24511/H/06



HIN DERDISTRANS

FRILLIN - NOPERBER

THE TERMOLOGI

TUGAS AKHIR LL 1327

ANALISA UMUR KELELAHAN *TUBULAR JOINT* TIPE T YANG MEMILIKI RETAK *THROUGH-THICKNESS* PADA *CHORD* DENGAN METODE *ELASTIC PLASTIC FRACTURE MECHANICS* (EPFM)



INDAHYU WIDYANINGTYAS NRP. 4300 100 037

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2005

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA UMUR KELELAHAN *TUBULAR JOINT* TIPE T YANG MEMILIKI RETAK *THROUGH-THICKNESS* PADA *CHORD* DENGAN METODE *ELASTIC PLASTIC FRACTURE MECHANICS*

(EPFM)



Indahyu Widyaningtyas NRP. 4300 100 037

Surabaya, 2 Agustus 2005 Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I

Ir. Yoyok Setvo. H, MT NIP. 132 133 976

Pembimbing II

Ir. Nur Syahroni, MT NIP. 132 231 143

Ketua Jurusan Teknik Kelautan Ir. Imam Rochani, M.Sc EKNIKK NIP. 131 417 209

ABSTRAK

ABSTRAK

Mahasiswa : Indahyu Widyaningtyas Dosen Pembimbing : Ir. Yoyok Setyo H, MT * Ir Nur Syahroni, MT

Tugas Akhir ini menyajikan analisa umur kelelahan (*fatigue life*) tubular Joint Tipe T yang memiliki retak through-thickness pada chord. Metode yang digunakan adalah Elastic Plastic Fracture Mechanic berdasarkan *R-curve analysis*. Metode Fracture Mechanics merupakan metode yang paling tepat untuk perhitungan umur kelelahan . Masalah yang dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah berapa besar Stress Intensity Factor (SIF), perambatan retak (crack propagation) dan umur kelelahan tubular joint. Besarnya Stress Intensity Factor didapatkan dari persamaan Irwin untuk Mode I. Hasil K_I kemudian divalidasikan dengan hasil K_I perhitungan manual. K_I digunakan untuk mengetahui a_c, kemudian K_I digunakan untuk menghitung nilai R. Dari hasil perhitungan R tersebut maka dapat dilakukan perhitungan crack propagation dengan menggunakan persamaan Paris-Erdogan, yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan umur kelelahan tubular joint. Dari hasil analisa diperoleh bahwa Stress Intensity Factor maksimum (SIF max) untuk tubular joint sebesar 4.148 ksi√in, SIF_{min} = 2.4326 ksi√in. Besarnya perambatan retak adalah 3.97907 x 10⁻⁸ cycles, sedangkan umur kelelahan tubular joint = 109.05 tahun

Kata-kata kunci: fatigue, fracture mechanics, crack, through-thickness crack, crack propagation, finite elemen method

ABSTRACT

Student : Indahyu Widyaningtyas Under the Supervision : Ir. Yoyok Setyo H, MT * Ir Nur Syahroni MT

This final project present fatigue life analysis tubular Joint Type T with through-thickness crack at chord. Method used is Elastic Plastic Fracture Mechanic pursuant to R-Curve analysis. Fracture Mechanics Method represent most precise method for the fatigue life calculation. Problem solution in final duty is how much Stress Intensity Factor (SIF), crack propagation and fatigue life. Level Of Stress Intensity Factor got from equation Irwin for the Mode I. Result of K_I later; then verification with result K_I manual calculation. K_I used to know a_{cr} , then K_I used to calculate R. From the calculation R result hence can be calculation crack propagation by using equation Paris-Erdogan for the Ferrite Pearlite material, what later will be used for the fatigue life calculation. From result analysis obtained that maximum Stress Intensity Factor (SIF_{max}) for tubular joint equal to 4.148ksi \sqrt{in} , SIF_{min} = 2.4326 ksi \sqrt{in} . Level of crack propagation is 3.97907 x 10⁻⁸ cycles, while fatigue life = 109.05 year.

Keywords: fatigue, fracture mechanics, crack, through-thickness crack, crack propagation, finite elemen method

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah Tuhan Semesta Alam atas kemudahan dan petunjuk yang telah diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini. Tiada daya dan upaya melainkan dari Allah semata dan atas kehendakNya pula selesailah Tugas Akhir yang berjudul:

ANALISA UMUR KELELAHAN *TUBULAR JOINT* TIPE T YANG MEMILIKI RETAK *THROUGH-THICKNESS* PADA CHORD DENGAN METODE *ELASTIC PLASTIC FRACTURE MECHANICS* (EPFM)

Tugas akhir ini menganalisa umur kelelahan tubular joint tipe T yang memiliki retak *through-thickness* pada *chord*. Metode yang digunakan adalah *Elastic Plastic Fracture Mechanics* dengan pendekatan *R-Curve Analysis*. Pemodelan dilakukan dengan bantuan Software ANSYS v 6.0. Setelah dilakukan pemodelan, akan didapatkan nilai tegangan yang nantinya digunakan untuk menghitung nilai *Stress Intensity Factor* (SIF). Dengan didapatkannya nilai SIF maka akan diperoleh pula besar perambatan retak (*crack propagation*) dan umur kelelahan struktur. Untuk selanjutnya penulis mengharapkan dilakukan penelitian yang sama dengan variasi dimensi *crack*.

Tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya selama ini serta kepada pembaca yang bersedia meluangkan waktu untuk membaca tugas akhir ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan wawasan.

Surabaya, 2 Agustus 2005

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

UCAPAN TERIMAKASIH

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

- 1. ALLAH SWT, yang melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya.
- Yang terhormat Bapak Ir. Imam Rochani, M.Sc selaku ketua jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Yang terhormat Bapak Dr. Ir. Handayanu, M.Sc selaku sekretaris jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- 4. Yang terhormat Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng selaku dosen wali yang memberikan fasilitas kegiatan belajar di Lab OPRES
- Yang terhormat Bapak Ir. Yoyok Setyo, MT selaku dosen pembimbing pertama yang begitu luar biasa sabar dan bijaksana memberikan bimbingan serta masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Yang terhormat Bapak Ir. Nur Syahroni, MT selaku dosen pembimbing kedua yang memberikan kesempatan mengambil judul tugas akhir serta segala masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- 7. Yang terhormat Bapak Irfan, dosen pengajar Teknik Material-FTI ITS, yang telah memberikan waktu konsultasi *software* ANSYS 6.0.
- Teman-teman angkatan 2000 yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, 2 Agustus 2005

Indahyu Widyaningtyas

Tugas Akhir ini kupersembahkan

untuk

Bundaku Tuni Hartini

yang telah melahirkan, merawat dan membimbing aku sampai saat ini, serta kasih sayang dan perhatian yang diberikan selama ini

Ayahku Suwito Widodo

yang telah membimbing, mensupport baik moril maupun materiil serta kasih sayang dan perhatian yang diberikan selama ini

Adik-adikku

Era Naruliasari

M. Iqbal Febriansyah Putra

Salwa Naura Firdania

atas canda tawa, bantuan dan juga keusilannya

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

		Halaman
Halaman Mu	ıka	i
Lembar Peng	gesahan	ii
Abstrak		iii
Kata Pengan	tar	iv
Daftar Isi		v
Daftar Gamb	bar	viii
Daftar Tabel		ix
Daftar Lamp	iran	x
BAB I PEN	DAHULUAN	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Perumusan Masalah	3
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian		3
1.6 Sistematika Penulisan		
BAB II TIN	NJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1	Mekanika Kepecahan	7
2.2	Dasar Terjadinya Retak	8
	2.2.1 Retak Awal	8
	2.2.2 Perambatan Retak	8
	2.2.3 Final Fracture	9
2.3	Teori Mekanika Kepecahan	9
2.4	Stress Intensity Factor	10
	2.4.1 Stress Intensity Factor Dari Persamaan Irwin	11
	2.4.2 Stress Intensity Factor untuk Through-Thickness Crack	13

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

	1	Halaman
Gambar 1.1	Struktur Hang Tuah MOgPU	2
Gambar 2.1	Tiga mode deformasi retak (Pluvinage, et.al)	11
Gambar 2.2	Distribusi Tegangan Di sekitar Ujung Retak (Kim, 2000)	13
Gambar 2.3.	Through-Thickness Crack pada infinite plate	14
Gambar 2.4	R-Curve (Barsom et al., 1987)	16
Gambar 2.5	Grafik Crack Growth Fracture Mecahanics (Barsom et al., 1987) 18
Gambar 2.6	Summary of fatigue-crack-growth data for ferrite-pearlite st	19
Gambar 2.7	Struktural elemen solid95 3-D 20-Node (ANSYS 6.0)	29
Gambar 2.8	Principal Stress (Broek. 1987)	30
Gambar 3.1	Flow Chart Metode Penelitian Tugas Akhir	32
Gambar 3.2	Model Setengah Tubular joint tipe T	34
Gambar 3.3	Model Setengah crack pada chord Saddle	34
Gambar 3.4	Meshing tubular T-joint	35
Gambar 3.5	Meshing didaerah crack	36
Gambar 3.6	Pemasangan Constraint bidang tumpuan Tubular T-joint	37
Gambar 3.7	Pemasangan Constraint bidang simetri Tubular T-joint	38
Gambar 3.8	Pemasangan Kondisi Batas Pada Tubular T-joint	38
Gambar 3.9	Pembebanan Pada Ujung Brace	40
Gambar 3.10	Flow Chart Pemodelan ANSYS V 6.0	42
Gambar 3.11	Model Plate	43
Gambar 4.1	Kontur Stress Tubular Joint dengan Pembebanan Maksimum	46
Gambar 4.2	Kontur Stress Pada Crack dengan Pembebanan Maksimum	46
Gambar 4.3	Kontur Stress Tubular Joint dengan Pembebanan Minimum	47
Gambar 4.4	Kontur Stress Pada Crack dengan Pembebanan Minimum	47
Gambar 4.5	Node-node yang terdapat di daerah dekat crack tip (ujung retak)) 48
Gambar 4.6	Grafik R-Curve	52

	STAKARD STAKARD	Halaman
2.5	Fracture Toughness (K _{Ic})	15
2.6	Elastic Plastic Fracture Mechanics	15
	2.6.1 R-Curve Analysis	15
2.7	Perhitungan Crack Propagation	17
	2.7.1 Ferrite-Pearlite Steels	18
2.8	Umur Kelelahan	19
29	Distribusi Tegangan pada Sambungan Tubular	20
2.10	Finite Elemen Method	21
	2.10.1 Elemen Shell	22
	2.10.2 Elemen Isoparametrik Padat (Solid)	23
2.11	Istilah-istilah Umum yang digunakan dalam Pemodelan	27
	2.11.1 Modulus Young	27
	2.11.2 Poisson Ratio	27
	2.11.3 Von Mises Stress	28
	2.11.4 Elemen Solid95 3-D 20 Node	29
	2.11.5 Principal Stress	29

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Metodelogi Penelitian Tugas Akhir	
3.2	Flow Chart Metode Penelitian Tugas Akhir	
3.3	Pemodelan secara umum	
3.4	Pemodelan Tubular Joint	
	3.4.1 Penentuan Dimensi Model dan Material Propertie	es 33
	3.4.2 Meshing	35
3.5	Penentuan Kondisi batas dan Pembebanan	37
	3.5.1 Kondisi Batas	37
	3.5.2 Pembebanan	39
3.6	Pemodelan ANSYS V 6.0	40
3.7	Perhitungan Stress Intensity Factor (K _I) 43	
3.8	Perhitungan R 44	
3.9	Perhitungan Crack Propagation Rate 44	
3.10	Perhitungan Umur Kelelahan Struktur 44	

Halaman

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pembebanan 4		45
4.2	Hasil Pemodelan		45
4.3	Valida	asi Model	48
	4.3.1	Analisa SIF dengan Persamaan Irwin	48
	4.3.2	Analisa SIF dengan Persamaan	
		Through-Thickness Crack	50
	4.3.3	Validasi Nilai SIF	51
4.4	Analisa R		52
4.5	Analisa Crack Propagation		52
4.6	Analisa Umur Kelelahan		52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

	5.1	Kesimpulan	54
	5.2	Saran	54
DA	FTAR P	USTAKA	

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

			Halaman
Tabel	2.1	Correction Factors for a Finite-Width Plate Containing	
		a Through-Thickness Crack (Ref. 5) (Barsom, 1987)	14
Tabel	3.1	Output GT-STRUDL	39
Tabel	4.1	Beban Pada Brace	45
Tabel	4.2	Tegangan pada node yang ditinjau untuk pembebanan maksimu	49
Tabel	4.3	Tegangan pada node yang ditinjau untuk pembebanan minimum	49
Tabel	4.4	K _I hasil pembebanan maksimum	49
Tabel	4.5	K _I hasil pembebanan minimum	49
Tabel	4.6	Nilai ΔK_I	50
Tabel	4.7	Perbandingan SIF Hasil Persamaan Irwin dengan Persamaan	
		analitis untuk retak through-thickness (Barsom et al., 1987)	51

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Output GT STRUDL

LAMPIRAN B Output Tegangan ANSYS V 6.0 akibat pembebanan max dan min

LAMPIRAN C Perhitungan K₁ untuk tiap-tiap node

LAMPIRAN D Output Tegangan ANSYS V 6.0 untuk plate akibat pembebanan max dan min

LAMPIRAN E Perhitungan acr

LAMPIRAN F Data Occurance

BAB I PENDAHULUAN

TEANOLOUI

ULUM

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Melihat perkembangan industri minyak dan gas saat ini yang begitu pesat, maka dituntut pula perkembangan rancang bangun struktur anjungan lepas pantai untuk lebih handal dan kompetitif untuk menghadapi kondisi laut yang tidak bersahabat khususnya didaerah lepas pantai Indonesia yang cenderung mengarah ke perairan laut dalam. Hingga saat ini, struktur yang paling banyak digunakan untuk eksplorasi di perairan laut dalam adalah struktur tipe Jack-Up platform disamping jenis bangunan terapung lain seperti Semi Submersible dan TLP (Tension Leg Platform). Komponen utama bangunan lepas pantai khususnya yang bertipe fixed platform umumnya terdiri atas baja dengan bentuk silindris yang disebut tubular. Sambungan tubular dengan bagian utama disebut chord dan bagian cabang disebut brace, keduanya dihubungkan dengan sambungan yang dikenal dengan tubular joint. Pemakaian tubular joint dalam struktur tidak akan terlepas dari pengaruh cacat ataupun kerusakan-kerusakan yang terjadi terutama karena beban-beban yang mengenai struktur secara terus menerus baik beban statis maupun dinamis serta adanya daerah diskontinuitas (sambungan tubular) yang mengakibatkan adanya konsentrasi tegangan.. Akibat beban-beban tersebut struktur mengalami keretakan dimana sejalan dengan waktu akan terjadi penjalaran retak yang tidak stabil (fast fracture). Dengan adanya retak tersebut maka kekuatan struktur akan berkurang, penurunan kekuatan struktur sebanding dengan penambahan panjang retak sampai struktur tidak mampu lagi menahan beban.

Tugas Akhir ini menganggap perlu diadakannya analisa terhadap struktur dalam hal ini *Tubular joint Tipe T* untuk menghitung parameter-parameter yang penting dalam penentuan umur struktur. Parameter-parameter itu antara lain *Stress Intensity Factor* (SIF), perambatan retak (*crack propagation*), dan umur kelelahan struktur (*fatigue life*). Umur kelelahan *tubular joint* dapat dijadikan parameter untuk mengetahui kelaikan struktur tersebut. Dimensi tubular joint diambil dari data struktur Hang Tuah MOgPU milik Conoco-Philip yang beroperasi di laut Natuna (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Struktur Hang Tuah MOgPU (ACE MOgPU for West Natuna, Doc. 84502-5000-6D-01-0)

Metode yang digunakan untuk mencari umur kelelahan (*fatigue life*) adalah Metode *Elastic Plastic Fracture Mechanics*. Metode ini digunakan karena dengan adanya keretakan awal perhitungan didasarkan pada sifat-sifat mekanis pada material misal kekuatan tarik, *yield stress, buckling* dan lain-lain tidak cocok lagi digunakan sehingga diperlukan konsep Mekanika Kepecahan (*Fracture Mechanics*), dimana dengan konsep ini dapat diperhitungkan seberapa besar *Stress Intensity Factor* dan besarnya perambatan retak (*crack propagation*) yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui umur struktur.

Pendahuluan

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

- 1. Berapa besar *Stress Intensity Factor* (SIF) *tubular joint* tipe T yang memiliki retak *through-thickness* pada chord ?
- 2. Berapa besar perambatan retak (*crack propagation*) tubular joint tipe T yang memiliki retak through-thickness pada chord?
- 3. Berapa umur kelelahan tubular joint tipe T yang memiliki retak through-thickness pada chord?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

- 1. Mengetahui besar *Stress Intensity Factor* (SIF) tubular joint tipe T yang memiliki retak *through-thickness* pada chord
- Mengetahui besar perambatan retak (crack propagation) tubular joint tipe T yang memiliki retak through-thickness pada chord
- Mengetahui umur kelelahan tubular joint tipe T yang memiliki retak throughthickness pada chord

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan akan diperoleh gambaran model struktur yang handal, optimal dan kompetitif. Dengan semakin mahalnya biaya fabrikasi dan masih banyaknya ladaing-ladang minyak yang tidak terlalu besar yang belum tereksploitasi maka struktur yang efisien akan mampu menghemat dan memperkecil biaya akan tetapi tanpa mengesampingkan proses fabrikasi yang benar.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam tugas akhir ini diberikan batasan-batasan permasalahan sehingga diperoleh pembahasan topik yang spesifik. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- Obyek penelitian adalah *tubular joint* tipe T yang memiliki retak *through-thickness* pada chord.
- 2. Metode perhitungan Stress Intensity Factor yang digunakan adalah Metode Elastic Plastic Fracture Mechanics (EPFM) dengan menggunakan R-curve Analysis.

3. crack initiation (crack awal) diasumsikan sebagai berikut:

crack depth menembus tebal chord

crack length = 2a = 0.01 m

4. Analisa dilakukan sesuai dengan mode I (Opening Mode).

5. Arah penjalaran retak mengikuti daerah las-lasan.

6. Material yang digunakan adalah ASTM A 36 jenis Ferrite Pearlite Steel

7. Beban yang bekerja pada tubular joint hanya gaya aksial tarik, statis.

8. Pemodelan menggunakan tumpuan jepit pada ujung chord.

9. Analisa hanya meninjau umur kelelahan crack pada struktur tubular T-joint.

10. Struktur dikatakan mengalami kegagalan sampai fast fracture.

11. Penelitian hanya dilakukan pada daerah sambungan bukan struktur global.

12. Material las tidak dimasukkan dalam pemodelan..

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BABI PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat yang ingin dicapai, ruang lingkup serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya dan teori yang melandasi penelitian, antara lain teori mengenai mekanika kepecahan (*Fracture Mechanics*), Metode *Elastic Plastic Fracture Mechanic* khususnya *R-curve Analysis*, *Stress Intensity Factor* untuk retak *through-thickness*, Persamaan *crack propagation* (pertumbuhan retak) dan *Finite Element Method*.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Berisi tentang langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan diagram alir. Bab ini juga berisi tentang pemodelan struktur secara keseluruhan sesuai metodologi penelitian yang telah ditentukan. Pemodelan ini meliputi pemodelan

4

pada struktur dan pembebanan termasuk didalamnya adalah pengumpulan data struktur dan data lingkungan serta teori perhitungan yang telah ditentukan. Dalam melakukan pemodelan, metode yang digunakan adalah dengan Metode Elemen Hingga (MEH) serta menggunakan bantuan software ANSYS V 6.0.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dari pemodelan. Dalam bab ini juga dijelaskan analisa *Stress Intensity Factor, Crack Propagation* serta *Fatigue Life* berdasarkan data-data yang ada mulai dari memasukkan data kedalam software atau dengan melakukan perhitungan manual sampai diperoleh hasil yang diinginkan berdasarkan parameter-parameter yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan yang menjawab tujuan dan saran mengenai penelitian selanjutnya.

BAB II INJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam Jurnalnya, Murthy et al. (2004) menyatakan bahwa sambungan *tubular* di struktur lepas pantai menjadi bagian dominan di struktur tersebut, terutama yang digunakan untuk eksplorasi dan produksi minyak dan gas. Pada *tubular*, sambungan adalah area yang memiliki kecenderungan mengalami kerusakan dan hampir bisa dipastikan adanya daerah retak awal. Setelah retak awal, retak memiliki kecenderungan menjalar sampai terjadi kegagalan struktur. Dalam menentukan umur kelelahan dari suatu sambungan *tubular* perlu dilakukan analisa perilaku retak termasuk perambatan retak. Dalam rangka untuk memperkirakan sisa umur dari *tubular joint* yang retak, analisa untuk mempelajari kelakuan kepecahan (*fracture*), termasuk detail pertumbuhan retak sangat diperlukan.

Desain *fatique* dari *tubular joint* terutama berdasarkan pada pendekatan S-N, yang mana umur *fatique* didapatkan pada rentang tegangan *hot spot* yang berbeda-beda menggunakan standar kurva S-N yang direkomendasikan oleh bermacam-macam *codes*. Pendekatan ini tidak memperhitungkan *crack initiation* dan *crack growth lives*. Pendekatan menggunakan *fracture mechanics* (FM) yang mempertimbangkan aspek-aspek tersebut lebih rasional dan akan semakin banyak dipakai untuk *fatique design*. (Gandhi, P., et al, 1994)

Adanya takikan, lubang pada penampang atau luasan penampang yang berubah tajam menyebabkan adanya penyimpangan pola tegangan. Penyimpangan itu ditandai dengan tegangan lokal yang tinggi (Popov et al, 1978). Metode yang paling umum digunakan untuk mendapatkan distribusi tegangan disekitar *tubular joint* adalah : (a) penggunaan *parametric formula* untuk menghitung *stress concentration factor* (SCF), (b) melakukan analisa lokal pada *joint* dengan menggunakan *finite element methods* (FEM) dan (c) menggunakan metode eksperimental yang mana SCF didapat dengan mengukur deformasi (Murthy et al., 2004).

Troistky, M.S. (1994) menjelaskan bahwa pendekatan FEM terhadap tubular joint dilakukan dengan membagi struktur tubular joint menjadi elemen-elemen kecil dan

diusahakan sehalus mungkin. Karena elemen-elemen yang terdapat dalam tubular joint merupakan elemen lengkung, maka dibutuhkan analisa FEM dengan pendekatan shell elemen theory.

