

STUDI ANALISIS PEMODELAN TULANGAN BAJA VANADIUM DAN *TEMPCORE* DENGAN *SOFTWARE* KOMPUTER

**TOMMY HASUDUNGAN SARAGIH
NRP: 0121068**

Pembimbing: Olga Pattipawaej, PhD

**UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
BANDUNG
2008**

ABSTRAK

Teknologi komputerisasi berkembang dengan pesat yang mempermudah dalam pengerjaan. Salah satunya dalam bidang teknik sipil yang banyak muncul *software-software* yang mempermudah para praktisi Teknik sipil dalam suatu penganalisisan. Pemahaman yang baik terhadap penggunaan *software* tersebut sangat diperlukan untuk mengurangi kesalahan *input* dan pemodelan yang dapat menyebabkan hasil desain yang tidak akurat

Pada Tugas Akhir ini digunakan *software* SAP2000, dengan benda uji berbentuk Silinder pada baja *Vanadium* dan *Tempcore* berdiameter 19 mm dan 22 mm dengan tinggi 200 mm. Model pembebanan yang digunakan ada tiga jenis, model pembebanan pertama (beban terpusat di pusat lingkaran), model pembebanan kedua, dengan beban terpusat di setiap titik nodal permukaan benda uji yang besarnya sama, dan model pembebanan ketiga, beban terpusat disetiap titik nodal permukaan benda uji dengan beban berdasarkan luas area. Besar beban maksimum didapat dari laboratorium dan dimasukkan ke dalam *software*. Pengujian ini dilakukan dengan ukuran *mesh* yang bervariasi sehingga mendapat tegangan putus mendekati dari hasil pengujian di laboratorium.

Hasil tegangan putus dari pengujian numerik yang diperoleh pada pemodelan pertama dengan perbedaan 5,871-7,156% dari hasil pengujian di laboratorium untuk *mesh* 8x1x2. Pada pemodelan kedua perbedaan sebesar 11,159-11,203% dari hasil pengujian di laboratorium, untuk ukuran *mesh* yang dipilih ukuran *mesh* 8x1x1. Pada pemodelan ketiga diperoleh perbedaan sebesar 11,093-11,1115% dari hasil laboratorium yang telah diuji, pada pemodelan ketiga ini ukuran *mesh* yang dipilih ukuran *mesh* 8x1x1. Hasil tegangan putus secara numerik terbaik untuk Tugas Akhir ini diperoleh pada model pembebanan pertama.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Metodologi	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jenis Baja Tulangan	7
2.1.1 Baja Tulangan <i>Vanadium</i>	7
2.1.2 Baja Tulangan <i>Heat Treatment (Tempcore)</i>	9

2.2 Metode Elemen Hingga	10
2.2.1 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga	11
2.2.2 Langkah–Langkah dalam Metode Elemen Hingga	11
2.3 Program pada Metode Elemen Hingga	18
2.3.1 Diskretisasi Struktur.....	18
2.3.2 Sistem Penomoran Titik Nodal	19
2.3.3 Konvergensi Pembagian Lebih Halus	20
2.3.4 Elemen Orde Tinggi	22
2.3.5 Perhitungan Struktur	22
2.3.6 Hubungan Titik Nodal dan Assembling.....	23
2.4 Solusi Umum Berbasis Komputer	23
2.5 <i>Software</i> SAP2000	25
2.5.1 Sistem Sumbu Koordinat (Global dan Lokal)	25
2.5.2 Solid Elemen Pada SAP2000	27
2.6 Tegangan Tiga Dimensi	29
 BAB 3 STUDI KASUS	
3.1 Model Benda Uji	30
3.2 Pemodelan Benda Uji Dengan SAP2000	33
3.3 Proses Penentuan Tegangan	41
 BAB 4 ANALISIS DATA	
4.1 Pengaruh Model Pembebanan	46
1. Benda Uji Silinder Baja <i>Vanadium</i>	46
2. Benda Uji Silinder Baja <i>Tempcore</i>	48
4.2 Pengaruh Jumlah Mesh	51

