressure* arah *horizontal* yaitu 0,1 dan 1. Posisi kontak berada di seperdelapan dari puncak gelombang dan di puncak gelombang. Hasil yang didapatkan dari analisa menunjukkan bahwa semakin kecil *wave ratio* maka tegangan Von Mises yang dihasilkan akan semakin besar.

Kata kunci: kontak, *asperity*, permukaan gelombang, *wave ratio*, metode elemen hingga.

## **ABSTRACT**

*The smooth surface of mechanical component will be seem to be rough if the enlargement in micro scale is conducted. a such surface has an irregulaties in topography structure because of the machning process. When in contact asperity will have a very high deformatis as increasing stress, fricties, wear, and increased temperature. That's way, need to research to analyze Von Mises stress due to wave ratio variation at multiple asperity contact.*

*The contact between multiple asperity which has a wave shape, is anelyzed using Finite Element Method (FEM) using Abaqus 6-5.1. The parameter studied are the variation of wave ratios i.e: 5, 10, 20 and tension-to-pressure of 0,1 and 1. The contact location are at one-eigth of a wave length away from the peak and top of peak. The result show the wave ratio decreased, it the Von Mises stress increase.*

*Keywords: contact, asperity, surface wave, wave ratio, finite element method.*

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- Ibu, Bapak dan keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a serta dukungan baik moral maupun material.
- Semua yang telah membantu.

## 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. Bapak dan Ibu yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.
2. Dr. Jamari, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
3. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium EDT.
4. Teman-teman Teknik Mesin UNDIP Ekstensi 2007.

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, 10 April 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
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
<b>BAB II TEORI KONTAK ELASTIS PADA <i>ROUGH SURFACE</i></b>	
2.1. Pengantar .....	5
2.2. Kontak pada Permukaan Bergelombang Teratur.....	8
2.3. Kontak pada Permukaan Bergelombang Tidak Teratur ( <i>Random</i> )....	10
2.4. <i>Single Asperity</i> .....	11
2.5. <i>Multiple Asperity</i> .....	16
2.6. Teori Dasar Gesekan ( <i>friction</i> ).....	18
<b>BAB III PEMODELAN DALAM METODE ELEMEN HINGGA</b>	
3.1. Teori Dasar Metode Elemen Hingga.....	19
3.2. Konsep Dasar Analisa <i>FEM</i> .....	19



3.3.	<i>Flow Chart</i> Pemodelan dalam FEM ABAQUS 6.5-1 .....	24
3.4.	Spesifikasi Masalah dan Geometri.....	25
3.5.	Langkah – langkah Pemodelan .....	26
3.5.1.	Proses <i>pre-processing</i> .....	26
3.5.1.1.	Penentuan Geometri .....	26
3.5.1.2.	Penentuan Sifat Material pada Model .....	31
3.5.1.3.	Menggabungkan <i>Part 1</i> dan <i>Part 2 (Assembly)</i> .....	32
3.5.2.	<i>Solution</i> .....	34
3.5.2.1.	<i>Step</i> .....	34
3.5.2.2.	<i>Interaction</i> .....	35
3.5.2.3.	Membuat Kondisi Batas .....	38
3.5.2.4.	<i>Mesh</i> .....	41
3.5.3.	<i>Post Processing</i> .....	44
3.5.3.1.	<i>Job</i> .....	44
3.5.3.2.	<i>Visualization</i> .....	47

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1.	Verifikasi dengan Hertz.....	48
4.2.	Hasil Distribusi Tegangan Von Mises Sepanjang Arah Normal dari Kontak Menggunakan FEM .....	50
4.2.1.	Kontak Terletak di Seperdelapan Gelombang.....	51
4.2.2.	Kontak Terletak di Puncak Gelombang.....	54
4.3.	Hasil Distribusi Tegangan Von Mises dengan Gerakan Sliding Menggunakan FEM.....	57

#### BAB V PENUTUP

4.1.	Kesimpulan .....	63
4.2.	Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA .....	64
----------------------	----