Baru-baru ini, prosedur *finite element* sudah didapatkan untuk menghitung *stress intensity factors* dari *tubular joint* yang memiliki cacat permukaan dibagian bawah las-lasan sehingga metode ini kemungkinan besar dapat digunakan untuk analisa detail *fatique* yang disebabkan oleh pertumbuhan *crack* dengan menggunakan metode *fracture mechanics* untuk *tubular joint*, dalam industri lepas pantai (Rhee,H. C et al., 1986).

2.1 Mekanika Kepecahan

Mekanika kepecahan merupakan salah satu metode matematis yang digunakan untuk mempelajari semua perilaku material dengan menggunakan analisa struktur. Metode ini dikembangkan sebagai kompensasi ketidakcocokan konsep perencanaan dengan menggunakan konsep konvensional yang hanya didasarkan pada sifat-sifat konvensional seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), batas mulur (*yield stress*), maupun tegangan mulur (*buckling stress*), dimana untuk konsep tersebut diatas hanya cocok untuk struktur yang tidak mempunyai cacat. Sedang pada kenyataannya untuk perencanaan suatu konstruksi dimana plat banyak digunakan sebagai komponen utama dalam perencanaan tersebut dapat dianggap mempunyai cacat.

Kerusakan yang terjadi pada struktur dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur tersebut, dimana kerusakan tersebut dapat diakibatkan oleh:

- Adanya beban overload.
- Pengembangan dari retak selama operasi baik sehubungan adanya cacat pada material maupun kesalahan pada saat disain.
- Pengembangan retak sehubungan pada saat extreme (yaitu temperatur dan tegangan sisa) yang tidak dihitung pada saat disain.

Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

2.2 Dasar Terjadinya Retak

Penelitian terhadap mekanika kelelahan memperlihatkan bahwa semua proses fatigue atau kelelahan pada material dapat dibagi dalam beberapa tahap yaitu,

- 1. crack initiation (retak awal),
- 2. crack propagation (perambatan retak), dan
- 3. *final fracture* (proses akhir terjadinya retak) dimana ini merupakan kejadian akhir atau kritis dimana panjang retak dapat menahan *unstable fracture* (kepecahan yang tidak stabil).

2.2.1 Retak Awal (Initiation Crack)

Fatigue crack yang terjadi pada struktur dimana diakibatkan adanya pembebanan berulang, dapat dimulai diberbagai tempat. Pada struktur logam yang biasa digunakan dalam teknik, daerah diantara permukaan partikel dan tempat disekitar permukaan partikel tersebut adalah lokasi yang sering dimulai terjadinya *fatigue crack*. Retak tersebut dapat terjadi diantara batas partikel karena pembebanan *cyclic*. Retak awal ini dalam struktur biasanya dianggap sudah ada, hal ini disebabkan karena adanya beban yang bekerja pada struktur, tegangan sisa karena proses pengelasan atau karena faktor lain yang menyebabkan terjadinya retak disekitar partikel tersebut. Retak seperti ini tidak dapat diketahui secara visual. Penyebab lain kerusakan atau cacat pada material tergantung pada berbagai faktor seperti temperatur, material thoughness atau ketegaran material, disain material, teknologi pengelasan, tegangan sisa, kelelahan material dan lain-lain, dimana dengan adanya cacat pada material tersebut akan menyebabkan kegagalan.

2.2.2 Perambatan Retak (Crack Propagation)

Perambatan retak ini terjadi setelah retak awal terjadi, hal ini disebabkan karena adanya pembebanan *cyclic* yang bekerja pada struktur. Perambatan retak ini sejalan dengan jumlah pembebanan. Penjalaran retak ini terjadi sangat lambat selama servis pembebanan normal.

Retak dapat menjalar disebabkan salah satu mekanisme yang disebutkan dibawah ini:

- Fatigue yang disebabkan oleh pembebanan cyclic.
- Stress corrosion yang disebabkan menahan beban yang ada.
- Mulur (creep).
- Adanya hidrogen yang terdapat pada material yang dapat menyebabkan keretakan.
- Adanya liquit metal yang terdapat pada material yang dapat menyebabknan keretakan.

Dari semua penyebab yang disebutkan diatas, dua yang pertama dan kombinasinya adalah yang paling sering ditemukan, sedangkan yang terakhir paling jarang ditemukan pada struktur yang menanggung beban.

2.2.3 Final Fracture

Final fracture adalah proses akhir kerusakan pada struktur saat mengalami pembebanan, sehingga struktur tersebut mengalami kegagalan. Ketika terjadi penjalaran retak, penampang pada bagian tersebut akan berkurang. Sampai pada kondisi dimana penampang pada bagian tersebut tidak mampu menahan beban yang terakhir kalinya. Pada tahap ini penjalaran retak yang terjadi sangat cepat sehingga struktur akan pecah menjadi dua.

2.3 Teori Mekanika Kepecahan

Dalam perkembangannya, teori kepecahan sebagai ilmu terapan telah dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- Elastic Plastic Fracture Mechanic
- Linear Elastic Fracture Mechanic

Teori Linear Elastic Fracture Mechanic (LEFM) didasarkan pada prosedur analitis yang menghubungkan besarnya daerah tegangan dan distribusi tegangan elastic disekitar ujung retak (elastic stress field) dengan tegangan nominal yang dikenakan pada struktur dengan ukuran retak (diskontimuitas), bentuk retak dan sifat-sifat dari material itu sendiri. Dalam perkembangannya metode ini cocok untuk material yang getas (brittle) misalnya kaca, beton, dan lain-lain. Sedangkan untuk material yang ductile misal baja maka metode yang tepat adalah Elastic-Plastic Fracture Mechanics (EPFM). Dalam tugas akhir ini perhitungan lebih ditekankan pada pendekatan EPFM karena untuk struktur BLP yang sebagian besar terbuat dari baja yang bersifat ductile, maka ketika material retak masih ada zone plastis pada ujung retak sehingga apabila digunakan metode linear elastic fracture

mechanics hasilnya akan sangat konvensional karena pada metode LEFM saat terjadi retak, retak akan langsung mengalami penjalaran yang cepat

2.4 Stress Intensity Factor

Faktor intensitas tegangan adalah parameter yang mengandung pengertian prinsip keseimbangan energi dan distribusi disekitar ujung retak. Jika faktor intensitas tegangan (K) mencapai faktor intensitas tegangan ambang (K_{treshold}), maka retak mulai menjalar, dan kegagalan struktur terjadi jika harga (K) telah mencapai harga kritis material (K_{ic}) yang disebut *fracture thougness*. Dimana dalam banyak literatur *fracture thougness* diasumsikan sebagai konstanta dari material sebagai representatif ketahanan material terhadap laju pertambahan retak.

Stress Intensity Factor (K) merupakan parameter penting dalam analisa keretakan pada suatu struktur. Penentuan Stress Intensity Factor (K) untuk retak yang terjadi pada sambungan tubular merupakan hal yang sangat sulit. Ini disebabkan kekomplekkan geometri sambungan serta bentuk medan tegangan lokalnya. Untuk itu diperlukan penyederhanaan persamaan faktor intensitas tegangan.

Ada beberapa parameter yang diperlukan dalam memperkirakan K, yaitu: panjang dan dimensi retak, posisi retak, variasi tegangan di interseksi, tegangan sisa. Beberapa metode yang dapat dipakai untuk menentukan K, yaitu penyelesaian secara klasik, metode numeric, dan metode semi empiris yang diturunkan dari data experimen (Dover, et al., 1982). Teknik dasar untuk menentukan K adalah dengan prinsip superposisi. Dengan superposisi, analisa dilakukan dalam dua tahap, yaitu penentuan tegangan pada komponen tanpa retak dilanjutkan dengan penentuan faktor intensitas tegangan.. Dimana metode yang dipakai adalah metode semi empiris dari Dover (1982) untuk menentukan harga K. menurut Dover (1982) bila faktor intensitas tegangan dinyatakan dengan:

$$K = Y(a)\sigma\sqrt{\pi a}$$

dimana Y = faktor koreksi untuk retak

 σ_{hs} = variasi tegangan pada daerah hot spot

a = kedalaman retak

(2.1)

Dalam tulisan ini tidak disertakan analisa penggunaan konsep elastis plastis untuk faktor intensitas tegangan kritis, K_{cr} pada *unstable fracture*. Tapi lebih difokuskan pada aplikasi konsep intensitas tegangan pada analisa pertumbuhan retak. Ini didasarkan pada sudut pandang dari mekanika kepecahan *elastis plastis* yaitu: Pertama, tingkat intensitas tegangan mungkin sangat rendah dibanding tegangan yield, sedangkan retak masih merambat pada kondisi beban siklis. Karenanya zona plastis kecil dan pendekatan elastis linier masih rasional. Kedua, meskipun tegangan yang bekerja melebihi kekuatan yield, tapi masih ada work hardening dalam kasus struktur baja, sehingga zona plastis pada ujung retak tidak akan tersebar pada semua sisi/bagian (Becker, et al., 1970).

2.4.1 Stress Intensity Factor dari persamaan Irwin

Dalam kajian mekanika kepecahan, retak dapat digolongkan dalam tiga mode deformasi retak, seperti terdapat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Tiga mode deformasi retak (Pluvinage, et.al)

Mode deformasi retak tersebut adalah:

- 1. Mode I (*opening mode*) adalah retak yang diakibatkan oleh adanya tegangan tarik yang tegak lurus terhadap arah/bidang penjalaran retak. Jadi displacement permukaan tegak lurus bidang retak.
- 2. Mode II (*sliding mode*) adalah retak yang diakibatkan oleh tegangan geser yang searah dengan penjalaran retak. Displacement permukaan retak adalah dalam bidang retak dan tegak lurus leading edge dari retak.
- 3. Mode III (*tearing mode*) adalah retak yang diakibatkan karena tegangan geser yang bekerja pada arah melintang dan membentuk sudut dengan arah penjalaran retak.

Dalam kenyataannya bentuk Mode I lah yang paling banyak mengakibatkan terjadinya perambatan retak. Untuk Mode I, medan tegangan yang terjadi pada kondisi seperti pada persamaan Irwin's dibawah ini: (Barsom et al., 1987)

$$\sigma_{x} = \frac{K_{I}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\sigma_{y} = \frac{K_{I}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_{I}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2}$$

$$\sigma_{z} = 0 \qquad \text{(plane stress)}$$

$$\sigma_{z} = v(\sigma_{x} + \sigma_{y}) \qquad \text{(plane strain)}$$

$$(2.2)$$

sedang untuk Mode II, persamaan tegangan di ujung retak adalah :

$$\sigma_{x} = \frac{-K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[2 + \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\sigma_{y} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \left[\cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\sigma_{z} = v \left(\sigma_{x} + \sigma_{y} \right) \qquad \text{(plane strain)}$$

$$\sigma_{z} = \tau_{z} = 0$$

Demikian pula untuk Mode III :

$$\tau_{xx} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi R}} \sin \frac{\theta}{2}$$

$$\tau_{yz} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2}$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = 0$$
(2.4)

dimana K_{i,ii,iii} = Stress Intensity Factor berturut-turut untuk Mode I, II, dan III.

 $\sigma_x = tegangan normal arah sumbu x$

 $\sigma_y = tegangan normal arah sumbu y$

 τ_{xy} = tegangan geser bidang x arah sumbu y

r = jarak crack tip dengan node yang ditinjau

 θ = sudut antara node yang ditinjau dengan sumbu x

Dari persamaan diatas dijumpai K, yaitu faktor intensitas tegangan (angka romawi menyatakan mode retak). Bila K diketahui, medan tegangan di ujung retak akan dapat diketahui pula. Persamaan-persamaan di atas menunjukkan bahwa tegangan *elastis* didekat

ujung retak tergantung pada nilai r dan θ dan K. Distribusi tegangan disekitar retak tergantung pada nilai r dan θ (Gambar 2.2), sedangkan besarnya pada tiap-tiap posisi tergantung pada K. Satu hal penting yang harus diketahui adalah bahwa harga K tidak dependen/bergantung pada material dan koordinat posisinya, tapi K bergantung pada beban luar, geometri eksternal, dan geometri retak (ukuran dan bentuk). Dengan demikian K menunjukkan hubungan antara respon ujung retak lokal dan kondisi yang lebih global. (Almar-Naess, 1985)



Gambar 2.2 Distribusi Tegangan Di sekitar Ujung Retak (Kim, 2000)

2.4.2 Stress Intensity Factor untuk Through-Thickness Crack

Stress Intensity Factor untuk *Infinite plate* dengan *tensile stress* yang uniform, σ, dan memiliki *through-thickness crack* dengan panjang 2a (Gambar 2.3) adalah

$$K_r = \sigma \sqrt{\pi a} \tag{2.5}$$

dimana K_I = Stress Intensity Factor

 $\sigma = tegangan$

a = panjang crack

Faktor koreksi diperoleh dari persamaan berikut

$$\left(\frac{2b}{\pi a}\tan\frac{\pi a}{2b}\right)^{1/2} \tag{2.6}$$

dimana persamaan tersebut digunakan untuk memperkirakan harga K_I untuk plate dengan lebar 2b, sehingga stress intensity factor untuk plate dengan lebar 2b dengan uniform

tensile stress, σ dan memiliki retak through-thickness dengan panjang 2a (Gambar 2.3) adalah

$$K_{I} = \sigma \sqrt{\pi a} \left(\frac{2b}{\pi a} \tan \frac{\pi a}{2b} \right)^{1/2}$$
(2.7)

Nilai faktor koreksi untuk berbagai macam ratio panjang *crack* dengan lebar dapat dilihat dalam table 2.1.

Tabel 2.1 Correction Factors for a Finite-Width Plate Containing a Through-Thickness

a/b	$\left[\frac{2b}{\pi a}\tan\frac{\pi a}{2b}\right]^{1/2}$
0.074	1.00
0.207	1.02
0.275	1.03
0.337	1.05
0.410	1.08
0.466	1.11
0.535	1.15
0.592	1.20

Crack (Ref. 5) (Barsom, 1987)



Gambar 2.3. Through-Thickness Crack pada infinite plate
2.5 Fracture Toughness (Kc)

Fracture toughness (K_c) adalah kemampuan suatu material untuk menahan intensitas tegangan tertentu pada ujung retak dan menghambat penjalaran retak. Sehingga *fracture toughness* (K_c) dapat dipakai sebagai standart atau kriteria dalam perancangan kekuatan struktur. Struktur akan mengalami *fast fracture* ketika $K = K_c$

Fracture toughness tiap material berbeda-beda, karena ditentukan secara eksperimen pada material yang diuji sampai terjadi *fast fracture*. Pada penelitian tugas akhir ini *fracture toughness* (K_c) yang digunakan sebesar 70 ksi√in untuk material *ferrite-pearlite steel*, yaitu material baja karbon ASTM A36. (Barsom et al., 1987).

2.6 Elastic Plastic Fracture Mechanics

Hampir semua struktur baja dengan low sampai medium strength digunakan dalam beberapa ukuran dan cocok untuk digunakan pada struktur yang kompleks misalnya jembatan, kapal, pressure vessel. Tidak cukup hanya factor thickness untuk mempertahankan kondisi plane-strain pada kondisi pembebanan yang perlahan (slow loading) saat temperature normal. Jadi untuk beberapa aplikasi structural, perhitungan K_{Ic} dengan *linear elastic analysis* tidak berlaku dengan adanya formasi *large plastic zone* dan perilaku *elastic plastic*. Perluasan utama *linear elastic fracture mechanics* menjadi daerah *elastic plastic* mengikuti:

- 1. R-Curve Analysis
- 2. J-Integral
- 3. Crack-Tip Opening Displacement

2.6.1 R-Curve Analysis

 K_{IC} adalah stress intensity factor pada kondisi plane-strain ($\varepsilon_z = 0$) dengan disertai smallscale crack tip plasticity, sedangkan K_c adalah stress intensity factor pada kondisi planestress ($\sigma_z = 0$) dengan disertai large-scale crack tip plasticity. Jadi perlakuan yang ditunjukkan oleh K_c adalah kebalikan dari yang ditunjukkan K_{IC} dimana hal itu tidak berarti dibandingkan batasan elastic through-thickness secara menyeluruh pada keretakan. Nilai K_c umumnya 2-10 kali lebih besar daripada K_{IC} . Pada fixed condition (kondisi konstan) baik temperature, strain rate dan plate thickness (T, ε , dan B) nilai K_c dapat berubah menurut initial crack length, a_0 . R-curve menggolongkan resistance keretakan pada material selama kenaikan perluasan crack slow-stable. R-curve memplotkan resistance pertumbuhan retak (*crack-growth*) pada material dengan fungsi perluasan retak actual atau efektif. K_R adalah resistance pertumbuhan retak pada unit sama halnya dengan K, yakni ksi \sqrt{in} . K_c adalah *plane stress fracture toughness* sama dengan harga K_R pada kondisi yang tidak stabil pada waktu R-curve test. R-curve menggambarkan variasi K_R dengan Δa (Gambar 2.4), dimana K_R menggambarkan gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perluasan retak yang stabil (Δa) sebelum pertumbuhan retak yang tidak stabil,K_c.

Persamaan untuk R-curve (Barsom, 1987), antara lain

$$1. K = \sqrt{RE} \tag{2.8}$$

2.
$$R = G = \frac{\pi \sigma^2 a}{E} = \frac{K_I^2}{E}$$
 (2.9)

dimana

G = Energi Release Rate

 K_R = Resistance pertumbuhan retak (R)

E = Modulus Young



Gambar 2.4 R-Curve (Barsom et al., 1987)

2.7 Perhitungan Crack Propagation

Pada Mekanika Kepecahan elastis linier, penambahan ukuran retak (Δa) selama satu siklus pembebanan (*load cycle*) berkaitan dengan rentang faktor intensitas tegangan ΔK untuk siklus pembebanan tersebut (Gambar 2.5). Hubungan ini dinyatakan dalam formulasi Paris dan Erdogan sebagai berikut (Almar-Naess, A. Ed, 1985) :

$$\Delta a = C \left(\Delta K\right)^m \tag{2.10}$$

dimana $\Delta a =$ penambahan ukuran retak (in.)

 ΔK = rentang stress intensity factor (ksi \sqrt{in} .)

C,m = konstanta

Penambahan retak dalam satu siklus biasanya sangat kecil dibandingkan dengan ukuran retak. Oleh karena itu persamaan 2.10 dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$\frac{da}{dN} = C \left(\Delta K\right)^m \tag{2.11}$$

dimana da/dN = pertambahan retak (in./cycle)

 ΔK = rentang stress intensity factor (ksi $\sqrt{in.}$)

C,m = konstanta

Rentang faktor intensitas tegangan (ΔK) disebabkan oleh beban siklis dan merupakan fungsi dari distribusi tegangan dan geometri sambungan serta retakan. Selanjutnya ΔK dapat diekspresikan sebagai fungsi rentang total tegangan sepanjang tebal dinding.

$$\Delta K = Y(a) \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \tag{2.12}$$

dimana $\Delta \sigma$ = rentang tegangan

 ΔK = rentang stress intensity factor (ksi \sqrt{in} .)

C,m = konstanta



Gambar 2.5 Grafik Crack Growth Fracture Mecahanics (Barsom et al., 1987)

Pemakaian formula perambatan retak mekanika kepecahan (formula Paris) hanya berlaku dengan baik pada daerah region 2. Pada region 1 ini, banyak berhubungan dengan inisiasi retak awal. Pada region 3 perambatan retak lebih tinggi daripada region 2. Pada region 3 ini, keretakan yang sebenarnya berjalan dengan sangat cepat ketika kondisi kegagalan didekati. (Wilson, James F, 1984)

2.7.1 Ferrite-Pearlite Steel

Perilaku laju penambahan retak pada *ferrite-pearlite steel* dapat dilihat pada Gambar 2.6, dimana data ini merupakan estimasi yang realistis laju pertumbuhan retak pada jenis baja ini, dimana dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\frac{da}{dN} = 3.6 \times 10^{-10} (\Delta K_I)^{3.0}$$
(2.13)



Gambar 2.6 Summary of fatigue-crack-growth data for ferrite-pearlite steel Dari persamaan *crack propagation* diatas dapat diketahui bahwa untuk material *ferrite-pearlite steel* besar C = 3.6×10^{-10} sedangkan m = 3, harga ini merupakan hasil dari percobaan pada *ferrite-pearlite steel* yang direpresentasikan dalam grafik pada gambar 2.6. Apabila harga C dan m untuk jenis material tertentu tidak diketahui, hanya grafik saja yang diketahui maka C dan m dicari dari grafik yang ada sesuai jenis material dimana grafik dianggap garis linier dengan persamaan

$$y = mx + C$$

$$\frac{dy}{dr} = m$$
(2.14)

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa m adalah kemiringan garis sedangkan C sama dengan besar ordinat pada kurva.

2.8 Umur kelelahan

Hasil perhitungan perambatan retak ini umumnya ditunjukkan sebagai umur kelelahan dari struktur yang ditinjau. Dengan memberikan masukan berupa besar retak awal dan retak akhir akan diketahui jumlah batas siklus yang masih aman dengan mengintegralkan persamaan laju keretakan berikut:

$$\int_{ni}^{nf} dN = \int_{ai}^{af} \frac{da}{c(\Delta K)^m}$$

$$N = \int_{ai_i}^{af_s} \frac{da}{c(\Delta K)^m}$$
(2.15)
(2.16)

dimana:

- da = Pertambahan panjang retak
- dN = Pertambahan jumlah cycle dari beban
- C = Konstanta material berdasarkan empiris
- m = Konstanta material berdasarkan empiris
- ΔK = Rentang SIF
- N = Jumlah cycle sampai panjang retak tertentu atau sampai patahnya konstruksi
- a_f = Panjang retak setelah pembebanan
- a_i = Panjang retak pada waktu permulaan

2.9 Distribusi Tegangan pada Sambungan Tubular

Keretakan pada sambungan tubular umumnya berawal dan menjalar di daerah kaki lasan. oleh karena itu tegangan di daerah ini merupakan fokus dalam analisa umur kelelahan sambungan *tubular*. Tegangan-tegangan di daerah ini boleh dikatakan merupakan kombinasi antara efek global dan lokal. Efek global adalah efek dari tegangan yang timbul akibat pengaruh deformasi pada chord dan brace ketika kedua bagian ini berusaha mempertahankan kekompakan geometriknya akibat beban yang dialami. tegangan ini sering disebut sebagai tegangan geometrik.