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 70

5.2 Saran 72

DAFTAR PUSTAKA 73

LAMPIRAN 74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x1 pada Model 1 53
Tabel 4.2	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x2 pada Model 1 53
Tabel 4.3	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x4 pada Model 1 54
Tabel 4.4	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x6 pada Model 1 54
Tabel 4.5	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x8 pada Model 1 55
Tabel 4.6	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x10 pada Model 1 55
Tabel 4.7	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x1 pada Model 2 56
Tabel 4.8	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x2 pada Model 2 56
Tabel 4.9	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x4 pada Model 2 57
Tabel 4.10	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x6 pada Model 2 57
Tabel 4.11	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x8 pada Model 2 58

Tabel 4.12	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x10 pada Model 2	58
Tabel 4.13	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x1 pada Model 3	59
Tabel 4.14	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x2 pada Model 3	59
Tabel 4.15	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x4 pada Model 3	60
Tabel 4.16	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x6 pada Model 3	60
Tabel 4.17	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x8 pada Model 3	61
Tabel 4.18	Tegangan Putus untuk Ukuran <i>Mesh</i> 8x1x10 pada Model 3	61
Tabel 4.19	Hasil Tegangan Putus pada Baja <i>Vanadium</i> Diameter 19 mm	62
Tabel 4.20	Persentase Hasil Tegangan Putus secara Numerik dengan Hasil Pengujian di Laboratorium untuk <i>Vanadium</i> Diameter 19 mm.....	63
Tabel 4.21	Hasil Tegangan Putus pada Baja <i>Vanadium</i> Diameter 19 mm	64
Tabel 4.22	Persentase Hasil Tegangan Putus secara Numerik dengan Hasil Pengujian di Laboratorium untuk <i>Vanadium</i> Diameter 22 mm.....	64

Tabel 4.23	Hasil Tegangan Putus untuk pada Baja <i>Tempcore</i> Diameter 19 mm	65
Tabel 4.24	Persentase Hasil Tegangan Putus secara Numerik dengan Hasil Pengujian di Laboratorium untuk <i>Tempcore</i> Diameter 19 mm.....	66
Tabel 4.25	Hasil Tegangan Putus pada Baja <i>Tempcore</i> Diameter 22 mm	67
Tabel 4.26	Persentase Hasil Tegangan Putus secara Numerik dengan Hasil Pengujian di Laboratorium untuk <i>Tempcore</i> Diameter 22 mm.....	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva Tegangan-Regangan untuk Baja Tulangan 400 dan 500 Mpa	8
Gambar 2.2 Pengaruh <i>Vanadium</i> terhadap Kuat Leleh Baja Tulangan	8
Gambar 2.3 Pengaruh <i>Vanadium</i> terhadap Kuat Tarik Baja Tulangan	9
Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan untuk Baja Tulangan <i>Thermex D32</i>	10
Gambar 2.5 Poligon dalam Lingkaran	13
Gambar 2.6 Poligon di Luar Lingkaran	13
Gambar 2.7 Konvergensi Pendekatan Luas Lingkaran	14
Gambar 2.8 Diskretisasi Struktur	18
Gambar 2.9 Sistem Penomoran Titik Nodal	19
Gambar 2.10 Pembagian Elemen	20
Gambar 2.11 Jenis Pembagian Elemen	21
Gambar 2.12 Perbandingan Solusi Eksak	21
Gambar 2.13 Pendekatan Luas di Bawah Kurva	24
Gambar 2.14 Tahapan Umum dalam Pemodelan Struktur	24
Gambar 2.15 Sistem Sumbu dengan Kaidah Tangan Kanan	26
Gambar 2.16 Rotasi Positif dengan Kaidah Tangan Kanan	27
Gambar 2.17 Gambar Solid Elemen, Pertemuan Join dan Bidang Permukaan pada SAP 2000	28
Gambar 2.18 Tegangan Tiga Dimensi berdasarkan Sumbu Lokal Pada SAP2000	28