LAMPIRAN .....	65
----------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Contoh komponen mekanik yang mengalami kontak [1] .....	1
Gambar 1.2	Permukaan komponen mesin [2] .....	2
Gambar 1.3	<i>Flow chart</i> metodologi penelitian.....	3
Gambar 2.1	Permukaan permesinan yang diperbesar [4] .....	7
Gambar 2.2	Kontak antara permukaan bergelombang dengan <i>elastic half-space</i> , (a) $p = 0$ , (b) $p = p^*$ , dan (c) $p < p^*$ .....	9
Gambar 2.3	Profil permukaan dengan profilometer [2].....	11
Gambar 2.4	Foto yang menunjukkan evolusi suatu <i>asperity</i> dengan <i>flat</i> tembaga saling kontak sliding [4].....	12
Gambar 2.5	Pemodelan <i>asperity</i> .....	13
Gambar 2.6	Contoh-contoh kontak, (a) <i>sphere vs plane</i> , (b) <i>sphere vs sphere</i> , dan (c) <i>cylinder vs cylinder</i> .....	15
Gambar 2.7	Kontak <i>asperity</i> berbentuk gelombang .....	17
Gambar 2.8	Menentukan gaya normal .....	18
Gambar 2.9	Menentukan gaya gesek .....	18
Gambar 3.1	Elemen garis .....	21
Gambar 3.2	Elemen bidang .....	21
Gambar 3.3	Elemen volume .....	22
Gambar 3.4	a) Model elemen persegi empat b) Model struktur gabungan dua elemen persegi empat.....	22
Gambar 3.5	<i>Flow chart</i> pemodelan dalam <i>FEM ABAQUS 6.5-1</i> .....	24
Gambar 3.6	Pemodelan dalam <i>FEM ABAQUS 6.5-1</i> .....	25
Gambar 3.7	Diskripsi kondisi batas tumpuan.....	25
Gambar 3.8	<i>Menu create part</i> .....	27
Gambar 3.9	<i>Plot lines</i> dan <i>arcs</i> .....	28
Gambar 3.10	<i>Mirror</i> pada busur.....	28
Gambar 3.11	<i>Copy entities</i> .....	29
Gambar 3.12	<i>Asperity</i> bagian bawah .....	30
Gambar 3.13	<i>Menu part manager</i> .....	30

Gambar 3.14	<i>Material elastic</i> .....	31
Gambar 3.15	<i>Create section</i> .....	31
Gambar 3.16	<i>Edit section</i> .....	32
Gambar 3.17	<i>Section assignment part 1</i> .....	32
Gambar 3.18	<i>Assembly part 1 dan part 2</i> .....	33
Gambar 3.19	<i>Rotate pada asperity atas</i> .....	33
Gambar 3.20	<i>Translate instance pada asperity atas</i> .....	34
Gambar 3.21	<i>Create step</i> .....	35
Gambar 3.22	<i>Create interaction</i> .....	36
Gambar 3.23	<i>Edit interaction dan contact property</i> .....	36
Gambar 3.24	<i>Plot contact</i> .....	37
Gambar 3.25	<i>Reference point</i> .....	37
Gambar 3.26	<i>Create coupling</i> .....	38
Gambar 3.27	<i>Coupling pada model</i> .....	38
Gambar 3.28	<i>Create load</i> .....	39
Gambar 3.29	Memasukkan data dan pemilihan titik untuk <i>pressure</i> yang diberikan pada <i>asperity</i> .....	39
Gambar 3.30	<i>Create boundary condition</i> .....	40
Gambar 3.31	<i>Create baoundary condition</i> .....	41
Gambar 3.32	Hasil akhir penentuan kondisi batas .....	41
Gambar 3.33	Pembuatan partisi pada kontak <i>asperity</i> .....	42
Gambar 3.34	Pembagian <i>element</i> pada area partisi .....	42
Gambar 3.35	Pemilihan area <i>global mesh</i> .....	42
Gambar 3.36	<i>Mesh control</i> .....	43
Gambar 3.37	<i>Element type</i> .....	43
Gambar 3.38	Hasil akhir <i>mesh</i> pada <i>multiple asperity</i> .....	44
Gambar 3.39	<i>Create job</i> .....	45
Gambar 3.40	<i>Job manager</i> .....	45
Gambar 3.41	<i>Proses running/iterasi</i> .....	46
Gambar 3.42	Plot hasil kontur tegangan Von Mises pada kontak <i>multiple asperity</i> .....	47