Efek lokal adalah efek dari tegangan yang timbul akibat hadirnya takik (*notch*) pada kaki lasan. tegangan ini sering disebut tegangan takik (*notch stress*). tegangan takik ini sangat ditentukan oleh geometri las. geometri las itu sendiri sangat bervariasi, yaitu berbeda



antara satu sambungan dengan sambungan yang lainnya. bahkan pada satu sambungan yang samapun geometri las sekeliling interseksi juga bervariasi. variasi demikian ini menyebabkan tegangan takik ini sulit untuk dimodel/dialifikasikan. Untungnya, tegangan lokal ini tidak mempengaruhi pertumbuhan menembus ketebalan. dengan demikian tegangan lokal hanya penting dari segi retak awal (*crack initiation*) dan penjalaran dini (*early crack growth*). Oleh karena itu dalam analisa umur kelelahan sambungan tubular, tegangan takik ini umumnya diabaikan.

Distribusi tegangan pada balok prismatic, yaitu balok yang memiliki luas penampang yang konstan sepanjang batang, merupakan distribusi yang tidak menyimpan dari pola tegangan. Tetapi akan berbeda diatribusinya bila terjadi pada penampang yang tidak prismatic. Adanya takikan, lubang pada penampang, atau luasan penampang yang berubah tajam, menyebabkan adanya penyimpanan pola tegangan. Penyimpangan ini ditandai dengan tegangan lokal yang tinggi(Popov et al, 1978).

Penyimpangan tersebut terjadi pada struktur *tubular joint. Tubular joint* memiliki perubahan bentuk yang tajam, bahkan dikatakan geometri *tubular joint* merupakan struktur tidak kontinu.

2.10 Finite Element Method

Analisa perilaku struktur dapat dilakukan dengan eksperimental dan analisa numeric. Analisa numeric sendiri dapat berupa pemodelan matematik, pemodelan analitik, rumus empiris dan numerical analysis. Penggunaan model matematik untuk penyelesaian masalah-masalah engineering jarang sekali mencapai hasil yang analitik, kecuali untuk kasus yang sederhana. Karena penyelesaian pada masalah-masalah teknik akan menghasilkan suatu ekspresi matematik yang masih rumit dan melibatkan keadaan batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan lain sebagainya. Mengingat hal tersebut, maka penggunaan analisa numeric menjadi popular. Kendati hasil yang dicapai pada analisa numeric jarang yang eksak, namun kesalahan akan berkurang pada proses penyelesaian persamaan, sehingga dianggap cukup akurat untuk tujuan engineering. Begitu pula dengan pemodelan analitik dan rumus empiris. Sedangkan untuk kasus-kasus yang rumit, sering dipakai numerical modeling (FEM), sebagai salah satu bentuk Numerical Method mampu menganalisa struktur yang kompleks. Pendekatan numeric ini merupakan suatu metode yang menggunakan informasi-informasi pada titik diskret, yang didapat dengan membagi suatu model menjadi elemen-eleman yang lebih kecil. Karena itu metode ini dikenal sebagai Metode Elemen Hingga (FEM). Prinsip dasar FEM adalah memperlakukan suatu system sebagai gabungan dari beberapa elemen-elemen kecil yang disebut dengan finite element. Elemen satu digabungkan dengan elemen yang lain melalui titik-titik yang disebut nodes atau nodal point. Bentuk elemen yang dipilih dapat berupa elemen segitiga atau elemen segi empat. Sehingga pemecahan sistem secara keseluruhan didapatkan dari penggabungan pemecahan elemen-elemen kecil.

Pendekatan FEM terhadap tubular joint dilakukan dengan membagi struktur tubular joint menjadi elemen-elemen kecil dan diusahakan sehalus mungkin. Karena elemen-elemen yang terdapat dalam tubular joint merupakan elemen lengkung, maka dibutuhkan analisa FEM dengan pendekatan *shell elemen theory*.

2.10.1 Elemen Shell

Dalam analisa sambungan tubular terdapat tiga pendekatan yang berbeda yang didasarkan pada: (Cook et al, 1989)

- 1. Elemen segitiga atau elemen segi empat datar yang terbentuk dari kombinasi plane membrane dengan elemen plate bending.
- 2. Elemen lengkung
- 3. Elemen isoparametris 3-D yang dikhususkan untuk penanganan elemen shell tipis/thin shell elemen (elemen isoparametris 3-D yang digenerasi)

Element shell bisa digunakan untuk model *tubular joint* tanpa *crack*, tetapi lasan tidak dapat dimodelkan dengan teori ini. Sedangkan dengan Elemen shell tipis/*thin shell* FE analisys dapat diperlihatkan tegangan pada chord. (Murthy, 2004).

Suatu elemen dinyatakan sebagai elemen isoparametris apabila parameter yang digunakan untuk ekspresi geometri dari elemen (yaitu bentuk elemen) sama jumlahnya dengan parameter yang digunakan untuk ekspresi model displasemennya. Apabila elemen parameter yang digunakan untuk menyatakan ekspresi geometri elemen lebih sedikit dari parameter yang digunakan untuk ekspresi model displasemennya, elemen ini disebut subparametris. Sebaliknya, disebut elemen superparametris. Sering dipakainya konsep elemen isoparametris dalam analisa engineering ini dikarenakan konsep ini memiliki beberapa keuntungan. Pertama, karena sifat konsep yang umum, sehingga dapat dipakai baik untuk elemen satu dimensi, dua dimensi, maupun tiga dimensi tanpa banyak mengalami kendala yang berarti. Selain itu juga dapat digunakan untuk elemen yang mempunyai sisi lengkung dan juga mudah dalam integral numeriknya.

2.10.2 Elemen Isoparametrik Padat (Solid)

Konsep dasar elemen isoparametris berhubungan erat dengan koordinat natural, yaitu koordinat yang mempunyai harga maksimum 1 dan -1. Shape function ditentukan dari mapping antar dua sistem koordinat, yautu koordinat Cartesian dan koordinat natural. Berdasarkan kaidah-kaidah sederhana dan memperhatikan fisik serta sedikit pengalaman, penentuan shape function tidak mengalami banyak hambatan.

Koordinat titik simpul X, Y, dan Z pada elemen tersebut adalah:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{8} N_i \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^{8} N_i \zeta \frac{t_i}{2} \begin{bmatrix} i_{3i} \\ m_{3i} \\ n_{3i} \end{bmatrix}$$
(2.17)

dimana Ni adalah shape function yang diperoleh sebagai berikut:

$$N_{1} = \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta) - \frac{1}{2}(N_{8}+N_{5}) \qquad N_{5} = \frac{1}{2}(1-\xi^{2})(1-\eta)$$

$$N_{2} = \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta) - \frac{1}{2}(N_{5}+N_{6}) \qquad N_{6} = \frac{1}{2}(1+\xi)(1-\eta^{2})$$

$$N_{3} = \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta) - \frac{1}{2}(N_{6}+N_{7}) \qquad N_{7} = \frac{1}{2}(1-\xi^{2})(1+\eta)$$

$$N_{4} = \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta) - \frac{1}{2}(N_{7}+N_{8}) \qquad N_{8} = \frac{1}{2}(1-\xi)(1-\eta^{2}) \qquad (2.18)$$

Dimana i_{3i} , m_{3i} , dan n_{3i} merupakan arah cosinus vektor V_{3i} terhadap arah normal bidang tengah yang membentang pada ketebalan t_i untuk nodal ke-I

Vektor V_{3i} diperoleh dari

$$V_{3i} = \begin{bmatrix} x_j - x_k \\ y_j - y_k \\ z_j - z_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{3i} \\ m_{3i} \\ n_{3i} \end{bmatrix} \frac{1}{t_i}$$
(2.19)

Displasement disembarang titik pada elemen cangkang dinyatakan dalam arah sumbu global, Sehingga:

$$u = \{u, v, w\} (i = 1, 2, \dots, 8)$$
(2.20)

sebaliknya, displasement nodal terdiri dari translasi yang sama (dengan arah global) ditambah dengan dua rotasi kecil α_i dan β_i terhadap sumbu tangensial local x' dan y',

$$q_i = \{u_i, v_i, w_i, \alpha_i, \beta_i\} (i = 1, 2, ..., 8))$$
(2.21)

sehingga displasemen dapat dinyatakan dalam nodal sebagai berikut:

Dimana µi menunjukkan matriks sebagai berikut:

$$\mu_{i} = \begin{bmatrix} -\mathbf{i}_{2i} & \mathbf{i}_{1i} \\ -\mathbf{m}_{2i} & \mathbf{m}_{1i} \\ -\mathbf{n}_{2i} & \mathbf{n}_{1i} \end{bmatrix}$$
(2.23)

kolom pertama matriks ini merupakan nilai negatif dari arah cosinus vector tangensial kedua V_{2i} , sedangkan kolom keduanya merupakan arah kosinus dari vector tangensial pertama V_2 . Vector-vector ini saling orthogonal satu sama lain, dan juga orthogonal terhadap vector V_{3i} , tetapi dapat dipilih sembarang arah untuk menyatakan salah satu vector. Setelah kita tentukan terhadap salah satu arah, maka:

$$V_{1i} = e_y * V_{3i}$$

 $V_{2i} = V_{3i} * V_{1i}$ (2.24)

Jika V_{3i} parallel terhadap e_y dalam persamaan diatas, maka e_y dapat diganti dengan e_z. Besarnya adalah:

$$u' = \beta_i \left(\zeta \frac{t_i}{2} \right)$$

$$v' = -\alpha_i \left(\zeta \frac{t_i}{2} \right)$$

(2.25)

kontribusi nilai-nilai ini terhadap displasemen di sembarang titik ditunjukkan dengan penjumlahan kedua (second smmation) pada persamaan 2.15.

selanjutnya ekspresi regangan yang merupakan turunan displasemen dinyatakan sebagai:

$$\sum_{x \in y} \sum_{x \in y} \gamma_{xy} \gamma_{yz} \gamma_{zx} \Big|^{T} = [H] [u_{,x} u_{,y} u_{,z} v_{,x} v_{,y} v_{,z} w_{,x} w_{,y} w_{,z}]^{T}$$

$$\left\{ \begin{cases} u_{,x} \\ u_{,y} \\ u_{,z} \\ v_{,x} \\ w_{,z} \end{cases} \right\} = \begin{bmatrix} J - 1 & 0 & 0 \\ 0 & J - 1 & 0 \\ 0 & 0 & J - 1 \end{bmatrix} \begin{cases} u_{,\xi} \\ u_{,\eta} \\ u_{,\zeta} \\ v_{,\xi} \\ w_{,\zeta} \end{cases}$$

$$(2.26)$$

24

dimana matrik J adalah:

$$[J] = \begin{bmatrix} x_{,\xi} & y_{,\xi} & z_{,\xi} \\ x_{,\eta} & y_{,\eta} & z_{,\eta} \\ x_{,\zeta} & y_{,\zeta} & z_{,\zeta} \end{bmatrix}$$
(2.28)

Turunan matriks J sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x_{,\xi} &= \sum_{i=1}^{4} N_{i,\xi} x_{i} + \sum_{i=1}^{4} N_{i,\xi} \zeta \frac{t_{i}}{2} l_{2i} \\ x_{,\eta} &= \sum_{i=1}^{4} N_{i,\eta} x_{i} + \sum_{i=1}^{4} N_{i,\eta} \zeta \frac{t_{i}}{2} l_{3i} \\ x_{,\zeta} &= \sum_{i=1}^{4} N_{i} \frac{t_{i}}{2} l_{3i} \end{aligned}$$
(2.29)

dan seterusnya

invers J menjadi

Г

$$[J]^{-1} = [J^*] \begin{bmatrix} \xi_{,x} & \eta_{,x} & \zeta_{,x} \\ \xi_{,y} & \eta_{,y} & \zeta_{,y} \\ \xi_{,z} & \eta_{,z} & \zeta_{,z} \end{bmatrix}$$
(2.30)

dibutuhkan turunan displasemen tertentu terhadap koordinat local. Turunan ini dicantumkan dalam vector kolom:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{u}_{\xi} \\ \mathbf{u}_{\eta} \\ \mathbf{u}_{\zeta} \\ \mathbf{v}_{\xi} \\ \mathbf{v}_{\xi} \\ \mathbf{v}_{\zeta} \\ \mathbf{v}_{\xi} \\ \mathbf{w}_{\xi} \\ \mathbf{w}_{\xi} \\ \mathbf{w}_{\xi} \\ \mathbf{w}_{\zeta} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{8} \begin{bmatrix} N_{i,\xi} & 0 & 0 & -\zeta N_{i,\xi} \mathbf{1}_{2i} & \zeta N_{i,\xi} \mathbf{1}_{1i} \\ N_{i,\eta} & 0 & 0 & -\zeta N_{i,\eta} \mathbf{1}_{2i} & \zeta N_{i,\eta} \mathbf{1}_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -N_{i} \mathbf{1}_{2i} & N_{i} \mathbf{1}_{1i} \\ 0 & N_{i,\xi} & 0 & -\zeta N_{i,\xi} m_{2i} & \zeta N_{i,\xi} m_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -\zeta N_{i,\eta} m_{2i} & \zeta N_{i,\eta} m_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -N_{i} m_{2i} & N_{i} m_{1i} \\ 0 & 0 & N_{i,\xi} & -\zeta N_{i,\xi} n_{2i} & \zeta N_{i,\xi} n_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -N_{i,\eta} n_{2i} & \zeta N_{i,\xi} n_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -N_{i,\eta} n_{2i} & \zeta N_{i,\xi} n_{1i} \\ 0 & 0 & 0 & -N_{i,\eta} n_{2i} & N_{i,\eta} n_{1i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{i} \\ u_{i} \\ v_{i} \\ w_{i} \\ \frac{t_{i}}{2} \alpha_{i} \\ \frac{t_{i}}{2} \beta_{i} \end{bmatrix}$$

$$(2.31)$$

dengan memperhatikan persamaan diatas dan mengingat bahwa $\varepsilon_z = 0$, maka matrik regangan pada persamaan 2.19 dapat dinyatakan sebagai berikut:

kombinasi dari persamaan 2.19, 2.20, dan 2.21 diatas, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\left[\varepsilon_{\mathrm{x}} \varepsilon_{\mathrm{y}} \varepsilon_{\mathrm{z}} \gamma_{\mathrm{xy}} \gamma_{\mathrm{yz}} \gamma_{\mathrm{zx}}\right]^{T} = \sum \left[B_{i} \left[u_{i} \mathbf{v}_{i} \mathbf{w}_{i} \alpha_{i} \beta_{i}\right]^{T}$$

$$(2.33)$$

matrik B merupakan matriks yang tersusun atas matrik [Bi] sebanyak node yang terdapat dalam satu elemen. Matrik [Bi] sendiri adalah:

$$B_{i} = \begin{bmatrix} a_{i} & 0 & 0 & -d_{i}l_{2i} & d_{i}l_{1i} \\ 0 & b_{i} & 0 & -e_{i}m_{2i} & e_{i}m_{1i} \\ b_{i} & a_{i} & 0 & -e_{i}l_{2i} - d_{i}m_{2i} & e_{i}l_{1i} + d_{i}m_{1i} \\ 0 & c_{i} & bi & -g_{i}m_{2i} - e_{i}n_{2i} & g_{i}m_{1i} + e_{i}n_{1i} \\ c_{i} & 0 & ai & -d_{i}n_{2i} - g_{i}l_{2i} & d_{i}n_{1i} + g_{i}l_{1i} \end{bmatrix}$$

$$(2.34)$$

$$(i=1,2,...,4)$$

dimana

-

$$a_{i} = J *_{11} N_{i,\xi} + J *_{12} N_{i,\eta}$$

$$b_{i} = J *_{21} N_{i,\xi} + J *_{22} N_{i,\eta}$$

$$c_{i} = J *_{31} N_{i,\xi} + J *_{32} N_{i,\eta}$$

$$d_{i} = \frac{t_{i}}{2} \left(a_{i\zeta} + J *_{13} N_{i} \right)$$

$$e_{i} = \frac{t_{i}}{2} \left(b_{i\zeta} + J *_{23} N_{i} \right)$$

$$g_{i} = \frac{t_{i}}{2} \left(a_{i\zeta} + J *_{33} N_{i} \right)$$
(2.35)

untuk mendapatkan matrik kekakuan [K], dibutuhkan matrik [E], yang merupakan hasil transformasi matrik [E'].

$$[E] = [T_{\varepsilon}]^{T} [E'] [T_{\varepsilon}]$$
(2.36)

dimana $[T_{\epsilon}]$ adalah matrik transformasi sedangkan matriks [E']dinyatakan sebagai:

.

Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Dimana :

$$E_{11} = E_{12} = E_{22} = E / (1 - v^2)$$

$$G_{12} = G_{23} = G_{31} = G = 0.5E / (1 + v)$$
(2.38)

Dengan demikian diperoleh matriks kekakuan K sebagai berikut :

. . .

2

$$[k] = \int_{-1}^{1} \int_{-1}^{1} [B]^{T} [E] B] J | d\xi d\eta d\zeta$$
(2.39)

Dimana $|\mathbf{J}|$ adalah determinan matrik **J.** Pada umumnya J merupakan fungsi dari ξ , η , ζ , demikian pula dengan [B].

Sehingga stress yang dihasilkan dapat ditulis sebagai berikut :

Dimana $\varepsilon_3 = 0$.

2.11 Istilah-Istilah Umum yang digunakan dalam pemodelan

2.11.1 Modulus Young

Suatu benda elastis akan mengalami perpanjangan apabila benda tersebut ditarik dengan kekuatan tertentu. Perpanjangan benda akan semakin bertambah apabila kekuatan tarik yang dikenakan pada benda semakin besar. Perpanjangan tersebut adalah regangan, sedangkan kekuatan tarik yang dikenakan benda adalah tegangan. Hasil bagi antara tegangan dan regangan ini adalah suatu konstanta yang disebut modulus young.

2.11.2 Poisson Ratio

Benda elastis saat dikenai kekuatan tarik searah sumbu x, tidak hanya akan mengalami perpanjangan searah positif sumbu x, namun juga mengalami perpanjangan searah negatif pada sumbu Y dan sumbu Z. Perpanjangan negatif adalah penyusutan sedangkan perpanjangan positif adalah pemanjangan, dimana besar pemanjangan dan penyusutan

berbeda. Perbandingan antara perpanjangan searah sumbu X dengan perpanjangan searah sumbu Y dan sumbu Z adalah Poisson Ratio

2.11.3 Von Mises Stress

Pada elemen tiga dimensi, bekerja tegangan-tegangan searah sumbu X, Y dan Z. Pada tiaptiap sumbu dapat diketahui tegangan utama (σ_1 , σ_2 , σ_3) yang dihitung dari komponen tegangan dengan persamaan berikut (ANSYS 6.0):

$$\begin{vmatrix} \sigma_{x} - \sigma_{0} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{y} - \sigma_{0} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{z} - \sigma_{0} \end{vmatrix} = 0$$
(2.41)

dimana:

 σ_0 = Tegangan utama yang bekerja pada sumbu.

 σ_x = Tegangan normal arah sumbu x

- $\sigma_y = Tegangan normal arah sumbu y$
- σ_z = Tegangan normal arah sumbu z
- σ_{xy} = Tegangan geser arah sumbu xy
- σ_{xz} = Tegangan geser arah sumbu xz
- σ_{yz} = Tegangan geser arah sumbu yz

Tegangan-tegangan utama yang dimaksud seharusnya σ_1 adalah tegangan utama dengan harga yang paling positif dan σ_3 adalah yang paling negatif. Untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada titik tersebut dapat dilakukan penggabungan tegangan-tegangan utama itu dengan suatu cara. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan perumusan tegangan Von Mises (ANSYS 6.0), yaitu:

$$\sigma_{e} = \left(\frac{1}{2} \left[(\sigma_{1} - \sigma_{2})^{2} + (\sigma_{2} - \sigma_{3})^{2} + (\sigma_{3} - \sigma_{1})^{2} \right] \right)^{\frac{1}{2}}$$
(2.42)

dimana:

 σ_e

= Tegangan maksimum.

 σ_1 = Tegangan utama 1

 σ_2 = Tegangan utama 2

 σ_3 = Tegangan utama 3

Dari persamaan tersebut akan didapatkan nilai tegangan maksimum yang selalu positif

2.11.4 Elemen Solid95 3-D 20-Node

Elemen solid95 3-D 20-Node (Gambar 2.7) merupakan salah satu elemen solid yang tersedia dalam Software ANSYS 6.0. Elemen dengan 20 nodes ini memiliki tiga derajat kebebasan pada tiap-tiap node-nya, yaitu translasi nodal pada arah x, y, z. Solid95 memiliki plasticity, creep, stress stiffening, defleksi yang besar, dan strain capability yang besar.



Gambar 2.7 Struktural elemen solid95 3-D 20-Node (ANSYS 6.0)

Elemen solid95 diatas terdiri dari 20 *node*, yaitu I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, A, dan B. Elemen ini memiliki derajat kebebasan U_x, U_y dan U_z. Nomor 1, 2, 3 dan seterusnya menandakan *surface load. Face* 1 terdiri dari J, I, L, K, *face* 2 terdiri dari I, J, N, M, *face* 3 terdiri dari J, K, O, N, *face* 4 terdiri dari K, L, P, O, *face* 5 terdiri dari L, I, M, P, *face* 6 terdiri dari M, N, O, P.

2.11.5 Principal Stress

Tegangan shear bernilai nol saat $\theta = 0$. σ_x dan σ_y merupakan *principal stress* dari σ_1 dan σ_2 . *Principal stress* yang ketiga selalu tegak lurus bidang: $\sigma_z \cong \sigma_3$. Beberapa *principal stress* dapat dilihat seperti pada gambar 2.8. (Broek. 1987)

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{XY}^2}$$
(2.43)

dimana:

 σ_x = Tegangan arah sumbu x

 $\sigma_y = Tegangan arah sumbu y$

 σ_z = Tegangan arah sumbu z

 σ_1 = Tegangan utama 1

 σ_2 = Tegangan utama 2

 $\tau_{xy} \qquad = \ Tegangan \ geser \ arah \ sumbu \ xy$



Gambar 2.8 Principal Stresses (Broek. 1987)

BAB III METODELOGI PENELITIAN

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metodelogi Penelitian Tugas Akhir

Berikut ini langkah-langkah yang digunakan dalam proses penelitian Tugas Akhir:

1. Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data struktur Hang Tuah MogPU *platform* di perairan Natuna Barat, data-data tersebut meliputi:

- dimensi sambungan tubular tipe T
- Material
- Pembebanan (beban aksial) didapatkan dari output GT STRUDL meliputi tegangan paling maksimum dan minimum.