Gambar 3.1	Model Pembebanan Pertama Benda Uji Silinder	32
Gambar 3.2	Model Pembebanan Kedua Benda Uji	33
Gambar 3.3	Model Pembebanan Ketiga Benda Uji Silinder	34
Gambar 3.4	Tampilan Awal SAP2000	35
Gambar 3.5	<i>New Model</i>	35
Gambar 3.6	<i>Solids Model</i>	36
Gambar 3.7	<i>Model Silinder</i>	36
Gambar 3.8	<i>Materials</i>	37
Gambar 3.9	<i>Define Materials</i>	37
Gambar 3.10	<i>Materials Data</i>	38
Gambar 3.11	<i>Load Cases</i>	38
Gambar 3.12	<i>Define Load</i>	39
Gambar 3.13	<i>Joint</i>	39
Gambar 3.14	<i>Restraints</i>	39
Gambar 3.15	<i>Joint Loads</i>	40
Gambar 3.16	<i>Joint Forces</i>	40
Gambar 3.17	Hasil <i>Joint forces</i>	41
Gambar 3.18	<i>Analyze Run</i>	41
Gambar 3.19	Set <i>Analyze Cases to Run</i>	42
Gambar 3.20	<i>Analysis Complete</i>	42
Gambar 3.21	Parameter Benda Uji Silinder Baja <i>Vanadium</i> Diameter 19 mm	43
Gambar 3.22	Model Pembebanan Pertama	43
Gambar 3.23	Model Pembebanan Kedua	44

Gambar 3.24	Model Pembebanan Ketiga	45
Gambar 4.1	Model Pembebanan Pertama pada Baja <i>Vanadium</i>	
	Diameter 19 mm	47
Gambar 4.2	Model Pembebanan Kedua pada Baja <i>Vanadium</i>	
	Diameter 19 mm	48
Gambar 4.3	Model Pembebanan Ketiga pada Baja <i>Vanadium</i>	
	Diameter 19 mm	49
Gambar 4.4	Model Pembebanan Pertama pada Baja <i>Tempcore</i>	
	Diameter 19 mm	50
Gambar 4.5	Model Pembebanan Kedua pada Baja <i>Tempcore</i>	
	Diameter 19 mm	51
Gambar 4.6	Model Pembebanan Ketiga pada Baja <i>Tempcore</i>	
	Diameter 19 mm	52
Gambar 4.7	Grafik Hubungan <i>Mesh</i> dan Tegangan Putus pada Baja	
	<i>Vanadium</i> Diameter 19 mm	62
Gambar 4.8	Grafik Hubungan <i>Mesh</i> dan Tegangan Putus pada Baja	
	<i>Vanadium</i> Diameter 22 mm	64
Gambar 4.9	Grafik Hubungan <i>Mesh</i> dan Tegangan Putus pada Baja	
	<i>Tempcore</i> Diameter 19 mm	66
Gambar 4.10	Grafik Hubungan <i>Mesh</i> dan Tegangan Putus pada Baja	
	<i>Tempcore</i> Diameter 22 mm	68

DAFTAR NOTASI

- A^* = Solusi eksak
- $A(l)$ = Luas pendekatan dengan poligon
- E = Modulus Elastisitas
- $[K]$ = Matriks penggabungan (*assemblage property matrix*)
- L = Luas permukaan kubus/silinder (mm^2)
- n = Jumlah titik nodal permukaan
- P_{maks} = Besar beban maksimal (Kg)
- $[r]$ = Vektor penggabungan dari besaran yang dicari vektor peralihan titik nodal (*assemblage vector of nodal unknowns*)
- $[R]$ = Vektor penggabungan dari beban luar (*assemblage of nodal forcing Parameter*)
- s = Koordinat lokal
- s_{ij} = Tegangan yang terjadi pada sumbu lokal (MPa), jika $i=j$ menghasilkan tegangan normal; jika $i \neq j$ menghasilkan tegangan geser, $i,j=1,2,3$
- $[S]$ = Jumlah area permukaan
- ε = Regangan
- σ = Tegangan putus (N/mm^2)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Kuat Tarik Baja pada di Laboratorium	75
Lampiran 2 Hasil Tegangan Putus pada Program SAP 2000	78
Lampiran 3 Gambar Hasil Analisis pada Program SAP2000	82
Lampiran 4 Gambar Benda Uji	85