Gambar 4.1	Grafik perbandingan antara Hertz dengan <i>FEM Present</i> .....	49
Gambar 4.2	Kontur tegangan kontak arah sumbu x pada <i>FEM</i> .....	49
Gambar 4.3	Kontur tegangan kontak arah sumbu y pada <i>FEM</i> .....	50
Gambar 4.4	Kontur tegangan kontak arah sumbu z pada <i>FEM</i> .....	50
Gambar 4.5	Grafik distribusi tegangan Von Mises sepanjang arah normal dari kontak untuk $\lambda/h = 5, 10$ dan $20$ ketika $P_H/P_v = 0,1$ dengan kontak terletak di seperdelapan gelombang` .....	51
Gambar 4.6	Kontur tegangan Von Mises ketika $P_H/P_v = 0,1$ untuk (a) $\lambda/h = 5$ , (b) $\lambda/h = 10$ , dan (c) $\lambda/h = 20$ dengan kontak terletak di seperdelapan gelombang .....	52
Gambar 4.7	Grafik distribusi tegangan Von Mises sepanjang arah normal dari kontak di dalam kasus $\lambda/h = 5, 10$ dan $20$ ketika $P_H/P_v = 1$ dengan kontak terletak di seperdelapan gelombang .....	53
Gambar 4.8	Kontur tegangan Von Mises ketika $P_H/P_v = 1$ untuk (a) $\lambda/h = 5$ , (b) $\lambda/h = 10$ , dan (c) $\lambda/h = 20$ dengan kontak terletak di seperdelapan gelombang .....	53
Gambar 4.9	Grafik distribusi tegangan Von Mises sepanjang arah normal dari kontak untuk $\lambda/h = 5, 10$ dan $20$ ketika $P_H/P_v = 0,1$ dengan kontak terletak di puncak gelombang.....	54
Gambar 4.10	Kontur tegangan Von Mises ketika $P_H/P_v = 0,1$ untuk (a) $\lambda/h = 5$ , (b) $\lambda/h = 10$ , dan (c) $\lambda/h = 20$ dengan kontak terletak di puncak gelombang .....	55
Gambar 4.11	Grafik distribusi tegangan Von Mises sepanjang arah normal dari kontak di dalam kasus $\lambda/h = 5, 10$ dan $20$ ketika $P_H/P_v = 1$ dengan kontak terletak di puncak gelombang .....	55
Gambar 4.12	Kontur tegangan Von Mises ketika $P_H/P_v = 1$ untuk (a) $\lambda/h = 5$ , (b) $\lambda/h = 10$ , dan (c) $\lambda/h = 20$ dengan kontak terletak di puncak gelombang .....	56
Gambar 4.13	Posisi plot tegangan Von Misses .....	57
Gambar 4.14	Hasil tegangan Von Misses pada saat $P_H/P_v = 0.1$ dengan koefisien gesek, (a) 0.1, (b) 0.35, dan (c) 0.7.....	58

- Gambar 4.15 Hasil tegangan Von Mises pada saat  $P_H/P_V = 0.1$  dengan koefisien gesek (a) 0.1, (b) 0.35, dan (c) 0.7 ..... 59
- Gambar 4.16 Hasil tegangan Von Mises pada saat  $P_H/P_V = 0.1$  pada posisi (a) 1, (b) 2, dan (c) 3, dengan variasi koefisien gesek ..... 60
- Gambar 4.17 Hasil tegangan Von Mises pada saat  $P_H/P_V = 1$  pada posisi (a) 1, (b) 2, dan (c), 3 dengan variasi koefisien gesek ..... 61

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1	Koordinat model 1 .....	27
Tabel 4.1	Tegangan Von Mises maksimum pada seperdelapan puncak gelombang .....	56
Tabel 4.2	Tegangan Von Mises maksimum pada puncak gelombang .....	56
Tabel 4.3	Tegangan Von Mises maksimum saat <i>sliding</i> .....	62

## NOMENKLATUR

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$E$	Modulus elastisitas	[MPa]
$\nu$	<i>Poisson's ratio</i>	[-]
	Panjang gelombang	[mm]
$h$	Tinggi gelombang	[mm]
$P_v$	<i>Pressure</i> arah <i>vertical</i>	[MPa]
$P_h$	<i>Pressure</i> arah <i>horizontal</i>	[MPa]
$a$	<i>Contact area</i>	[mm <sup>2</sup> ]
$x, y, z$	Koordinat kartesius	[-]
$\mu$	Koefisien gesek	[-]
$p$	<i>Pressure</i> rata-rata	[MPa]
$p^*$	<i>Fluctuation pressure</i>	[MPa]
$p_0$	Tegangan kontak maksimum	[MPa]
	<i>Displacement</i>	[mm]
$u_z$	Normal <i>displacements</i>	[mm]
$s$	Jarak	[mm]
$\tau$	Tegangan geser	[MPa]
$a$	Jari-jari kontak	[mm]
$\Delta$	Amplitudo	[mm]
$L$	Panjang permukaan <i>rough surface</i>	[mm]
$R$	Jari-jari efektif	[mm]
$N$	Fungsi bentuk	[-]