Sedangkan untuk dimensi crack digunakan asumsi

- 2. Pemodelan struktur dengan metode elemen hingga, dalam hal ini menggunakan software ANSYS 6.0. Untuk pemodelan dilakukan dua kali running yaitu pembebanan dengan tegangan maksimum dan pembebanan dengan tegangan minimum. Dengan melakukan pemodelan ini, didapatkan tegangan maksimum dan tegangan minimum disekitar ujung *crack*. Kemudian besar tegangan tersebut dimasukkan ke persamaan Irwin untuk MODE I.
- 3. Validasi hasil perhitungan analitis menggunakan persamaan SIF untuk retak through-thickness dengan hasil perhitungan SIF dari persamaan Irwin. Validasi dilakukan sampai hasil dari perhitungan analitis mendekati hasil dari perhitungan persamaan Irwin, jika tidak maka dilakukan pemodelan ulang.
- Dari nilai SIF atau K₁ yang didapat maka langkah selanjutnya adalah mentransfer nilai K₁ ke R sesuai Metode R-Curve.
- 5. Melakukan perhitungan *crack propagation* dari rumus empiris Paris-Erdogan untuk material *Ferrite-Pearlite Steels*.
- 6. Melakukan perhitungan umur struktur, yang didapat dari mengintegralkan persamaan crack propagation.



Berikut ini adalah gambar urutan penyelesaian dalam penelitian Tugas Akhir ini

Gambar 3.1 Flow Chart Metode Penelitian Tugas Akhir

3.3 Pemodelan secara umum

Pemodelan adalah tahap yang sangat penting dalam suatu perancangan, berhasil atau tidaknya penelitian dilakukan pada tahap ini. Untuk itu perlu adanya validasi model sebelum dilakukan penganalisaan selanjutnya. Validasi ini terdiri atas penyesuaian nilai SIF yang diperoleh dari persemaan Irwin untuk Mode I dimana perhitungannya membutuhkn output dari pemodelan yaitu tegangan disekitar ujung retak dengan persamaan analitis sesuai dengan bentuk retak, dalam hal ini *through-thickness crack*. Adapun hal-hal dasar yang dilakukan dalam pemodelan adalah sebagai berikut:

- Membuat bentuk struktur yang akan dimodelkan dengan ukuran yang telah ditentukan.
- 2. Struktur yang dimodelkan dibagi menjadi elemen-elemen (meshing)
- 3. Memasang kondisi batas (boundary condition) tertentu pada struktur.
- 4. Memberikan gaya pada node-node tertentu.

3.4 Pemodelan Tubular Joint

Tugas Akhir ini akan memodelkan tubular joint yang memiliki crack pada *chord* di posisi saddle, dimana berupa *through-thickness crack*.

3.4.1 Penentuan Dimensi Model dan Material Properties

Adapun dimensi tubular joint tipe T yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tebal chord	:	0.06 m
Tebal brace	:	0.0127 m
Diameter chord luar (OD)	:	1 m
Diameter chord dalam (ID)	:	0.88 m
Diameter brace luar (OD)	:	0.324 m
Diameter brace dalam (ID)	:	0.2986 m
Panjang chord	:	17.2 m
Panjang brace	:	6.5 m

Dimensi retak awal (crack initiation) yang digunakan sebagai berikut:

Panjang retak (2a)	:	0.01 m (Asumsi)
Kedalaman retak	:	0.06 m (menembus tebal chord)
Tebal retak	:	0.0005 m (Asumsi)

Pemodelan *tubular joint* dan *crack* hanya dilakukan setengah tubular saja, hal ini dilakukan karena keterbatasan kapasitas komputer serta penghematan pada waktu running. Berikut ini gambar model setengah *tubular joint*.



Gambar 3.2. Model Setengah Tubular joint tipe T

Untuk bentuk crack serta posisinya dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 3.3. Model Setengah crack pada chord Saddle

Material yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah Ferrite-Pearlite Steels, yaitu material baja karbon ASTM A36. Material ini memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Manual of Stress Construction, 1989):

Tegangan luluh (Fy)	=	250 Mpa
Modulus Young (E)	=	2,005E+10 Kg/m ²
Shear Modulus (G)	=	7,4376E+11 Kg/m ²
Poisson's Ratio (n _u)	=	0,32
Mass Density	=	7862,7 Kg/m ²

3.4.2 Meshing

Desain *mesh* memiliki pengaruh dalam ketepatan metode elemen hingga. Untuk mendapatkan ketepatan metode elemen hingga, maka pada daerah disekitar retak ukuran elemennya lebih kecil (*meshing* sehalus mungkin), hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang sesuai dengan kondisi sebenarnya. Sedangkan pada daerah yang jauh dari retak *meshing* bisa diperkasar (ukuran elemen diperbesar)

Berikut ini gambar meshing tubular T-joint dan crack



Gambar 3.4. Meshing tubular T-joint



Gambar 3.4. Meshing tubular T-joint didaerah crack





3.5.Penentuan Kondisi Batas dan Pembebanan

3.5.1 Kondisi Batas

Pemodelan tubular joint hanya dilakukan setengah geometri, sebab geometri struktur dalam hal ini tubular joint simetri. Agar kelakuan struktur pada saat dibebani mendekati keadaan yang sesungguhnya (kondisi sambungan penuh), maka kondisi batas yang dipergunakan harus tepat. Kondisi batas tersebut adalah:

1. Pada bidang tumpuan

Derajat kebebasan ke semua arah $(U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, dan R_z)$ di fixed, dimana U_x, U_y , U_z , R_x , R_y , dan R_z berturut-turut adalah displasemen dan rotasi terhadap sumbu X, Y dan sumbu Z. Pemasangan kondisi batas pada bidang tumpuan dapat dilihat pada gambar 3.6.

2. Pada bidang perpotongan (bidang simetri)

Derajat kebebasan yang dibebaskan hanya displasemen arah Y. Pemasangan kondisi batas pada bidang tumpuan dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.6. Pemasangan Kondisi Batas Pada bidang tumpuan Tubular T-joint



Gambar 3.7. Pemasangan Kondisi Batas Pada bidang simetri Tubular T-joint

Berikut ini gambar pemasangan kondisi batas pada model *tubular* T-*joint* pada ujung *chord* dan bagian perpotongan:



Gambar 3.8. Pemasangan Kondisi Batas Pada Tubular T-joint

3.5.3 Pembebanan

Beban yang dikenakan pada model *tubular joint* tipe T adalah beban aksial yang terletak pada ujung *brace*. Untuk mempermudah penentuan tegangan nominal, maka beban yang digunakan dalam pemodelan adalah pressure dengan satuan yang sama dengan tegangan.

Pembebanan yang dilakukan adalah dengan memasukkan axial force sejajar dengan arah brace. Beban yang digunakan pada penelitian ini merupakan nilai *axial force* member terkritis dari *output* struktur Hang Tuah MogPU *platform*. Nilai *axial force* dari *output* struktur Hang Tuah MogPU *platform* yang diambil adalah pada saat kondisi operasional (*payload*), dimana menjadi beban minimum pada analisa lokal, dan saat analisa *fatigue*, dimana menjadi beban maksimum pada analisa lokal.

Berikut tabel axial force output struktur Hang Tuah MogPU platform dari software GT Strudl.

Beban	Member	Joint	Axial Force (N)
Max	TD 7585	D7798	1,91E+05
Min	TD 7585	D7798	1,23E+05

Tabel 3.1. Output GT STRUDL

Untuk	Pem	bebanan	ma	ksimum
-------	-----	---------	----	--------

Beban pada brace	:	1.91E+05 N
Area tebal brace	:	0.00620701 m ²
Pressure	:	30771656.31 Pa
Untuk Pembebanan minimum		
Beban pada brace	:	1.23E+05 N
Area tebal brace	:	0.00620701 m^2
Pressure	:	19848523.86 Pa



Berikut ini gambar pembebanan pada ujung brace:



Gambar 3.9. Pembebanan Pada Ujung Brace

3.6 Pemodelan ANSYS V 6.0

Secara umum dalam software ANSYS terdapat tiga langkah utama yang mewakili penyelesaian suatu permasalahan dalam pemodelan yaitu:

1. Preprocessing,

tahap ini merupakan tehap pendefinisian awal model yang akan diproses atau dikerjakan, pendefinisian tersebut meliputi jenis elemen yang digunakan dalam meshing, menentukan bentuk geometri dan propertiesnya serta menentukan material properties model dan meshing. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan pembebanan dan pemasangan kondisi batas (constraint).

2. Solution process,

tahap ini adalah tahap running model yang telah diberi beban dan kondisi batas.

3. Post processing

merupakan tahap untuk melihat dan menganalisa hasil pemodelan.

Langkah-langkah pemodelan tubular joint yang memiliki crack dengan menggunakan software ANSYS 6.0, adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Geometri

Geometri yang dibuat hanya setengah tubular joint. Untuk membuat geometri pada ANSYS 6.0 harus diinputkan titik koordinat sesuai dengan posisinya lebih mudah lagi jika tepat di titik 0.0.0.

2. Penentuan satuan,

Dalam ANSYS 6.0 satuan harus konstan, apabila menggunakan satuan SI maka harus SI baik untuk geometri ataupun pembebanan

- 3. Pemodelan las-lasan dan retak pada posisi yang telah ditentukan yaitu pada chord posisi saddle
- 4. Memasukkan Material Propertis

Setelah model sudah dibuat maka langkah selanjutnya adalah memasukkan material properties. Data-data yang dimasukkan adalah Modulus Young (E), Poisson Ratio, dan lain-lain sesuai dengan data material dari *tubular joint* tipe T.. Sedangkan untuk properti akan dimasukkan jenis *elemen*.

- 5. Meshing, dengan menentukan ukuran elemen yang diinginkan
- 6. Pembebanan dan penentuan kondisi batas

Untuk *load* (beban) diambil gaya aksial hasil dari *output* pemodelan secara global, yang kemudian dijadikan *load* pada pemodelan secara lokal. Untuk *constrain* yaitu batas dari model. Pada ujung *chord* diberi tumpuan *fix* (jepit) dan pada bagian perpotongan tubular diberi tumpuan *roll*.

7. Running

Dari hasil running akan diperoleh tegangan yang ada di daerah dekat crack

Berikut ini adalah gambar urutan pemodelan sampai selesai.

Metodelogi Penelitian





3.7 Perhitungan Stress Intensity Factor (KI)

Dari hasil pemodelan dengan software ANSYS V 6.0, tegangan lokal di sekitar retak dapat diketahui. Hasil tersebut digunakan untuk menghitung K₁ dengan menggunakan persamaan Irwin yaitu:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2 \pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right]$$
$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2 \pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right]$$

Nilai K_I harus lebih besar dari 0 untuk menunjukkan terjadinya perambatan retak. Apabila hasil perhitungan kurang atau sama dengan 0, harus dilakukan pemodelan ulang retak awal. Validasi kedua adalah membandingkan hasil perhitungan K_I formula Irwin dengan rumus perhitungan untuk *through-thickness crack*.

$$K_{I} = \sigma \sqrt{\pi . a} \left(\frac{2b}{\pi a} \tan \frac{\pi a}{2b} \right)^{1/2}$$

Karena untuk perhitungan dengan persamaan through-tihickness crack tersebut menggunakan pendekatan plate maka perlu dimodelkan plate yang memiliki bentuk crack yang sama dalam hal ini through-thickness crack dengan pembebanan yang sama dengan pembebanan pada tubular joint. Langkah-langkah pemodelan sama dengan pembuatan tubular. Model plate dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Model plate

Validasi nilai K_I dilakukan dengan membandingkan harga SIF (*Stress Intensity Factor*) dari hasil kedua perhitungan dimana agar SIF tervalidasi maka harga keduanya harus mirip atau tidak berbeda jauh.

3.8 Perhitungan R

Setelah didapatkan harga K_I maka langkah selanjutnya adalah mentransfer harga K_I tersebut kedalam harga R. Untuk menghitung R dilakukan persamaan berikut:

$$K = \sqrt{RE}$$
$$R = G = \frac{\pi \sigma^2 a}{E} = \frac{K_I^2}{E}$$

3.9 Perhitungan Crack Propagation Rate

Perambatan retak dihitung dengan persamaan Paris-Erdogan :

$$\frac{da}{dN} = C\Delta R^m$$

 ΔR didapatkan dengan rumus :

$$\Delta R = \frac{\Delta K_I^2}{E}$$

3.10 Perhitungan Umur Kelelahan Struktur

Fatigue pada *fracture mechanics* terjadi pada saat nilai K sama dengan *fracture toughness* (K_{IC}) material yang telah ditentukan secara eksperimental. Nilai K_{IC} untuk A36 adalah 70 ksi \sqrt{in} , yang digunakan untuk mencari nilai a_{cr} dengan menggunakan iterasi (Lampiran E) K_I. Umur kelelahan struktur didapatkan dengan mengintegralkan persamaan *crack propagation rate* dengan batas bawah, a₀ dan batas atas a_{cr}.

$$N = \int_{ao}^{af} \frac{da}{(da/dN)}$$

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembebanan

Besar pembebanan yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan nilai axial force member terkritis (member TD 7585 joint D 7798) dari output struktur Hang Tuah MogPU platform. Nilai axial force dari output struktur Hang Tuah MogPU platform yang diambil adalah pada saat kondisi operasional (payload), dimana menjadi beban minimum pada analisa lokal, dan saat analisa fatigue, dimana menjadi beban maksimum pada analisa lokal. Axial force tersebut kemudian diubah menjadi pressure untuk memudahkan perhitungan, seperti yang telah diterangkan pada bab tiga. Output GT STRUDL selengkapnya untuk member terkritis pada struktur Hang Tuah MogPu platform dapat dilihat pada lampiran A. Berikut tabel axial force output struktur Hang Tuah MogPU platform dari software GT STRUDL.

Tabel 4.1	Beban	Pada	Brace
-----------	-------	------	-------

Beban	Member	Joint	Axial Force (N)	P (MPa)	
Payload	TD 7585	D7798	1.23x10 ⁵	19.8485	
Load Combination	TD 7585	D7798	1.91x10 ⁵	30.7716	
(payload + occurence)					

4.2 Hasil Pemodelan

Hasil pemodelan pada *software* ANSYS 6.0 berupa tegangan pada tiap-tiap *node*, yang didapat dari *contour stress (von mises)*. Tegangan tertinggi terletak di daerah *saddle* antara chord dan daerah las. Hasil dari pemodelan untuk pembebanan maksimum dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2, sedangkan untuk pembebanan minimum dapat dilihat dalam gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.1 Distribusi Tegangan Tubular Joint akibat Pembebanan Maksimum



Gambar 4.2 Distribusi Tegangan didaerah Crack akibat Pembebanan Maksimum



Gambar 4.3 Distribusi Tegangan Tubular Joint akibat Pembebanan Minimum



Gambar 4.4 Distribusi Tegangan didaerah Crack akibat Pembebanan Minimum

Hasil stress yang didapatkan dari pemodelan metode elemen hingga sesuai dengan hasil yang diharapkan, dimana tegangan maksimum terjadi di ujung retak (*crack tip*). Dengan adanya stress maksimum di ujung retak maka pada daerah tersebut akan terjadi penjalaran retak yang mengikuti daerah las-lasan (sesuai dengan batasan masalah), dimana nantinya pada batas tertentu struktur sudah tidak dapat menahan keretakan yang terjadi (*fast fracture*)

4.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan kedua persamaan analitis, persamaan tersebut adalah persamaan Irwin untuk Mode I dan persamaan SIF untuk retak through-thickness.

4.3.1 Analisa Stress Intensity Factor dengan Persamaan Irwin

Untuk melakukan perhitungan SIF dengan persamaan Irwin maka perlu diketahui tegangan pada node yang akan ditinjau dimana node-node yang ditinjau terdapat disekitar ujung retak. Gambar 4.5 menunjukkan node-node yang terdapat disekitar ujung retak sedangkan tegangan di tiap node yang ditinjau dapat dilihat dalam table 4.1 dan 4.2.(Output ANSYS selengkapnya dapat dilihat dilampiran B).



Gambar 4.5 Node-node yang terdapat di daerah dekat crack tip (ujung retak)
SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SXZ
2 44E+07	2 57E+07	2.97E+07	-2.21E+07	-5.02E+06	6.49E+06
2 32E+07	8 44E+06	2 38E+07	-1.35E+07	-2.39E+06	7.86E+06
1.56E+07	4 54E+06	1.94E+07	-1.02E+07	5.03E+05	8.53E+06
1.455+07	3.83E+06	2 02E+07	-9.22E+06	-1.37E+06	1.13E+07
1.450+07	4 37E+06	2 25E+07	-9.04E+06	-1.76E+06	7.19E+06
	SX 2.44E+07 2.32E+07 1.56E+07 1.45E+07 1.95E+07	SX SY 2.44E+07 2.57E+07 2.32E+07 8.44E+06 1.56E+07 4.54E+06 1.45E+07 3.83E+06 1.95E+07 4.37E+06	SX SY SZ 2.44E+07 2.57E+07 2.97E+07 2.32E+07 8.44E+06 2.38E+07 1.56E+07 4.54E+06 1.94E+07 1.45E+07 3.83E+06 2.02E+07 1.95E+07 4.37E+06 2.25E+07	SX SY SZ SXY 2.44E+07 2.57E+07 2.97E+07 -2.21E+07 2.32E+07 8.44E+06 2.38E+07 -1.35E+07 1.56E+07 4.54E+06 1.94E+07 -1.02E+07 1.45E+07 3.83E+06 2.02E+07 -9.22E+06 1.95E+07 4.37E+06 2.25E+07 -9.04E+06	SX SY SZ SXY SYZ 2.44E+07 2.57E+07 2.97E+07 -2.21E+07 -5.02E+06 2.32E+07 8.44E+06 2.38E+07 -1.35E+07 -2.39E+06 1.56E+07 4.54E+06 1.94E+07 -1.02E+07 5.03E+05 1.45E+07 3.83E+06 2.02E+07 -9.22E+06 -1.37E+06 1.95E+07 4.37E+06 2.25E+07 -9.04E+06 -1.76E+06

Tabel 4.2. Tegangan pada tiap node akibat pembebanan maksimum

Tabel 4.3. Tegangan pada tiap node akibat pembebanan minimum

Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SXZ
8614	1.43E+07	1.51E+07	1.74E+07	-1.30E+07	-2.94E+06	3.80E+06
38801	1.36E+07	4.95E+06	1.39E+07	-7.90E+06	-1.40E+06	4.61E+06
39568	9.15E+06	2.66E+06	1.14E+07	-5.99E+06	2.95E+05	5.00E+06
38796	8.50E+06	2.25E+06	1.18E+07	-5.41E+06	-8.03E+05	6.61E+06
893	1.08E+07	2.56E+06	1.32E+07	-5.30E+06	-1.03E+06	4.22E+06

Setelah mendapatkan nilai tegangan pada tiap-tiap node dari hasil pemodelan maka langkah selanjutnya adalah menghitung K_I dimana rumus yang dipakai adalah persamaan untuk Mode I seperti pada bab 3.

Sebelum dilakukan perhitungan SIF atau K_I maka perlu ditentukan dulu sumbu lokal yang digunakan, dimana dalam hal ini sumbu global z menjadi sumbu lokal x sedangkan sumbu global x menjadi sumbu lokal y. Dari hasil perhitungan (selengkapnya pada lampiran C) didapatkan hasil K_I untuk tiap-tiap node, dapat dilihat dalam table 4.4 dan 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.4. K_I akibat pembebanan maksimum

No	Node	SUDUT	r (inch)	K1 (σ _x) (ksi√in)	K1 (σ _v) (ksi√in)
1	8614	0	0.196977192	7.871110638	4.148327277
2	38801	48.3606873	0.281726268	8.05791148	3.848521274
3	39568	92.6614721	0.210556744	7.17525284	2.230364498
4	38796	92.6613542	0.421107467	9.424285433	2.662178129
5	893	67.1542717	0.456930524	11.93108575	2.503096008

T	abel	4.5.	KI	akibat	pembebai	nan n	ninimum
---	------	------	----	--------	----------	-------	---------

No	Node	SUDUT	r (inch)	K1 (σ _x) (ksi√in)	K1 (σ _v) (ksi√in)
1	8614	0	0.196977192	4.615489969	2.432601312
2	38801	48.3606873	0.281726268	4.725063493	2.256743863
3	39568	92.6614721	0.210556744	4.207593644	1.307880356
4	38796	92.6613542	0.421107467	5.526096696	1.561073625
5	893	67.1542717	0.456930524	6.996289481	1.46782036

Sesuai dengan arah membukanya *crack* maka analisa dilakukan pada tegangan searah sumbu y (σ_y). Dari kedua harga K_I (arah y) akibat pembebanan maksimum dan minimum dapat diketahui rentang SIF, dapat dilihat dalam tabel 4.6.

No	Node	ΔK _I (σ _y) (ksi√in)
1	8614	1.715725965
2	38801	1.591777412
3	39568	0.922484142
4	38796	1.101104504
5	893	1.035275648

Tabel 4.6. Nilai ∆KI

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada node 8614 (node yang tepat berada didepat ujung retak), nilai K_I sangat tinggi (maksimum) sehingga pada analisa selanjutnya nilai K_I yang digunakan adalah nilai K_I tersebut

4.3.2 Analisa Stress Intensity Factor dengan Persamaan Through-Thickness Crack Nilai K₁ juga dapat diperoleh dari persamaan *Stress intensity factor* untuk retak *Through Thickness* (dapat dilihat di bab 3). Karena perhitungan dengan persamaan *throughthickness crack* tersebut menggunakan pendekatan *plate* maka perlu dimodelkan *plate* yang memiliki bentuk crack yang sama dalam hal ini through-thickness crack dengan pembebanan yang sama dengan pembebanan pada tubular joint. Dari hasil pemodelan *plate* diperoleh besar tegangan sebagai berikut (output selengkapnya dapat dilihat di lampiran D):

 $\sigma_{max} = 2.88 \times 10^8 \text{ Pa} = 41.8 \text{ ksi}$ $\sigma_{min} = 1.70 \times 10^8 \text{ Pa} = 24.8 \text{ ksi}$

Setelah diperoleh besar tegangan maka akan diketahui besar K_I dengan menggunakan persamaan untuk *through-thickness crack* diatas, dimaan a = 0.005 m = 0.196 in dan faktor koreksi dapat dilihat dalam table 2.1 pada tinjauan pustaka. Dimana factor koreksi untuk dimensi crack yang dipakai adalah 0.125.

Hasil perhitungan KI untuk through-thickness crack adalah:

- ♦ $K_{I} \max = 4.114673598 \text{ ksi}\sqrt{\text{in.}}$
- * $K_{I} \min = 2.421898335 \, ksi \sqrt{in}$.

Jadi Rentang SIF untuk perhitungan dengan persamaan through-thickness crack adalah 1.69 ksi√in.

4.3.3 Validasi Nilai SIF

Secara persentase selisih nilai antara persamaan Irwin dengan nilai dari persamaan analitis untuk retak *through-thickness* dapat dilihat dalam table 4.10

Tabel 4.10 Perbandingan SIF Hasil Persamaan Irwin dengan Persamaan analitis untuk retak through-thickness (Barsom et al., 1987)

	Persamaan Irwin	Persamaan through-thickness (Barsom et al.1987)	% Selisih Nilai SIF
Kı max (ksi√in)	4.148327277	4.114673598	0.81 %
Kı min (ksi√in)	2.432601312	2.421898335	0.44 %
∆KI (ksi√in)	1.715725965	1.69	1.34 %

Dari kedua perhitungan diatas baik perhitungan dengan persamaan Irwin dan persamaan analitis lainnya untuk through-thickness dapat dilihat bahwa SIF tidak berbeda jauh sehingga model struktur tervalidasi

4.4 Analisa R

Setelah didapatkan harga K_I maka langkah selanjutnya adalah mentransfer harga K_I tersebut kedalam harga R, dimana hasil perhitungan dapat dilakukan dengan iterasi (selengkapnya dapat dilihat di lampiran E). Gambar 4.6 menunjukkan hubungan antara R dan perluasan retak (a).



Gambar 4.7 Grafik R-Curve

4.5 Analisa Crack propagation

Dari hasil analisa (sesuai persamaan R dan *crack propagation* di bab 3) besar Δ R adalah 1.03×10^{-4} dan untuk harga C dan m sesuai jenis material yaitu ferrite pearlite steel dimana C = 3.6 x 10⁻¹⁰ dan m = 3 maka besar *crack propagation* (perambatan retak) yaitu 3.97907 x 10⁻⁸ *in*/*cycle*. Besar *crack propagation* yang diperoleh menunjukkan bahwa perambatan retak yang terjadi amat lambat, hal ini disebabkan selisih nilai K_I yang kecil.

4.6 Analisa Umur Kelelahan

Hasil perhitungan perambatan retak tersebut umumnya ditunjukkan sebagai umur dari struktur yang ditinjau. Dengan memberikan masukan berupa besar retak awal dan retak akhir akan diketahui jumlah batas siklus yang masih aman dengan mengintegralkan persamaan laju keretakan. Retak akhir atau a critical (a_c) diperoleh dari hasil iterasi (dalam lampiran E). Nilai a_c diambil ketika nilai K_I = K_c, dimana untuk material ASTM A36 K_c = 70 ksi√in. (Stanford, R). Nilai a_{cr} yang diperoleh = 33.12 in

Analisis Hasil dan Pembahasan

Jadi Umur kelelahan struktur dengan retak awal 0.196 in. dan retak akhir 33.12 in. adalah 827446294.1 cycle. Untuk merubah cycle ke tahun diperlukan table distribusi gelombang (dapat dilihat dalam lampiran F), dimana besarnya umur kelelahan dalam tahun dapat diperoleh dengan membagi N cycle dengan cycle data untuk H signifikan pada kondisi 100 tahun (ekstrim). Dimana dari hasil perhitungan, untuk N = 827446294.1 cycle = 109.05 tahun.

١

Umur kelelahan *tubular joint* memiliki waktu yang lebih lama dibandingkan perhitungan LAPI sebesar 86 tahun, hal ini disebabkan perbedaan pembebanan yang dilakukan. Pemodelan tugas akhir ini hanya mempertimbangkan beban aksial tanpa mempertimbangkan *inplane-bending* dan *outplane-bending*. Perhitungan lebih lengkap untuk analisa kelelahan *tubular joint* dapat dilihat lampiran C.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai Stress intensity factor tubular joint tipe T dengan retak through-thickness pada posisi saddle untuk member TD 7585 joint D 7798 dengan pembebanan maksimum (K_{I(max)}) adalah 4.148 ksi√in sedangkan Nilai Stress intensity factor tubular joint tipe T dengan retak through-thickness pada posisi saddle member TD 7585 joint D 7798 dengan pembebanan minimum (K_{I(min)})adalah 2.4326 ksi√in.
- Perambatan retak tubular joint tipe T dengan retak through-thickness pada posisi saddle adalah 3.97907 x 10⁻⁸ (in/cycles)
- 3. Umur kelelahan struktur *tubular joint* tipe T dengan retak *through-thickness* pada posisi *sadlle* adalah 109.05 tahun

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- 1. Pemodelan dilakukan dengan variasi dimensi crack
- Penambahan analisa untuk meshing sensitivity untuk menentukan jumlah elemen yang efektif dari suatu model.
- 3. Penambahan pembebanan pada struktur (Axial, Inplane bending (IPB), outplane bending (OPB)).

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Almar-Naess, A. Ed., 1985, FATIGUE HANDBOOK: Offshore Steel Structure, Tapir Publisher, Trondheim, Norway.
- Anderson, T.L. 1991. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications. Departement of Mechanical Engineering, Texas A & M University College Station, Texas

ANSYS 6.0 Documentation, Ansys Theory Refference.

- Barsom, J.M & Rolfe, S.T. 1987. Fracture and Fatigue Control in Structures, Prentice-Hall, Inc., Englewood, New Jersey 07632.
- Becker, J.M., Gerberich, W.W., & Bouwkamp, J.G. (1970), Fatigue Failure of Welded Tubular Joint", Proc.2nd Offshore Technology Conference, No. OTC-1228, Dallas. Texas, USA.
- Broek, David, 1987. " Elementary Engineering Fracture Mechanics", Fracture Reasearch Inc., Martinus Nijhoff Publishers, Gelena, OH, USA.
- Cook, R.D. Malkus, D.s. and Plesha, M.E. 1989. Concept and Application of Finite Element Analysis, 3rd Ed, Toronto, Canada: John, Wiley&Sons.
- Dover, W.D. & Dharmavasan S., 1982, "Fatigue Fracture Mechanics Analysis of T and Y Joints", Proc. 14th Offshore Technology Conference, Houston, tx, usa
- Gandhi, P. et al, 1994. "Corrosion Fatigue Crack Growth in Tubular Joint Under CA Loading", Tubular Structure iv, Balkema, Rotterdam..

Kim, Jefferson. 2000. "Stress Intensity". The Liberty Bell (Philadelphia, PA).

- Murthy, A R C et.al., 2004 "An Efficient FE Modelling Strategy for Fracture Analysis Tubular Joint". Journal Structural Engineering Research Centre, VOL 85, May.
- Ove Arup & Partners International Ltd, 1999. Structural Steel Work Specification. Doc. No. 84502-5000-6D-01-0

Pluvinage, G. & Jallouf S."Concepts Of Fracture Mechanics".

Popov, R.W. 1978, Mechanic of Material, 2nd. Ed. England : Prentice Hall, Inc

- Rhee, H. C., 1986 "The Behavior of Stress Intensity Factor of Weld Toe Surface Flaw of Tubular X-Joint", OTC 5136, Offshore Technology Conference, Houston, Texas
- Stanford, R, J., " **Principles of Fracture Mechanics**", Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ 07458
- Troitsky, M.S. 1994. Tubular Steel Structures-Theory and Design, Concordia, Montreal.



LAMPIRAN A OUTPUT GT-STRUDL

ACTIVE UNITS M N DEG DEGF SEC

INTERNAL MEMBER RESULTS

MEMBER SECTION FORCES

	LOADIN	G 6								
DISTA	NCE	/		FORCE -			//		MOMENT	/
FROM S'	TART		AXIAL	Y SHEAR		Z SHE	CAR TO	DRSION	Y BENDING	Z BENDING
0.00	0 FR	-123	179.3	7408.864		50.546	61 77.	86797	-205.4315	29312.24
0.50	0	-123	179.3	8667.675		50.546	568 77.	86797	-41.13668	3184.973
1.000	0	-123	179.3	11377 87		50 546	70 77	86797	123 1584	-31751 41
x/min \$	Section	Forces for	member TD	7585 , locat	ions a	are fra	ctional.			-51/51.41
ax/min \$	Section Vai	Forces for lue	member TD Load	7585 , locat Location	ions a	are fra V	actional. Value	Load	Location	-51/51.41
ax/min \$	Section Va	Forces for lue	member TD Load	7585 , locat Location	ions a	are fra V	uctional. /alue	Load	Location	-51/51.41
ax/min &	Section Va FX:	Forces for lue -0.1232E+06	member TD Load 6	7585 , locat Location 1.0000	ions a Min	are fra V FX:	-0.1232E+06	Load 6	Location 1.0000	-51/51.41
ax/min & Max 1 Max 1	Section Va FX: FY:	Forces for lue -0.1232E+06 0.1138E+05	member TD Load 6 6	7585 , locat Location 1.0000 1.0000	ions a Min Min	are fra V FX: FY:	-0.1232E+06 7409.	Load 6 6	Location 1.0000 0.0000	-51/51.41
ax/min S Max I Max I Max I	Section Va FX: FX: FX: FZ:	Forces for lue -0.1232E+06 0.1138E+05 50.55	member TD' Load 6 6 6	7585 , locat Location 1.0000 1.0000 1.0000	ions a Min Min Min	are fra V FX: FY: FZ:	-0.1232E+06 7409. 50.55	Load 6 6 6	Location 1.0000 0.0000 0.0000	-51/51.41
Max	Section Va FX: FY: FZ: MX:	Forces for lue -0.1232E+06 0.1138E+05 50.55 77.87	member TD' Load 6 6 6 6 6	7585 , locat Location 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000	Min Min Min Min Min	FX: FX: FX: FX: FX: FX: FX: FX: FX: FX:	-0.1232E+06 7409. 50.55 77.87	Load 6 6 6 6	Location 1.0000 0.0000 0.0000 1.0000	-51/51.41
Max	Section Va FX: FY: FZ: MX: MY:	Forces for lue -0.1232E+06 0.1138E+05 50.55 77.87 123.2	member TD Load 6 6 6 6 6 6	7585 , locat Location 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000	Min Min Min Min Min Min	FX: FY: FZ: MX: MY:	-0.1232E+06 7409. 50.55 77.87 -205.4	Load 6 6 6 6 6 6	Location 1.0000 0.0000 0.0000 1.0000 0.0000	-51/51.41

LOADING							
DISTANCE FROM START	//AXIAL	Y SHEAR	Z SHEAR	//	Y BENDING	/	
0.000 FR 0.500 1.000	-8912950. -9111391. -8898714.	-2618.065 -2618.065 -2618.065	1232.010 1232.010 1232.010	-515.7889 -515.7889 -515.7889	16986.90 22284.73 27582.55	-10131.25 1126.817	
fax/min Section Valu	Forces for member T ue Load	D7638 , locat Location	ions are fraction. Value	al. Load	Location	88 * 60C7T	
Max FY: Max FY: Max FZ: Max MX:	0.8899E+07 6 -2618. 6 1232. 6 -515. 6	1.0000 1.0000	Min EX: -0.9 Min EY: -26 Min EZ: 123	 1111E+07 6 18. 6 32. 6	0.5000		
Max MY: Max MZ: 0	0.2758E+05 6 0.1238E+05 6	1.0000 1.0000 1.0000	Min MX: -519 Min MY: 0.16 Min MZ: -0.10	5.8 6 599E+05 6 313E+05 6	0.0000		
MEMBER	TD7639						
LOADING							1
DISTANCE FROM START	/AXIAL	Y SHEAR	Z SHEAR	//TORSION	Y BENDING	Z BENDING	
0.000 FR 0.500 1.000	-9055071. -9253507. -9040835.	-2260.004 -2260.001 -2259.983	2970.294 2970.294 2970.294	-164.6259 -164.6259 -164.6259	4914.045 17686.46 30458 88	-12090.42 -2372.290	
ix/min Section For Value	orces for member TC e Load	7639 , locati Location	ons are fractiona. Value	1. Load	Location	200.0 m n	
Max FY: -0 Max FY: -5 Max FZ: -1 Max MX: -1 Max MZ: -0.	.9041E+07 6 2260. 6 2970. 6 164.6 6 3046E+05 6 7346. 6	1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000	Min FX: -0.929 Min FY: -0.9216 Min FZ: -2260 Min MX: -164 Min MY: 4914 Min MZ: -0.120	54E+07 6 0. 6 0. 6 1. 6 1. 6 1. 6 1. 6 1. 6 1. 6 1. 6 1	0.5000 0.0000 1.0000 1.0000 0.0000 0.0000		

Max/Min Section Forces for all requested members

Location 	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000 1.0000
Load 6	0 0	0 0	0 0	9 9	୦ ୦
TD7585	TD7585	TD7639	TD7585	TD7639	TD7585
TD7639	TD7638	TD7585	TD7638	TD7585	TD7585
	0.1138E+05	2970.	77.87	0.3046E+05	0.2931E+05
	-2618.	50.55	-515.8	-205.4	-0.3175E+05
EX:	ΕY:	F2:	: XM	MY:	MZ:
EX:	ΕY:	F2:	MX :	MY:	MZ:
Max	Max	Max	Max	Max	Max
Min	Min	Min	Min	Min	Min 1

DEG DEGF SEC ACTIVE UNITS M N INTERNAL MEMBER RESULTS

***************** MEMBER SECTION FORCES

MEMBER

		/ Z BENDING	31769.18 2761.291	-32512.32
		Y BENDING	-217.3719 -47.32311	Location 1.0000 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 0.0000
		/TORSION	74.74742 74.74742 74.74742	. Load DE+06 7 DE+06 7 1 7 5 7
		/ Z SHEAR	52.31396 52.31989 52.32503	are fractional Value FX: -0.1260 FY: 8686. FZ: 52.31 MX: 74.75 MY: -217.4
		FORCE	8686.356 9162.673 11090.37	, locations ocation 1.0000 Min 1.0000 Min 1.0000 Min 1.0000 Min 1.0000 Min 1.0000 Min
585		/ AXIAL	-125983.7 -125983.7 -125983.7	ss for member TD7585 Load L _K 50E+06 7 9E+05 7 13 7 5 7 5 7 7 7
MEMBER TD7	LOADING	DISTANCE FROM START	0.000 FR 0.500 1.000	fax/min Section Force Value Max FX: -0.126 Max FY: 0.110 Max FZ: 52.3 Max MX: 74.7 Max MY: 122.

MEMBER TD7638

 7
 LOADING

Z BENDING -12533.78 1100.472 14734.63	
<pre> MOMENT Y BENDING 16260.32 22812.56 29364.81</pre>	Location 0.5000
TORSION -478.8478 -478.8478 -478.8478	Load +07 7
Z SHEAR 1523.726 1523.726 1523.726 1523.726	s are fractional. Value in FX: -0.9592E
FORCE Y SHEAR -3170.651 -3170.641 -3170.597	638 , location Location 1.0000 M
/AXIAL -9354975. -9591528. -9348685.	ces for member TD7 Load 349E+07 1.7
DISTANCE FROM START 0.000 FR 0.500 1.000	lax/min Section For Value Max FX: -0.93 Max FY: -317

Load Locat	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
Value	-0.9592E+07 -3171. 1524. -478.8 0.1626E+05 -0.1253E+05
Location	1.0000 Min FY: 1.0000 Min FY: 1.0000 Min FZ: 1.0000 Min MX: 1.0000 Min MY: 1.0000 Min MY: 1.0000 Min MY:
Load	
value	-0.9349E+07 -3171. 1524. -478.8 0.2936E+05 0.1473E+05
	Max FX: Max FY: Max FZ: Max MX: Max MY: Max MZ:

1	5
1	3
1	SO I
1	
i	O.
÷.	E
÷	
- î.	
÷	~
	13
i.	3
÷.	ų.
	1
	4
	4
4	
4.	
÷.	
÷.,	1.1
	U

-

-			
	Z BENDING	-14405.57 -2507.222 9389 143	
	Y BENDING	3401.879 17624.04 31846.20	Location 0.5000 1.0000 1.0000 0.0000 0.0000
	TORSION	-90.26590 -90.26590 -90.26590	E+07 7 2+07 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
	Z SHEAR	3307.440 3307.440 3307.440	ns are fractional. Value Win FY: -0.97541 Min FY: -0.97547 Min FZ: 3307. Min MX: -90.27 Min MX: 3402. Min MZ: -0.1441E
	FORCE Y SHEAR	-2767.101 -2766.901 -2766.011	39 , location Location 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
7	/AXIAL	-9517689. -9754236. -9511399.	cces for member TD76 Load 5511E+07 7 66. 7 107. 7 107. 7 185E+05 7 89. 7
LOADING	DISTANCE FROM START	0.000 FR 0.500 1.000	Max/min Section Fol Value Max FY: -27 Max FY: -27 Max FZ: 33 Max MY: -93 Max MY: 0.3

Max/Min Section Forces for all requested members

1

Location	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
Load	7	~ ~	L L	2	L L	Г Г
Member	TD7585 TD7639	TD7585 TD7638	TD7639 TD7585	TD7585 TD7638	TD7639 TD7585	TD7585 TD7585
value	-0.1260E+06 -0.9754E+07	0.1109E+05 -3171.	3307. 52.31	74.75-478.8	0.3185E+05 -217.4	0.3177E+05 -0.3251E+05
	EX: EX:	EY: FY:	FZ:	:XM MX:	:YM	MZ: MZ:
	Max Min	Max Min	Max Min	Max Min	Max Min	Max N Min N

ACTIVE UNITS M N DEG DEGF SEC INTERNAL MEMBER RESULTS

-------MEMBER SECTION FORCES

MEMBER TD7585 -----

	/ Z BENDING	41526.72 1019.523 -35568 31	
	Y BENDING	-297.2768 -69.94896 166.8286	Location 1.0000 0.0000 1.0000 0.0000
	TORSION	62.55219 62.55219 62.55219	E+06 8 88 88 88
	Z SHEAR	68.24052 71.52422 74.02190	rre fractional. Value FX: -0.1322 FY: 68.24 MX: -297.3
	FORCE Y SHEAR	13790.66 11133.91 9927.670	, locations a cation a location a location min 0.0000 Min 1.0000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.00000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.000000 Min 1.000000 Min 1.000000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.00000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.00000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.00000 Min 1.000000 Min 1.000000000000000000000000000000000000
00	/ AXIAL	-132243.8 -132243.8 -132243.8	es for member TD7585 Load Lc 22E+06 8 79E+05 8 02 8 55 8 .8
LOADING	EROM START	0.000 FR 0.500 1.000	lax/min Section Forc Value Max FX: -0.13 Max FY: 0.13 Max FZ: 74. Max KZ: 74. Max MX: 62. Max MY: 166

MEMBER TD7638 ---------

	Z BENDING 2 BENDING -21565.16 1365.432 24176.71	
	<pre> MOMENT Y BENDING 12987.91 24844.54 36701.16</pre>	Location 0.5000 1.0000 1.0000 0.0000 0.0000 0.0000
	TORSION -448.6075 -448.6075 -448.6075	Load E+08 8 8 8 1+05 8 +05 8
	Z SHEAR Z SHEAR 2757.260 2757.260 2757.260	Min FX: -0.11534 Min FX: -0.11534 Min FY: -0.11534 Min FZ: -0.11534 Min MX: -448.6 Min MY: 0.12995 Min MZ: -0.21575
	FORCE Y SHEAR -5341.036 -5321.786 -5283.359	38 , location Location 0.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
1030	8 /	rces for member TD76 Load 1114E+08 8 283. 8 757. 8 48.6 3670E+05 8 2418E+05 8
	LOADING DISTANCE FROM START 0.000 FR 0.500 1.000	Max/min Section Fo Value Max FY: -0. Max FY: -5 Max FZ: -4. Max MY: 0 Max MY: 0

MEMBER TD7639

******************		/ 7. BENDING	-23375.74 -23271.801 16357.95	
		Y BENDING	-2408.965 17672.25 37753.55	Location 0.5000 1.0000 1.0000
		TORSION	8.629473 8.629473 8.629473	+08 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
		Z SHEAR	4670.003 4670.003 4670.003	ions are fractional. Value Min FX: -0.1175E Min FY: -4709. Min KZ: 8.629 Min MX: 8.629 Min MY: -2409.
		FORCE - Y SHEAR	-4709.227 -4632.588 -4480.128	39 , location Location 0.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
		/	-0.1136510E+08 -0.1175409E+08 -0.1139060E+08	ces for member TD76. Load .37E+08 8 0. 8 0. 8 229 8 75E+05 8
	LOADING	FROM START	0.000 FR 0.500 1.000	Max/min Section Ford Value Max FX: -0.11 Max FY: -448 Max F2: 467 Max MX: 8.6 Max MY: 0.37

Max/Min Section Forces for all requested members

c	000	000	000	00	00	00
Locatio	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Load	0.00	8 8	8 8	8 8	ထထ	88
Member	TD7585 TD7639	TD7585 TD7638	TD7639 TD7585	TD7585 TD7638	TD7639 TD7639	TD7585 TD7585
Value	-0.1322E+06 -0.1175E+08	0.1379E+05 -5341.	4670. 68.24	62.55 -448.6	0.3775E+05 -2409.	0.4153E+05 -0.3557E+05
	FX: FX:	ЕҮ: ЕҮ:	FZ: FZ:	:XM MX:	: XM	MZ: MZ:
	Max Min	Max Min	Min	Max Min	Max Min	Max Min

ACTIVE UNITS M N DEG DEGF SEC INTERNAL MEMBER RESULTS

MEMBER SECTION FORCES

---- MEMBER TD7585

	/ 2. BENDING	46581.34 233.4784	
	Y BENDING	-273.9762 -61.03294 158.2650	Location 1.0000 1.0000 1.0000 0.0000
	/TORSION	60.84148 60.84148 60.84148	. Load 2E+06 9 1 9 0 9
	/ Z SHEAR	64.01206 66.75591 67.91338	Min EX: 60.8
	Y SHEAR	16375.59 12142.93 9361.278	D7585 , location Location 1.0000 0.0000 1.0000 1.0000 1.0000
6	/AXIAL	-145249.2 -145249.2 -145249.2	rces for member T Load 1452E+06 9 1452E+05 9 7.91 9 9.84 9 88.3 9
LOADING	FROM START	0.000 FR 0.500 1.000	Max/min Section Fou Value Max FX: -0.1 Max FY: 0.1 Max FZ: 67 Max MX: 60 Max MY: 15

MEMBEI	R TD7638							
LOADIN STANCE M START	VG 9	AXIAL	FORCE Y SHEAR	Z SHEAR	////	MOMENT Y	/	
000 FR 500 000	-0.1	200351E+08 246874E+08 204490E+08	-6548.140 -6513.419 -6461.104	3247.474 3247.474 3247.474	-454.0899 -454.0899 -454.0899	12059.03 26023.64 39988.26	<pre>4 BENDING -27325.10 763.3815 28667.315</pre>	
in Section Va ax FX: ax FY: ax MX: ax MX: ax MY: ax MZ:	<pre>Forces for lue -0.1200E+08 -6461. 3247. -454.1 0.3999E+05 0.2867E+05</pre>	member TD76. Load 9 9 9 9 9 9	88 , locat Location 0.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000	tions are fraction Min FX: -0.1 Min FY: -6. Min FZ: 32 Min MX: -4E Min MY: 0.1 Min MZ: -0.2	nal. Load 1247E+08 9 548. 9 247. 9 34.1 9 54.1 9 247. 9 27.	Location 0.5000 0.0000 1.0000 1.0000 0.0000 0.0000		

FORCE
in ni in ni in ni

Max/Min Section Forces for all requested members

Location	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
Load	500	n n	5 5	<u>ത</u> ത	თ თ	თ თ
Member	TD7585	TD7585	TD7639	TD7585	TD7639	TD7585
	TD7639	TD7638	TD7585	TD7638	TD7639	TD7585
	-0.1452E+06	0.1638E+05	5342.	60.84	0.4010E+05	0.4658E+05
	-0.1276E+08	-6548.	64.01	-454.1	-5844.	-0.3707E+05
	EX: EX:	ЕҮ: ЕҮ:	FZ: FZ:	:XM MX:	: . 	MZ: MZ:
	Max	Max	Max	Max	Max	Max
	Min	Min	Min	Min	Min	Min

RESULT AXIAL MAKSIMUM GT STRUDL

PROBLEM - MOGPU TITLE - NATURAL FREQUENCY-90 ACTIVE UNITS M KIP DEG DEGF SEC FATIGUE MEMBER LIFE DEDODE

MEMBER JOINT POINT CUMULATIVE DAMAGE*1000 PREDICTED MAXIMUM EXCEEDANCES POIN TD7639 D7797 5 1158.6241 0.86 46500.1 0.0 5 TD7639 D7797 5 1158.6241 0.86 46500.1 0.0 5 TD7638 D7797 5 1158.6241 0.8897 1124.02 46500.1 0.0 1 1 TD7638 D7799 1 0.0000 9999999.00 46500.1 0.0 1 1 1 0.0 1 1 0.0 1 1 0.0 1 1 0.0 0			LADAT	DISCRETE				
TD7639 D7797 5 1158.6241 0.86 46500.1 0.0 5 TD7585 D7797 5 1158.6241 0.86 46500.1 0.0 5 TD7585 D7797 3 0.0000 9999999.00 46500.1 0.0 1 TD7638 D7797 3 0.8897 1124.02 46500.1 0.0 1 1 TD7638 D7799 1 0.0000 9999999.00 46500.1 0.0 1	MEMBER	JOINT	POINT	CUMULATIVE	PREDICTED	MAXIMUM	EXCEEDANCES	POINT
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					LIFE (YRS)	STRESS AMP.	(N)	
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	TD7639	D7797	Ð	1158.6241	0.86	16EDO 1		
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	TD7585	D7803	n n	0.0000	9999999.00 1124.02	46500.1	0.00	, н 0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	TD7638	D7791	н н и	0.0000	00.999999.00	46500.1	0.0	
TD7680 D7802 1 0.0000 9999999.00 46500.1 0.0 TD767 1 0.0000 9999999.00 46500.1 0.0 TD7681 D7797 3 10.2956 97.13 46500.1 0.0 TD7681 D7797 3 8.1025 123.42 46500.1 0.0 1 TD7804 1 0.0000 9999999.00 1 46500.1 0.0 1	TD7584	D7796) -1 -	00000.0	2.32	46500.1	0.0	ы С н
TD7681 D7797 3 10.2956 97.13 1 46500.1 0.0 D7804 1 0.0000 999999.00 1 46500.1 0.0	TD7680	D7802	(0.0000	00.99999999	46500.1	0.0	
	TD7681	D797 D7804	n w H	10.2956 8.1025 0.0000	97.13 123.42 999999.00	46500.1 46500.1 46500.1	0.00	

MEMBER	TD7638							
LOADING	2	paylo	ad+occurences					
DISTANCE FROM START	//	AXIAL	FORCE Y SHEAR		// HEAR T	ORSION	Y BENDING	/ 2. BENDING
0.000 FR 0.500 1.000	-0.2	268550E+08 406542E+08 291761E+08	-19567.94 -19513.96 -19423.17	1052 1052 1052	5.70 -49 5.70 -49 5.70 -49	1.4047 1.4047 1.4047	-6924.306 38337.75 83599.81	-82311.03 -82311.03 1727.827 85462.52
/min Section F Valu	orces for e	member TD76 Load	538 , locatic Location	ns are f	ractional. Value	Load	Location	
Max FX: -0 Max FY: -0 Max FZ: 0. Max MX:	.2269E+08 1942E+05 1053E+05 191.4 8360E+05 8546E+05	~~~~~	1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000	Min FX: Min FY: Min FZ: Min MX: Min MY: Min MZ:	-0.2407E+08 -0.2957E+05 0.1053E+05 -491.4 -6924 -0.8231E+05		0.5000 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000	

ł

111 --------

RESULTS OF LATEST ANALYSES **************** **************

TITLE - NATURAL FREQUENCY-90 N DEG DEGF SEC DEG DEGF SEC PROBLEM - MOGPU ACTIVE UNITS M

INTERNAL MEMBER RESULTS -----

MEMBER SECTION FORCES

MEMBER TD7585

1

> -10132.92 -55375.66 Z BENDING 105203.5 Y BENDING MOMENT -538.0240 -103.9663 345.9145 Location 1.0000 ----i -14.60354 -14.60354 -14.60354 Load TORSION 2 -0.1390E+07 --//--2411. 130.3 -14.60 , locations are fractional. Value 130.3380 136.3715 140.0319 Z SHEAR Min FY: Min FX: payload+occurences Y SHEAR 23976.26 2410.787 46991.88 --- FORCE 0.0000 Location 1.0000 -----Max/min Section Forces for member TD7585 -139048.2 -139048.2 -139048.2 AXIAL Load 2 ~~~~~ 0.4699E+05 -0.1390E+07 -----2 Value LOADING 0.000 FR FROM START DISTANCE Max FY: Max FX: 1.000 0.500

1.0000

~~~~~

-0.5538E+05

-538.0

Min FZ:

Min MX: Min MY: Min MZ:

1.0000

1.0000

0.1052E+06

Max MZ:

140.0 -14.60 345.9

Max FZ: Max MX: Max MY: 1.0000

1.0000 0.0000

MEMBER TD7639 ----------

-

-----

|                        | /         |                                                    |                                                                                                                               |
|------------------------|-----------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Z BENDING | -82755.38<br>-7374.233<br>67126.31                 |                                                                                                                               |
| MOMENT                 | Y BENDING | -41058.34<br>17021.40<br>75101.15                  | Location<br>0.5000<br>1.0000<br>1.0000                                                                                        |
|                        | ORSION    | 7.2390<br>7.2390<br>7.2390                         | Load<br>2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2                                                                                 |
| //                     | Z SHEAR T | 13506.75 40<br>13506.75 40<br>13506.75 40          | are fractional.<br>Value<br>FX: -0.2476E+08<br>FY: -0.1760E+05<br>FZ: 0.1351E+05<br>MX: -0.4176E+05<br>MZ: -0.8276E+05        |
| ad+occurences FORCE    | Y SHEAR   | -17600.63<br>-17446.20<br>-17180.77                | 539 , locations<br>Location Min<br>0.0000 Min<br>1.0000 Min<br>1.0000 Min<br>1.0000 Min<br>1.0000 Min<br>1.0000 Min           |
| /<br>/                 | THING     | -0.2337975E+08<br>-0.2475963E+08<br>-0.2361185E+08 | ces for member TD70<br>Load<br>338E+08 2<br>718E+05 2<br>351E+05 2<br>351E+05 2<br>1.0E+05 2<br>1.10E+05 2                    |
| DISTANCE<br>FROM START |           | 0.000 FR<br>0.500<br>1.000                         | Max/min Section For<br>Value<br>Max FX: -0.2:<br>Max FY: -0.11<br>Max FZ: 0.12<br>Max MX: 407<br>Max MY: 0.75<br>Max MZ: 0.67 |

----

Max/Min Section Forces for all requested members Units: M N

|            |            | Value                      | Member           | Load | Location |
|------------|------------|----------------------------|------------------|------|----------|
| Min        | EX:<br>EX: | -0.1910E+06<br>-0.2476E+08 | TD7585<br>TD7639 | 5 5  | 1.0000   |
| Max<br>Min | EY:        | 0.4699E+05<br>-0.1957E+05  | TD7585<br>TD7638 | 0 0  | 0.0000   |
| Max<br>Min | FZ:<br>FZ: | 0.1351E+05<br>130.3        | TD7639<br>TD7585 | 0 0  | 1.0000   |
| Max<br>Min | :XM<br>MX: | 407.2                      | TD7639<br>TD7638 | 5 5  | 1.0000   |
| Max<br>Min | : YM       | 0.8360E+05<br>-0.4106E+05  | TD7638<br>TD7639 | 0 0  | 1.0000   |
| Max<br>Min | MZ:<br>MZ: | 0.1052E+06<br>-0.8276E+05  | TD7585<br>TD7639 | 5 5  | 0.0000   |

# LAMPIRAN B OUTPUT TEGANGAN PADA NODE

NODAL SOLUTION PER NODE (PEMBEBANAN MINIMUM) \*\*\* NOTE \*\*\* CP= 210.094 TIME= 03:57:17 Page file used. \*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled LOAD STEP= P= 1 SUBSTEP= 1.0000 LOAD 1 TIME= LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1 THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES NODE SX SY SZ 869 -0.26536E+07-0.22728E+06 0.14846E+07 0.33498E+06 0.27917E+06-0.13574E+07 871 -0.23903E+07-0.23830E+06 0.18206E+07 0.36823E+06 0.36240E+06-0.16441E+07 873 -0.20705E+07-0.22820E+06 0.22249E+07 0.36964E+06 0.44599E+06-0.18867E+07 875 -0.16727E+07-0.20203E+06 0.26666E+07 0.35526E+06 0.52090E+06-0.20930E+07 877 -0.12218E+07-0.16453E+06 0.31487E+07 0.24432E+06 0.62286E+06-0.22181E+07 879 -0.66624E+06-0.12994E+06 0.36477E+07 0.11580E+06 0.67309E+06-0.22829E+07 -71227. 0.41479E+07 -70703. 883 0.63322E+06 16719. 0.71735E+06-0.22902E+07 0.46194E+07-0.30932E+06 0.74262E+06-0.22328E+07 0.13830E+07 0.13201E+06 0.50608E+07-0.59566E+06 0.74751E+06-0.21200E+07 0.22094E+07 0.28088E+06 0.54927E+07-0.93558E+06 0.74300E+06-0.19752E+07 885 887 0.31397E+07 0.48559E+06 0.59853E+07-0.13340E+07 0.77323E+06-0.18807E+07 889 891 0.43010E+07 0.77504E+06 0.64792E+07-0.18992E+07 0.91187E+06-0.20174E+07 893 0.10833E+08 0.25607E+07 0.13182E+08-0.53035E+07-0.10327E+07 0.42178E+07 900 0.12173E+08 0.66154E+06 0.22635E+08-0.56008E+06-0.17441E+07 0.31012E+06 902 0.12146E+08 0.74866E+06 0.22542E+08-0.11135E+07-0.17579E+07 0.62009E+06 0.12095E+08 0.87340E+06 0.22363E+08-0.16460E+07-0.17587E+07 0.92786E+06 0.12028E+08 0.10365E+07 0.22103E+08-0.21502E+07-0.17533E+07 0.12423E+07 906 908 0.11971E+08 0.12294E+07 0.21712E+08-0.26205E+07-0.17343E+07 0.15497E+07 0.11897E+08 0.14377E+07 0.21206E+08-0.30419E+07-0.16958E+07 0.18122E+07 0.11820E+08 0.16654E+07 0.20593E+08-0.34206E+07-0.16474E+07 0.20464E+07 912 0.11745E+08 0.18784E+07 0.19833E+08-0.37487E+07-0.15788E+07 0.22114E+07 914 0.11644E+08 0.20271E+07 0.19020E+08-0.40810E+07-0.15395E+07 0.23225E+07 916 0.11563E+08 0.21747E+07 0.18193E+08-0.43721E+07-0.14850E+07 0.23679E+07 918 0.11491E+08 0.23062E+07 0.17356E+08-0.46194E+07-0.13927E+07 0.23371E+07 0.11431E+08 0.24119E+07 0.16579E+08-0.48148E+07-0.12764E+07 0.22471E+07 920 922 0.11431E+08 0.25050E+07 0.15932E+08-0.49821E+07-0.11736E+07 0.21668E+07 0.11580E+08 0.26367E+07 0.15490E+08-0.51452E+07-0.11444E+07 0.21930E+07 924 926 928 0.11962E+08 0.27761E+07 0.15107E+08-0.54028E+07-0.12924E+07 0.25212E+07 0.32546E+07 -24150. 0.10772E+08 94.008 -9245.1 0.10832E+08-0.22665E+06 0.19443E+08 -318.00 -0.29439E 1037 -1964.3 1039 0.99283E+07-0.24983E+06 0.17354E+08 -255.08 -0.29439E+06 3351.9 1041 0.90866E+07-0.11885E+06 0.15830E+08 -216.89 -3915.0 1043 1323.5 0.14412E+08 -177.59 -29757. 1045 0.80839E+07 -52436. -164.69 -60521. 1047 0.69106E+07 -32160. -1221.8 0.13067E+08 -159.30 0.56487E+07 -21238. -56690. 1049 -1863.1 0.11938E+08 -155.56 -41279. -2235.5 \*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled LOAD STEP= P= 1 SUBSTEP= 1.0000 LOAD 1 TIME= LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1 THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES NODE SX SY \$7. 3336 0.98844E+06 0.42963E+07 0.46335E+07 -94379. SXY SYZ. SXZ 0.47491E+07 0.40124E+07 0.17102E+08-0.43539E+07 0.46394E+06-0.11831E+07 0.32221E+07 0.30452E+07-0.12157E+07-0.31369E+07 0.12947E+07-0.17345E+07 34350. 0.62737E+06 6065 6068 0.34823E+07 0.32700E+07-0.10983E+07-0.32790E+07 0.14648E+07-0.17957E+07 0.36335E+07 0.32366E+07-0.73851E+06-0.33829E+07 0.15394E+07-0.16764E+07 6070 6072 0.37954E+07 0.32311E+07-0.65874E+06-0.34235E+07 0.16272E+07-0.18875E+07 6074 0.39310E+07 0.32034E+07-0.47454E+06-0.34929E+07 0.16500E+07-0.18742E+07 6076 0.42276E+07 0.32339E+07-0.22490E+06-0.36117E+07 0.16712E+07-0.19066E+07 6078 0.43989E+07 0.32747E+07 34650. -0.37715E -0.30268E+07 13550. 0.11205E+08 -143.17 6080 -0.37715E+07 0.18103E+07-0.20749E+07 6123 -0.30268E+07 13550. 0.47404E+07 0.34882E+07 0.16246E+07-0.39945E+07 0.14429E+07-0.14783E+07 0.43649E+07 0.34957E+07 0.87851E+06-0.37274E+07 0.15259E+07-0.14925E+07 6177 6178 0.40727E+07 0.35263E+07 0.58463E+06-0.36461E+07 0.14387E+07-0.14520E+07 6179 6180 0.40703E+07 0.36582E+07 0.12303E+07-0.36925E+07 0.13293E+07-0.12531E+07 0.46343E+07 0.36900E+07 0.23273E+07-0.40960E+07 0.12218E+07-0.11487E+07 6182 0.45759E+07 0.41840E+07 0.39821E+07-0.41224E+07 0.85983E+06-0.92109E+06 

 6183
 -0.28676E+07
 -47763.
 0.11120E+08
 0.11822E+06
 -33021.
 0.45026E+06

 6232
 0.25875E+07
 28634.
 0.10631E+08-0.18978E+06
 -8375.6
 -0.15915E+06

PRINT S

| 6233 0.32826E+07 0.28472E+07 0.12427E+08-0.31868E+07 0.51111E+06-0.72532E+06<br>8134 -0.28555E+07-0.24584E+06 0.81594E+06 -298.28 0.19330E+06 -3166.9<br>8167 -0.30355E+07-0.19515E+06 0.85804E+06 -304.66 0.11319E+06 -2345.1<br>8230 0.17568E+08 0.11773E+08 0.29450E+08 -111360.14903E+08 12043.<br>8263 0.16789E+08 0.88647E+07 0.29697E+08 -1508.3 -0.72231E+07 14867.<br>8263 0.13803E+08 0.25600E+07 0.26044E+08 -2136.7 -0.40012E+07 8971.2<br>8614 0.14306E+08 0.15080E+08 0.17420E+08-0.12971E+08-0.29447E+07 0.38043E+07<br>8637 -0.27826E+07-0.24983E+06 0.87951E+06 94028. 0.21361E+06-0.37550E+06<br>8639 -0.26762E+07-0.26129E+06 0.10181E+07 0.18052E+06 0.25274E+06-0.74472E+06<br>8641 -0.25389E+07-0.27875E+06 0.15040E+07 0.31648E+06 0.37942E+06-0.11998E+07<br>8645 -0.21715E+07-0.32404E+06 0.18388E+07 0.37540E+06 0.45899E+06-0.17270E+07<br>8647 -0.19341E+07-0.34769E+06 0.22224E+07 0.36700E+06 0.45899E+06-0.17270E+07<br>8649 -0.16524E+07-0.36123E+06 0.26562E+07 0.36700E+06 0.63338E+06-0.21765E+07<br>8651 -0.13086E+07-0.36183E+06 0.31102E+07 0.31638E+06 0.69599E+06-0.23113E+07<br>8653 -0.90941E+06-0.34589E+06 0.35959E+07 0.22381E+06 0.69595E+06-0.23823E+07<br>8653 -0.90941E+06-0.34589E+06 0.35959E+07 0.23281E+06 0.75142E+06-0.23823E+07<br>8653 -0.90941E+06-0.34589E+06 0.35959E+07 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ***** POST1 NODAL STRESS LISTING *****                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| PowerGraphics Is Currently Enabled                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1<br>TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0<br>SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NODESXSYSZSXYSYZSXZ8655 $-0.43933E+06-0.30535E+06$ $0.40785E+07$ $0.10227E+06$ $0.78607E+06-0.23787E+07$ 8657 $99884$ $-0.24186E+06$ $0.45583E+07$ $-71085$ $0.79612E+06-0.23787E+07$ 8659 $0.70868E+06-0.15373E+06$ $0.50278E+07-0.28983E+06$ $0.78580E+06-0.21746E+07$ 8661 $0.14103E+07$ $-29558$ $0.55162E+07-0.56201E+06$ $0.76869E+06-0.20082E+07$ 8663 $0.21959E+07$ $0.12560E+06$ $0.66739E+07-0.88760E+06$ $0.77866E+06-0.18982E+07$ 8665 $0.32338E+07$ $0.40596E+06$ $0.66827E+07-0.13376E+07$ $0.88663E+06-0.20014E+07$ 8729 $0.17299E+08$ $0.11103E+08$ $0.29449E+08e-0.11373E+07-0.13028E+08$ $85126$ 8733 $0.16978E+08$ $0.111265E+08$ $0.29396E+08-0.23055E+07-0.12991E+08$ $0.52789E+06$ 8735 $0.16732E+08$ $0.11265E+08$ $0.29272E+08-0.34515E+07-0.12861E+08$ $0.55171E+06$ 8737 $0.16450E+08$ $0.12272E+08$ $0.28273E+08-0.45812E+07-0.12690E+08$ $0.55171E+06$ 8739 $0.16042E+08$ $0.12272E+08$ $0.227679E+08-0.57202E+07-0.12435E+08$ $0.81125E+06$ 8741 $0.15736E+08$ $0.13305E+08$ $0.227679E+08-0.9650E+07-0.1208E+08$ $0.14764E+07$ 8743 $0.13459E+08$ $0.13805E+08$ $0.22769E+08-0.9650E+07-0.12845E+07$ $0.2253E+07$ 8744 $0.13652E+08$ $0.22362E+08$ $0.26769E+08-0.86548E+07-0.11842E+08$ $0.14264E+07$ 8745 $0.15044E+08$ $0.13855E+08$ $0.22910E+08-0.10314E+08-$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9607 $0.38190\pm070.43615\pm06$ $0.66731\pm07-0.15968\pm070$ $0.93187\pm06-0.33234\pm07$<br>9607 $0.38524\pm070.76354\pm06$ $0.66536\pm07-0.19575\pm070$ $0.10827\pm07-0.35346\pm07$<br>9711 $-0.22005\pm07-0.16700\pm06$ $0.14556\pm070$ $74122$ . $0.20901\pm06-0.36971\pm06$<br>9713 $-0.21021\pm07-0.17295\pm060$ $0.16145\pm070$ $0.14291\pm060$ $0.24343\pm06-0.72783\pm06$<br>9715 $-0.19823\pm07-0.18508\pm060$ $0.18314\pm0700.20321\pm0600.29517\pm06-0.10693\pm07$<br>9719 $-0.16758\pm07-0.22236\pm0600.21031\pm0700.25259\pm0600.36063\pm06-0.13852\pm0700$<br>9721 $-0.14809\pm07-0.24230\pm0600.27870\pm0700.30643\pm06000.51354\pm06-0.16662\pm07000000000000000000000000000000000$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

| NODE<br>38293<br>38295<br>38295<br>38297<br>38297<br>38392<br>38392<br>38393 | SX<br>0.51905E+07<br>0.45416E+07<br>0.46003E+07<br>0.41640E+07<br>0.40375E+07<br>-0.24356E+07<br>-0.49745E+06 | SY<br>0.17627E+08<br>0.17569E+08<br>0.17457E+08<br>0.17281E+08<br>0.16990E+08<br>0.15067E+08<br>0.15305E+08 | SZ<br>-0.64105E+0<br>-0.26748E+0<br>-0.27251E+0<br>-0.36394E+0<br>-0.37598E+0<br>0.12907E+0<br>0.18759E+0 | SXY<br>96-0.17759E+06<br>97 -96781.<br>7-0.12843E+06<br>7-0.29617E+06<br>7-0.29148E+06<br>8-0.25140E+06<br>8-0.14545E+06 | SYZ<br>-10704.<br>-69785.<br>-62816.<br>-0.29623E+(<br>-0.31015E+(<br>-0.28883E+(<br>-0.19325E+( | SXZ<br>-0.17591E+07<br>-0.10534E+07<br>-0.10296E+07<br>06-0.10998E+07<br>06-0.10976E+07<br>0.12129E+07<br>17-0.17292E+07 |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| 38394<br>38395<br>38396<br>38397<br>38398<br>38390<br>38401<br>38402<br>38403<br>38404<br>38405<br>38405<br>38405<br>38405<br>38405<br>38405<br>38407<br>38408<br>38407<br>38466<br>38467<br>38468<br>38469<br>38466<br>38467<br>38472<br>38477<br>38472<br>38477<br>38475<br>38475 | -0.24151E+07<br>0.67541E+07<br>-0.31145E+07<br>0.70427E+07<br>-0.32551E+07<br>0.64793E+07<br>0.70410E+07<br>0.74765E+06<br>0.19971E+07<br>0.30432E+07<br>0.46768E+07<br>0.60780E+07<br>-0.40054E+06<br>0.71393E+07<br>0.56865E+07<br>0.78156E+07<br>0.82733E+07<br>0.80830E+07<br>0.8070E+07<br>0.81900E+07<br>0.82854E+07<br>0.82854E+07<br>0.82854E+07<br>0.82854E+07<br>0.79081E+07<br>0.81279E+07 | 0.16655E+08 0.82069E+07-0.40918E+06-0.21088E+07<br>0.93445E+07-0.23661E+06 0.11006E+06-0.69230E+06<br>0.17396E+08 0.41829E+07-0.41672E+06-0.20985E+07<br>0.18137E+08 0.13266E+06 -403450.46161E+06<br>0.15840E+08 0.63209E+06 0.24758E+06-0.32969E+06<br>0.21001E+08 0.35033E+06 502930.20266E+06<br>0.10739E+08 0.15068E+06 0.51660E+06-0.89287E+06<br>0.18470E+08-0.41631E+06 -450650.38691E+06<br>0.20089E+08 0.10916E+08-0.19495E+07-0.33843E+07<br>0.17850E+08 0.10916E+08-0.14242E+07-0.17058E+07<br>0.19907E+08 0.10916E+08-0.14292E+07-0.31124E+06<br>0.20355E+08 0.45343E+07-0.56044E+06 0.14327E+07<br>0.16196E+08-0.41361E+06-0.26675E+06 0.10160E+07<br>0.17229E+08 0.10936E+08-0.12579E+07-0.34317E+07<br>0.14133E+08-0.35521E+06 0.22589E+06 49991.<br>0.13875E+07-0.38769E+06 -485570.94611E+06<br>0.20632E+08 0.51832E+07-0.54710E+06-0.12046E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.53154E+06 0.12705E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.54710E+06-0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.20632E+08 0.54083E+07-0.545154E+06 -0.20738E+06<br>0.19414E+08 0.75234E+07-0.11853E+07-0.20738E+06<br>0.19414E+08 0.75234E+07-0.1853E+07-0.2253E+06<br>0.19013E+08 0.92837E+07-0.16815E+07 4094.3<br>0.19007E+08 0.92837E+07-0.16852E+06 -53264<br>0.17103E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -53264<br>0.17103E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.20124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.20124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.21124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.21124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06 -0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.21124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06-0.34659E+06-0.22158E+06<br>0.21124E+08 0.92837E+07-0.96632E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.34659E+06-0.22158E+06-0.22158E+06-0.346 | 0.17741E+07<br>0.34857E+06<br>0.16833E+07<br>0.48891E+06<br>0.10723E+07<br>0.61502E+06<br>0.10753E+07<br>0.32726E+07<br>0.50066E+07<br>0.5079E+07<br>0.33472E+07<br>0.30392E+06<br>0.16399E+07<br>0.14148E+07<br>0.16393E+07<br>0.14518E+07<br>0.14518E+07<br>0.14518E+07<br>0.95527E+06<br>0.92447E+06<br>-84232.<br>0.12958E+07<br>0.21364E+07 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 38476                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.81279E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.21124E+08 0.60000E+07 0.11680E+06-0.34659E+06-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.21364E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 38796                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.012/95+0/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.21124E+08 0.60800E+07-0.25560E+06-0.32807E+06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0 233365107                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 30196                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.84994E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.22464E+07 0.11845E+08-0 54082E+07-0 80207E+06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | U.23336E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.66106E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

| NODE<br>38801<br>38805<br>38808<br>38841<br>38850<br>38861<br>38861<br>38866<br>38874<br>38956<br>38956<br>38956<br>38964<br>38976<br>38976<br>38976<br>38988<br>38976<br>38988<br>38976<br>38988<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38980<br>38976<br>38992<br>38992<br>39000<br>39001<br>39021<br>39022<br>39022 | $\begin{array}{c} \text{SX} \\ 0.13613E+08 \\ 0.47019E+07 \\ 0.51963E+07 \\ 0.10554E+07 \\ 0.34528E+07 \\ 0.30909E+07 \\ 0.30909E+07 \\ 0.30909E+07 \\ 0.30909E+07 \\ 0.36197E+07 \\ 0.36197E+07 \\ 0.26586E+07 \\ 0.31626E+06- \\ 0.29333E+06 \\ 0.31626E+06- \\ 0.29333E+06- \\ 0.29332E+07- \\ 0.20171E+07- \\ 0.22849E+07- \\ 0.25147E+07- \\ 0.25147E+07- \\ 0.25147E+07- \\ 0.29643E+07- \\ 0.13948E+08 \\ 0.13469E+08 \\ 0.13484E+08 \\ 0.13484E+08 \\ \end{array}$ | SY<br>0.49471E+07<br>0.12660E+07<br>0.44771E+06<br>0.44771E+06<br>0.41771E+06<br>0.11091E+07<br>0.11506E+07<br>0.20510E+07<br>0.20510E+07<br>0.49249E+06<br>0.31100E+06<br>0.31100E+06<br>0.22329E+06<br>0.27893E+06<br>0.29667E+06<br>0.29667E+06<br>0.3066E+06<br>0.2967E+06<br>0.2967E+06<br>0.23349E+06<br>0.23349E+06<br>0.23349E+06<br>0.23349E+06<br>0.21416E+06<br>0.23349E+07<br>0.46357E+07<br>0.46357E+07<br>0.4552E+07<br>0.453486E+07 | SZSXYSYZSXZ $0.13944E+08-0.78956E+07-0.14041E+07$ $0.46066E+07$ $0.53358E+07-0.32372E+07$ $0.16796E+07-0.67072E+07$ $0.60669E+07-0.28906E+07$ $0.11889E+07-0.34267E+07$ $0.31476E+07-0.65037E+07$ $0.18813E+06-0.10696E+08$ $0.31476E+07-0.41907E+07$ $0.18813E+06-0.10696E+08$ $0.43271E+07-0.41907E+07$ $0.11338E+07-0.85289E+07$ $0.91220E+07-0.89276E+07-0.15255E+06$ $0.12256E+08$ $0.91220E+07-0.89276E+07-0.15255E+06$ $0.12256E+08$ $0.10360E+08-0.64218E+07-0.75876E+06$ $0.92952E+07$ $0.93654E+07-0.71332E+07$ $85611.$ $-0.20090E+06$ $0.12506E+08-0.80136E+07$ $-8857.9$ $0.15557E+07$ $0.65652E+07-0.15554E+07$ $0.76159E+06-0.18781E+07$ $0.65652E+07-0.15554E+07$ $0.76032E+07-0.19963E+07$ $0.50264E+07-0.45226E+06$ $0.75037E+06-0.2249E+07$ $0.50264E+07-0.45226E+06$ $0.75037E+06-0.23429E+07$ $0.45695E+07-0.19976E+06$ $0.76041E+06-0.22749E+07$ $0.40943E+07$ $0.36369E+06$ $0.6935E+06-0.21494E+07$ $0.26600E+07$ $0.26301E+06$ $0.64015E+06-0.22691E+07$ $0.26600E+07$ $0.34887E+06$ $0.55171E+06-0.19429E+07$ $0.2194E+07$ $0.36369E+06$ $0.38665E+06-0.14024E+07$ $0.122194E+07$ $0.26130E+06$ $0.23404E+06-0.16936E+07$ $0.122194E+07$ $0.26130E+06$ $0.23404E+06-0.16936E+07$ $0.122194E+07$ $0.26130E+06$ $0.23404E+06-0.16936E+07$ $0.122194E+07$ $0.26130E+06$ $0.23404E+06-0.16936E+07$ $0.12240E+07$ < |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 39021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13664E+08 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.46357E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.16794E+08-0.71679E+07-0.18820E+07 0.23845E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13471E+08 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | J.45626E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.17450E+08-0.70083E+07-0.21240E+07 0.27838E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39029                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13484E+08 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | .45486E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0.18388E+08-0.68558E+07-0.25004E+07 0.29612E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39033                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13488E+08 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.44592E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.20673E+08-0.66382E+07-0.29056E+07 0.31180E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39037                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13499E+08 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | .43273E+07 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.21795E+08-0.59140E+07-0.32722E+07 0.31657E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39041                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13552E+08 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | .41625E+07 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.22844E+08-0.54415E+07-0.35/36E+07 0.30899E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 39045                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.13576E+08 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | .39589E+07 (                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.23794E+08-0.48808E+07-0.39953E+07 0.29253E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.26617E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1

| TIME= | 1     | .0000   | L   | DAD | CASE= 0    |     |          |   |
|-------|-------|---------|-----|-----|------------|-----|----------|---|
| SHELL | NODAL | RESULTS | ARE | AT  | TOP/BOTTOM | FOR | MATERIAL | 1 |

THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

.....

| NODE  | SX           | SY            | 07         |            |              |                    |
|-------|--------------|---------------|------------|------------|--------------|--------------------|
| 39049 | 0.13623E+08  | 3 0.37058E+07 | 0 245050   | SXY        | SYZ          | SXZ                |
| 39053 | 0.13680E+08  | 3 0.34499E+07 | 0.24305E   | +08-0.4241 | 4E+07-0.409  | 05E+07 0.23128E+07 |
| 39057 | 0.13715E+08  | 0 32050EL07   | 0.25078E   | +08-0.3572 | OE+07-0.412  | 99E+07 0.19545E+07 |
| 39061 | 0.13769E+08  | 0.32030E+07   | 0.25499E   | +08-0.2877 | 4E+07-0.413  | 17E+07 0.15500E+07 |
| 39065 | 0.13805E+08  | 0.290905+07   | 0.25760E   | +08-0.2172 | 9E+07-0.4114 | 7E+07 0.11528E+07  |
| 39069 | 0.138135+00  | 0.201386+07   | 0.25947E-  | +08-0.1456 | 6E+07-0.4095 | 2E+07 0.77071E+06  |
| 39240 | 0.52635E+06  | 0.200/05+0/   | 0.26035E-  | +08-0.7280 | 9E+06-0.4053 | 2E+07 0.38466E+06  |
| 39240 | 0.52635E+00  | 0.07789E+06   | 0.80452E-  | +06-0.7900 | 4E+07 0.2199 | 7E+06-0.12098E+08  |
| 39242 | 0.19179F+06  | 0.87789E+06   | 0.80452E-  | -06-0.7900 | 4E+07 0.2199 | 7E+06-0.12098E+08  |
| 39242 | 0 191795+00  | 0.10226E+07-  | -0.48071E  | -06-0.8004 | 3E+07 0.2262 | 0E+06-0, 12257E+08 |
| 39244 | -0 126855+06 | 0.10226E+07-  | -0.48071E+ | -06-0.8004 | 3E+07 0.2262 | 0E+06-0.12257E+08  |
| 39244 | -0 12605E+06 | 0.11246E+07-  | -0.16543E+ | -07-0.7637 | 4E+07 0.2397 | 7E+06-0 11700E+08  |
| 39246 | -0 421225+06 | 0.11246E+07-  | -0.16543E+ | 07-0.7637  | 4E+07 0.2397 | 7E+06-0 11700E+08  |
| 39246 | -0 421335100 | 0.12168E+07-  | -0.27299E+ | 07-0.7046  | 9E+07 0.2332 | 6E+06-0 10766E+08  |
| 39248 | -0.601400.00 | 0.12168E+07-  | -0.27299E+ | 07-0.7046  | 9E+07 0.2332 | 6E+06-0 10766E+08  |
| 39248 | -0.69140E+06 | 0.12873E+07-  | -0.36972E+ | 07-0.63652 | 2E+07 0.2231 | 7E+06-0 96864E+07  |
| 39250 | -0.031405+06 | 0.12873E+07-  | 0.36972E+  | 07-0.63652 | 2E+07 0.2231 | 7E+06-0 96864E+07  |
| 39250 | -0.934366+06 | 0.13210E+07-  | 0.45324E+  | 07-0.56661 | E+07 0.2056  | 5E+06-0 85710E+07  |
| 39252 | -0.934365+06 | 0.13210E+07-  | 0.45324E+  | 07-0.56661 | E+07 0.2056  | 5E+06-0 85719E+07  |
| 39252 | -0.11472E+07 | 0.13638E+07-  | 0.52843E+  | 07-0.49878 | E+07 0.2009  | 4E+06-0 75597E+07  |
| 39255 | 0.2072220407 | 0.13638E+07-  | 0.52843E+  | 07-0.49878 | E+07 0.2009  | 4E+06-0 75597E+07  |
| 39255 | 0.29722E+07  | 0.11187E+07   | 0.87308E+  | 07-0.84267 | E+07-0.1930  | 5E+06 0 11694E+07  |
| 39257 | 0.297226+07  | 0.11187E+07   | 0.87308E+  | 07-0.84267 | E+07-0.1930  | 5E+06 0 11604E+08  |
| 30257 | 0.33060E+07  | 0.15084E+07   | 0.94579E+  | 07-0.78879 | E+07-0 1952  | 05406 0.11084E+08  |
| 39257 | 0.33060E+07  | 0.15084E+07   | 0.94579E+  | 07-0.78879 | E+07-0 1952  | 2E+06 0.10034E+08  |
| 39239 | 0.38093E+07  | 0.19597E+07   | 0.10689E+  | 08-0.73063 | E+07-0 16519 | SE+06 0.10034E+08  |
| 20261 | 0.38093E+07  | 0.19597E+07 I | 0.10689E+0 | 08-0.73063 | E+07-0 16510 | E+06 0.80027E+07   |
| 20261 | 0.44303E+07  | 0.24459E+07   | 0.12280E+0 | 08-0.67110 | E+07-0 13360 | E+06 0.8002/E+07   |
| 39201 | 0.44303E+07  | 0.24459E+07 ( | 0.12280E+0 | 08-0.67110 | E+07-0 12260 | E+06 0.58542E+07   |
| 39263 | 0.51029E+07  | 0.29637E+07 ( | 0.14013E+0 | 8-0.61498  | E+07 _95104  | E+06 0.58542E+07   |
| 39263 | 0.51029E+07  | 0.29637E+07 ( | 0.14013E+0 | 18-0 61490 | E+07 -05104  | 0.37859E+07        |
| 39265 | 0.57737E+07  | 0.34957E+07 ( | 0.15728E+0 | 8-0 56530  | E+07 = 95194 | 0.37859E+07        |
| 39265 | 0.57737E+07  | 0.34957E+07 ( | 0.15728E+0 | 8-0.56530  | E+07 -51214. | 0.19086E+07        |
| 39267 | 0.64000E+07  | 0.40354E+07 ( | 0.17287E+0 | 8-0 52260  | E+07 -21026  | 0.19086E+07        |
| 39267 | 0.64000E+07  | 0.40354E+07 0 | ).17287E+0 | 8-0 52269  | E+07 -21026. | 0.26676E+06        |
| 39272 | 0.27578E+07  | 0.22128E+07 C | . 69605E+0 | 7-0 55275  | STUT -21026. | 0.26676E+06        |
|       |              |               |            | 1-0.552/5  | 25731.       | -0.26081E+07       |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

| NODE  | SX            | ev            |              |               |              |              |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 39274 | 0.41502E+0    | 0 200445.03   | SZ           | SXY           | SYZ          | SX7          |
| 39279 | 0 285725+0    | 0.30944E+07   | 0.10728E+0   | 3-0.51806E+07 | -11547.      | -0.150885+07 |
| 39281 | 0 11220515ET0 | 0.20992E+07   | 0.74027E+0   | 7-0.61150E+07 | 27579.       | -0 261195+07 |
| 39286 | 0.2060000.07  | 0.28370E+07   | 0.10927E+08  | 3-0.57655E+07 | -16657.      | -0 12020E+07 |
| 39288 | 0.411100.07   | 0.20028E+07   | 0.78450E+0   | 7-0.67320E+07 | 33961        | -0.252270407 |
| 30200 | 0.411186+07   | 0.25893E+07   | 0.11097E+08  | 3-0.64035E+07 | -25341       | -0.2022/E+0/ |
| 20205 | 0.30645E+07   | 0.19430E+07   | 0.82503E+07  | -0.73472E+07  | 38378        | -0.80605E+06 |
| 39295 | 0.40899E+07   | 0.23629E+07   | 0.11247E+08  | -0.70684E+07  | -32/12       | -0.2328/E+07 |
| 39300 | 0.31632E+07   | 0.19268E+07   | 0.85962E+07  | -0 79084E+07  | -33413.      | -0.32543E+06 |
| 39302 | 0.40716E+07   | 0.21588E+07   | 0.11389E+08  | -0 77187E+07  | 43099.       | -0.20180E+07 |
| 39307 | 0.32618E+07   | 0.19839E+07   | 0.88670E+07  | -0 02272E.07  | -39225.      | 0.20906E+06  |
| 39309 | 0.40786E+07   | 0.20135E+07   | 0.11556E+09  | -0.032726+07  | 40728.       | -0.15953E+07 |
| 39314 | 0.34014E+07   | 0.22617E+07   | 0.906065+07  | -0.8288/E+0/  | -50096.      | 0.73742E+06  |
| 39316 | 0.41622E+07   | 0.20898E+07   | 0 11761E+00  | -0.83/7/E+07  | 50592.       | -0.11031E+07 |
| 39323 | 0.63530E+07   | 0.39356E+07   | 0.172200.00  | -0.87471E+07  | -39873.      | 0.10202E+07  |
| 39325 | 0.61535E+07   | 0.37957E+07   | 0.172306+08  | -0.48802E+07  | -90284.      | -59470.      |
| 39330 | 0.64045E+07   | 0.362595+07   | 0.1/069E+08  | -0.46617E+07  | -64288.      | -0.21963E+06 |
| 39332 | 0.64647E+07   | 0.35244E+07   | 0.16094E+08  | -0.50060E+07- | -0.29509E+06 | 0.11199E+07  |
| 39337 | 0.63988E+07   | 0.332445+07   | 0.16323E+08  | -0.47092E+07- | -0.35138E+06 | 0.63503E+06  |
| 39339 | 0.674305+07   | 0.3230(5+07   | 0.14799E+08  | -0.51557E+07- | -0.50699E+06 | 0.25216E+07  |
| 39344 | 0.634495+07   | 0.32386E+07   | 0.15431E+08  | -0.47527E+07- | 0.64249E+06  | 0.16715E+07  |
| 39346 | 0 699105-07   | 0.294486+07   | 0.13442E+08  | -0.53389E+07- | 0.70223E+06  | 0 411345+07  |
| 39351 | 0.626705107   | 0.29571E+07   | 0.14454E+08  | -0.48007E+07- | 0.91619E+06  | 0 287815+07  |
| 39353 | 0.020/06+0/   | 0.26144E+07   | 0.12157E+08  | -0.55469E+07- | 0.86152E+06  | 0.591245:07  |
| 30350 | 0.721496+07   | 0.26809E+07   | 0.13482E+08. | -0.48529E+07- | 0.11466E+07  | 0.301246+07  |
| 20200 | 0.61891E+07   | 0.22684E+07   | 0.11084E+08- | -0.57700E+07- | 0 973995+06  | 0.41923E+07  |
| 20200 | 0.74357E+07   | 0.23837E+07   | 0.12640E+08- | -0.49141E+07- | 0.120020107  | 0.74568E+07  |
| 39365 | 0.62218E+07   | 0.19674E+07 ( | 0.10423E+08- | 0 596775+07-  | 0.129836+07  | 0.54740E+07  |
| 39367 | 0.77053E+07   | 0.20686E+07 ( | 0.11945E+08- | -0.49213E+07- | 0.998/9E+06  | 0.88076E+07  |
| 39374 | 0.26012E+07   | 0.24958E+07-0 | .31964E+07-  | 0 403305107-  | 0.13/88E+07  | 0.65650E+07  |
| 39376 | 0.41233E+07   | 0.28825E+07-0 | 12527E+07-   | 0.300355107   | 0.94938E+06- | -0.54806E+07 |
|       |               |               |              | 0.3993355+07  | 0.12982E+07- | -0.40273E+07 |

| 39381<br>39383<br>39388<br>39390<br>39395<br>39395<br>39397 | 0.30495E+07<br>0.47797E+07<br>0.35550E+07<br>0.54402E+07<br>0.39824E+07<br>0.59883E+07 | 0.24938E+07-0.24572E+07-0.45014E+07<br>0.29022E+07-0.46053E+06-0.43439E+07<br>0.24892E+07-0.15920E+07-0.49190E+07<br>0.28700E+07 0.43272E+06-0.46237E+07<br>0.24199E+07-0.65367E+06-0.52847E+07<br>0.27681E+07 0.13608E+07-0.48125E+07 | 0.10127E+07-0.62915E+07<br>0.13989E+07-0.46555E+07<br>0.10769E+07-0.71532E+07<br>0.14801E+07-0.53015E+07<br>0.11168E+07-0.79973E+07<br>0.15294E+07-0.59309E+07 |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

| MOD     | -             |               |             |                |                |             |
|---------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| NOD     | E SX          | SY            | SZ          | gyv            | OVE            |             |
| 3940    | 2 0.42850E+0  | 7 0.22916E+07 | 0.3439754   | 06-0 554010.00 | SYZ            | SXZ         |
| 3940    | 4 0.63245E+0  | 7 0.25899E+07 | 0 2202751   | 00-0.55421E+0  | 0.11245E+07-0  | 0.87314E+07 |
| 3940    | 9 0.43413E+0  | 7 0.209005+07 | 0.127705    | 07-0.48653E+07 | 0.15315E+07-0  | 0.64688E+07 |
| 3941    | 1 0.62711E+0  | 7 0 232125+07 | 0.137/86+   | 07-0.56025E+07 | 0.10840E+07-0  | 0.91910E+07 |
| 3941    | 6 0.40367E+0  | 7 0 177100.07 | 0.3209/E+   | 07-0.47035E+07 | 0.14795E+07-0  | 0.68089E+07 |
| 39418   | 8 0 56126E+0  | 7 0.17/126+07 | 0.24614E+   | 07-0.53146E+07 | 0.99473E+06-0  | 91199F+07   |
| 3956    | 6 0 1107CD.00 | 0.19004E+07   | 0.40621E+   | 07-0.42275E+07 | 0.13366E+07-0  | 676518+07   |
| 39566   | 0.11976E+08   | 0.12188E+08   | 0.27256E+   | 07-0.15579E+08 | 0.16206E+08-0  | A30510-07   |
| 20560   | 0.13891E+08   | 0.18008E+08   | 0.13343E+   | 08-0.17547E+08 | -0 239225107 0 | 43851E+07   |
| 39566   | 0.22///E+08   | 0.20540E+08   | 0.20556E+   | 08-0.15695E+08 | -0 104245400 0 | .44641E+07  |
| 39568   | 0.91520E+07   | 0.26616E+07   | 0.11350E+   | 18-0 50000E+00 | -0.19434E+08 ( | 13022E+08   |
| 39572   | 0.81108E+07   | 0.87042E+07   | 0.15714E+   | 0. 53600ETU/   | 0.29513E+06 0  | .50019E+07  |
| 39572   | 0.51560E+07   | 0.48665E+07   | 0 6416954   | 0-0.03411E+0/  | 0.10389E+08-0  | .77270E+07  |
| 39572   | 0.23282E+07   | 0.13089E+07   | -0 300045   | 07-0.62351E+07 | 0.12589E+07-0  | .55747E+07  |
| 39575   | 0.55742E+07   | 0.92226E+06   | 0.402455.   | 07-0.67840E+07 | -0.73316E+07-0 | .37868E+07  |
| 39579   | 0.40369E+07   | 0.692455+07   | 0.402458+(  | 07-0.32412E+07 | 0.24428E+07-0  | .64984E+07  |
| 39579   | 0.65612E+07   | 0.842215107   | 0.82666E+(  | 07-0.10346E+08 | 0.12209E+08-0  | .39586E+07  |
| 39581   | 0.30427E+07   | 0.726067:07   | 0.89022E+(  | 7-0.11085E+08  | -0.12472E+08 0 | -19805E+07  |
| 39581   | 0 990795+07   | 0.13096E+07   | 0.54772E+(  | 7-0.11179E+08  | 0.14189E+08-0  | 109405+07   |
| 39596   | -0 46302E+07  | 0.14088E+08   | 0.17745E+C  | 8-0.12278E+08- | -0.14355E+08 0 | 626325+07   |
| 39596   | -0.46302E+07  | -0.64161E+07- | -0.80944E+C | 7-0.26206E+07  | 0.59074E+06-0  | 610365107   |
| 39596   | -0.46302E+07  | -0.64161E+07- | -0.80944E+0 | 7-0.26206E+07  | 0.59074E+06 0  | .01936E+07  |
| 20500   | -0.46302E+07  | -0.64161E+07- | -0.80944E+0 | 7-0.26206E+07  | 0.59074E+06-0  | .01936E+07  |
| 39398   | 0.16998E+07   | 0.35468E+06   | 0.58604E+0  | 7-0.483355+07  | 0.1640000.000  | .61936E+07  |
| 39598   | 0.16998E+07   | 0.35468E+06   | 0.58604E+0  | 7-0 483358+07  | 0.16490E+06-0  | .94541E+07  |
| 39601   | -0.14799E+06- | -0.23665E+07  | 0.43526E+0  | 7-0 951905100  | 0.164905+06-0  | .94541E+07  |
| 39601   | -0.14799E+06- | -0.23665E+07  | 0.43526E+0  | 7-0.951092+06  | 0.50421E+07-0  | .35482E+07  |
| 39605   | 0.30161E+07   | 0.94667E+06   | 0.55656510  | 7-0.95189E+06  | 0.50421E+07-0. | .35482E+07  |
| 39608   | 0.61592E+07   | 0.16193E+07   | 0.106450.0  | 7-0.33063E+07  | 0.23742E+07-0. | 93757E+07   |
| 39608   | 0.61592E+07   | 0.16193E+07   | 0.196456+0  | 8-0.25480E+07  | 0.79754E+06 0. | 16754E+08   |
| 39608   | 0.61592E+07   | 0 161935+07   | 0.196456+0  | 8-0.25480E+07  | 0.79754E+06 0. | 16754E+08   |
| 39610   | -0.48794E+07- | 0.101936+07   | 0.19645E+0  | 8-0.25480E+07  | 0.79754E+06 0. | 16754E+08   |
| 39610   | -0.48794E+07- | 0.452012+07   | 0.33951E+0  | 7-0.11963E+07  | 0.64057E+07 0. | 746755+07   |
| 39613   | 0 24701       | 0.45201E+07   | 0.33951E+0  | 7-0.11963E+07  | 0.64057E+07 0  | 746755+07   |
| 39613   | 0.247010107   | 0.11458E+07   | 0.74388E+0  | 7-0.88605E+07- | 0.45157E+06 0  | 124198100   |
| 39617   | 0.24/916+0/   | 0.11458E+07   | 0.74388E+0  | 7-0.88605E+07- | 0.45157E+06 0  | 124105+08   |
| 20621   | 0.03393E+07   | 0.34761E+07   | 0.12865E+08 | -0.66618E+07   | 0 361495106 0. | 124186+08   |
| 39021   | 0.46355E+07-  | 0.13322E+06   | 0.16706E+08 | -0.18786E+07   | 57625          | 89542E+07   |
| MENTRE  |               |               |             | 012010001007   | 57625. 0.      | /3666E+07   |
| MINIMUM | VALUES        |               |             |                |                |             |
| NODE    | 38264         | 39596         | 23920       | 205.00         |                |             |
| VALUE - | 0.59931E+07-0 | .64161E+07-0  | 147875+00   | 39566          | 39566 3        | 9242        |
|         |               |               | 11/0/6+08-  | 0.1/547E+08-0  | .19434E+08-0.1 | 2257E+08    |
| MAXIMUM | VALUES        |               |             |                |                |             |
| NODE    | 17222         | 17222         | 36000       | 21000          |                |             |
| VALUE   | 0.23996E+08 0 | 49316E+08 0   | 226160.00   | 31339          | 10098 3        | 9608        |
|         |               |               | 27010E+08   | 0.12181E+08 0. | 16296E+08 0.1  | 6754E+08    |

PRINT S NODAL SOLUTION PER NODE (PEMBEBANAN MAKSIMUM)

\*\*\* NOTE \*\*\* CP= 4.188 TIME= 06:10:02 Page file used.

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

| $\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 871 -0.40763E+07-0.38760E+06 0.25318E+07 0.57126E+06 0.47609E+06-0.23148<br>873 -0.35310E+07-0.38916E+06 0.31047E+07 0.62796E+06 0.61803E+06-0.28037<br>875 -0.28525E+07-0.34453E+06 0.45475E+07 0.63037E+06 0.76057E+06-0.32175<br>877 -0.20836E+07-0.28057E+06 0.45475E+07 0.60585E+06 0.88833E+06-0.35693<br>879 -0.11362E+07-0.22159E+06 0.62206E+07 0.19748E+06 0.11479E+07-0.38932<br>881 -914840.12147E+06 0.70736E+07-0.12057E+06 0.12233E+07-0.38932<br>883 0.10799E+07 28512. 0.78777E+07-0.52751E+06 0.12664E+07-0.38076<br>885 0.23585E+07 0.22513E+06 0.86304E+07-0.10158E+07 0.12748E+07-0.361541<br>889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>899 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>899 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>899 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>899 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>809 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>800 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2755E+07 0.12671E+07-0.336851<br>809 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.27555E+07 0.12671E+07-0.336851<br>800 | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07                              |
| 873       -0.35310E+07-0.38916E+06       0.31047E+07       0.62796E+06       0.61803E+06-0.28037         875       -0.28525E+07-0.38916E+06       0.37943E+07       0.63037E+06       0.76057E+06-0.32175         877       -0.20836E+07-0.28057E+06       0.45475E+07       0.60585E+06       0.88833E+06-0.35693         879       -0.11362E+07-0.22159E+06       0.62206E+07       0.11476E+06       0.11479E+07-0.37827         881       -91484       -0.12147E+06       0.70736E+07-0.12057E+06       0.12233E+07-0.39055         883       0.10799E+07       28512       0.78777E+07-0.52751E+06       0.1264E+07-0.380761         887       0.37678E+07       0.42513E+06       0.8304E+07-0.10158E+07       0.12748E+07-0.361541         889       0.53542E+07       0.82810E+06       0.93670E+07-0.15955E+07       0.12671E+07-0.336851                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07                              |
| 875       -0.28525E+07-0.38916E+06       0.37943E+07       0.63037E+06       0.76057E+06-0.32175         877       -0.20836E+07-0.34453E+06       0.45475E+07       0.60585E+06       0.88833E+06-0.35693         879       -0.11362E+07-0.22057E+06       0.53697E+07       0.41666E+06       0.10622E+07-0.37827         881       -91484.       -0.12147E+06       0.62206E+07       0.19748E+06       0.11479E+07-0.38932         883       0.10799E+07       28512.       0.78777E+07-0.12057E+06       0.12233E+07-0.39055         885       0.23585E+07       0.22513E+06       0.86304E+07-0.10158E+07       0.12748E+07-0.36154         887       0.37678E+07       0.47900E+06       0.93670E+07-0.15955E+07       0.12671E+07-0.336855         889       0.53542E+07       0.82810E+06       0.10207E+08-0.22550E+07       0.12671E+07-0.336855                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07                              |
| 877 -0.20836E+07-0.28057E+06 0.45475E+07 0.60585E+06 0.88833E+06-0.35693<br>879 -0.11362E+07-0.22057E+06 0.53697E+07 0.41666E+06 0.10622E+07-0.37827<br>881 -914840.12147E+06 0.62206E+07 0.19748E+06 0.11479E+07-0.38932<br>883 0.10799E+07 28512. 0.78777E+07-0.52751E+06 0.12233E+07-0.390555<br>885 0.23585E+07 0.22513E+06 0.86304E+07-0.10158E+07 0.12664E+07-0.361541<br>887 0.37678E+07 0.47900E+06 0.93670E+07-0.15955E+07 0.12671E+07-0.361541<br>889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.22750E+07 0.12671E+07-0.336855                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S |
| 879 -0.11362E+07-0.22159E+06 0.53697E+07 0.41666E+06 0.10622E+07-0.37827<br>881 -914840.12147E+06 0.70736E+07-0.12057E+06 0.11479E+07-0.38932<br>883 0.10799E+07 28512. 0.78777E+07-0.52751E+06 0.12263E+07-0.390555<br>885 0.23585E+07 0.22513E+06 0.86304E+07-0.10158E+07 0.12664E+07-0.361541<br>887 0.37678E+07 0.47900E+06 0.93670E+07-0.15955E+07 0.12671E+07-0.361541<br>889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.2250E+07 0.12671E+07-0.336855                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | E+07<br>E+07<br>E+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S         |
| 881       -91484.       -0.12147E+06       0.62206E+07       0.19748E+06       0.11479E+07-0.38932         883       0.10799E+07       28512.       0.78777E+07-0.52751E+06       0.12233E+07-0.390551         885       0.23585E+07       0.22513E+06       0.86304E+07-0.10158E+07       0.12664E+07-0.380761         887       0.37678E+07       0.47900E+06       0.93670E+07-0.15955E+07       0.12748E+07-0.361541         889       0.53542E+07       0.82810E+06       0.10207E+08-0.25750E+07       0.12671E+07-0.336851                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | E+07<br>E+07<br>E+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S         |
| 883       0.10799E+07       28512.       0.78777E+07-0.52751E+06       0.12233E+07-0.39055         885       0.23585E+07       0.22513E+06       0.86304E+07-0.10158E+07       0.12664E+07-0.380761         887       0.37678E+07       0.47900E+06       0.93670E+07-0.15955E+07       0.12748E+07-0.361541         889       0.53542E+07       0.82810E+06       0.10207E+08-0.25750E+07       0.12671E+07-0.336851                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07<br>E+07                              |
| 885 0.23585E+07 0.22513E+06 0.86304E+07-0.52751E+06 0.12664E+07-0.38076<br>887 0.37678E+07 0.47900E+06 0.93670E+07-0.10158E+07 0.12748E+07-0.36154<br>889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.22750E+07 0.12671E+07-0.33685                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07                              |
| 887 0.37678E+07 0.47900E+06 0.93670E+07-0.10158E+07 0.12748E+07-0.36154<br>889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.22750E+07 0.12671E+07-0.336851                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5+07<br>5+07<br>5+07<br>5+07<br>5+07<br>5+07<br>5+07<br>5+07                              |
| 889 0.53542E+07 0.82810E+06 0.10207E+08-0.22750E+07 0.12671E+07-0.336851                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+07<br>S+06<br>S+07                                      |
| 001 0.02010ET00 0.1020/E+08-0.22750E+07 0 1210CB-02 0 000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2+07<br>2+07<br>2+07<br>2+06<br>2+06                                                      |
| 0.73348E+07 0 13217E+07 0 11040E 0 0.22750E+07 0.13186E+07-0.320721                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2+07<br>2+07<br>2+06<br>2+07                                                              |
| 893 0.18474E+08 0.43669E+07 0.11049E+08-0.32388E+07 0.15551E+07-0.34404                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 5+07<br>+06<br>+07                                                                        |
| 900 0.20759E+08 0 11282E+07 0.22479E+08-0.90443E+07-0.17611E+07 0.71929E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +06                                                                                       |
| 902 0.20713E+08 0 12767E+07 0.38601E+08-0.95514E+06-0.29743E+07 0.52886E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 904 0.20627E+08 0 14895E+07 0.38441E+08-0.18988E+07-0.29978E+07 0.10575E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                           |
| 906 0.20512E+08 0 17676E+07 0.38137E+08-0.28070E+07-0.29992E+07 0.15823E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 908 0.20414E+08 0.20966E+07 0.3703E+08-0.36669E+07-0.29901E+07 0.21186E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | +07                                                                                       |
| 910 0.20288E+08 0.24518E+07 0.31026E+08-0.44688E+07-0.29576E+07 0.26428E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 912 0.20157E+08 0.28401E+07 0.35112E+08-0.51876E+07-0.28920E+07 0.30905E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 914 0.20030E+08 0.32033E+07 0.33232E+08=0.58334E+07=0.28095E+07 0.34898E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 916 0.19858E+08 0.34569E+07 0.3243E+08 0.63929E+07-0.26924E+07 0.37712E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | +07                                                                                       |
| 918 0.19719E+08 0.37086E+07 0.31026E+08 0.69595E+07-0.26254E+07 0.39607E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 920 0.19596E+08 0.39329E+07 0.2539E+08-0.74561E+07-0.25324E+07 0.40381E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | +07                                                                                       |
| 922 0.19494E+08 0.41131E+07 0.28273E+08-0.287/8E+07-0.23750E+07 0.39856E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 924 0.19493E+08 0.42719E+07 0.27171E+08-0.82109E+07-0.21768E+07 0.38322E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 926 0.19748E+08 0.44965E+07 0.26415E+08-0.87342E+07-0.20014E+07 0.36952E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 928 0.20400E+08 0.47343E+07 0.25763E+08-0 92143E+07-0.19516E+07 0.37399E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | +07                                                                                       |
| 1037  0.55503E+07  -41185.  0.18369E+08  160  32  152136E+07  0.42995E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | +07                                                                                       |
| 1039  0.18472E+08-0.38652E+06  0.33157E+08  -542  30  -5766.  -3349.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                           |
| 1041 0.16931E+08-0.42606E+06 0.29595E+08 -435 00 -0.50204E+06 5716.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |
| 1043 0.15496E+08-0.20268E+06 0.26995E+08 -369 88 -5076.4 2257.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                           |
| 1045 0.13786E+08 -89423. 0.24578E+08 -302.86 -0.10321706280.85                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                           |
| 1047 0.11785E+08 -54844. 0.22283E+08 -271 66 -2083.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |
| 1049 0.96331E+07 - 36218. $0.20359E+08 - 265 29 - 70396$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                           |
| 8230 0.28632E+08 0.15117E+08 0.50644E+08 -2572.3 -0.12318E+08 -2572                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |
| 8263 0.23539E+08 0.43657E+07 0.44414E+08 -3643.9 -0.68234E+07 15000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |
| 8614 0.24397E+08 0.25716E+08 0.29707E+08-0.22120E+08-0 50234E+07 0 64097                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                           |
| 0.69117E+07 0.14934E+07 0.11493E+08-0.37796E+07 0.16397E+07-0.604876E4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 07                                                                                        |
| 8637 -0.47454E+07-0.42605E+06 0.14999E+07 0.16035E+06 0.36429E+07-0.60027E4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 07                                                                                        |
| 0.45638E+07-0.44559E+06 0.17362E+07 0.30784E+06 0.43102E+06-0.123002                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 06                                                                                        |
| 8641 -0.43297E+07-0.47538E+06 0.20938E+07 0.43644E+06 0.52702E+06-0.12700E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 07                                                                                        |
| 8645 -0.370319.07 -0.51221E+06 0.25648E+07 0.53971E+06 0.64704E+06-0.18755E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 07                                                                                        |
| 8647 -0.37031E+07-0.55260E+06 0.31358E+07 0.61089E+06 0.78275E+06-0 29452E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 07                                                                                        |
| 8649 - 0.28105+07 - 0.59294E+06 0.37901E+07 0.64019E+06 0.92757E+06-0.33760E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 07                                                                                        |
| 8651 -0.223175+07-0.61603E+06 0.45297E+07 0.62587E+06 0.10631E+07-0.37116E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 07                                                                                        |
| 8653 -0.15509F107-0.61/06E+06 0.53039E+07 0.53953E+06 0.11931E+07-0.39416E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 07                                                                                        |
| 0.39702E+06 0.61323E+07 0.39702E+06 0.12814E+07-0.40626E+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | w /                                                                                       |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

| NODE     | SX                 | SY              | 57             | OVV                                     |            | 1            |
|----------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------------|------------|--------------|
| 38293    | 0.88516E+07        | 0.30060E+08-0   | 109325+07-0    | 303055.00                               | SIZ        | SXZ          |
| 38295    | 0.77450E+07        | 0.29962E+08-0   | 456155107 0    | 302856+06 -                             | 18254.     | -0.29998E+07 |
| 38295    | 0.78452E+07        | 0 29770 E+00-0  | · 45015E+07-0. | 16505E+06-0                             | .11901E+06 | -0.17964E+07 |
| 38297    | 0.71010E+07        | 0 29471 E+00 0  | .404/3E+0/-0.  | 21901E+06-0                             | .10712E+06 | -0.17558E+07 |
| 38297    | 0.68854E+07        | 0.294716+08-0   | .62065E+07-0.  | 50507E+06-0                             | .50518E+06 | -0.18756E+07 |
| 38392    | -0.41536E+07       | 0.20973E+08-0   | .64118E+07-0.  | 49707E+06-0                             | .52892E+06 | -0.18718E+07 |
| 38393    | -0 949345106       | 0.25695E+08 0.  | .22012E+08-0.  | 42873E+06-0                             | .49255E+07 | 0.20684E+07  |
| 38304    | -0 4110 00100      | 0.26101E+08 0.  | .31991E+08-0,  | 24804E+06-0                             | .32956E+07 | -0 29488E+07 |
| 39305    | -0.41186E+07       | 0.28403E+08 0.  | .13996E+08-0.  | 69779E+06-0                             | .35963E+07 | 0 302565+07  |
| 30395    | 0.11518E+08        | 0.15936E+08-0.  | .40350E+06 0.  | 18770E+06-0                             | 11806E+07  | 0.594448+06  |
| 20207    | -0.53113E+07       | 0.29666E+08 0.  | .71333E+07-0.  | 71066E+06-0                             | 35787E+07  | 0.394446+00  |
| 38397    | 0.12010E+08        | 0.30929E+08 0.  | 22623E+06 -6   | 88030                                   | 787215+06  | 0.207065+07  |
| 38398    | -0.55512E+07       | 0.27013E+08 0.  | 10779E+07 0    | 42221E+06-0                             | 562222000  | 0.83376E+06  |
| 38399    | 0.11050E+08        | 0.35815E+08 0.  | 59744E+06 8    | 5768 -0                                 | 345600.00  | 0.18287E+07  |
| 38400    | 0.12007E+08        | 0.18315E+08 0.  | 25697E+06 0    | 99000ELOC 0                             | 34360E+06  | 0.10488E+07  |
| 38401    | 0.11020E+08        | 0.31497E+08-0   | 70995E+06 -7   | 6952                                    | 1542/E+07  | 0.18338E+07  |
| 38402    | 0.12750E+07        | 0.34259E+08 0   | 18616E+08-0    | 222467.07                               | 05983E+06  | 0.21697E+07  |
| 38403    | 0.34057E+07        | 0.30441E+08 0   | 178715+00 0    | 33246E+07-0.                            | 57714E+07  | 0.55810E+07  |
| 38404    | 0.51898E+07        | 0.339495+09 0   | 124060.00      | 24288E+07-0.                            | 29090E+07  | 0.85381E+07  |
| 38405    | 0.79757E+07        | 0 34713E+00 0.  | 134066+08-0.   | 20452E+07-0.                            | 53077E+06  | 0.97369E+07  |
| 38406    | 0.10365E+08        | 0 276205+00 0.  | 77326E+07-0.   | 95575E+06 0.                            | 24433E+07  | 0.93929E+07  |
| 38407    | -0.68306E+06       | 0.20202+08-0.   | /0535E+06-0.   | 45490E+06 0.                            | 17327E+07  | 0.57082E+07  |
| 38408    | 0 121755+00        | 0.29382E+08 0.  | 18651E+08-0.   | 21452E+07-0.                            | 58523E+07  | 0.30795E+07  |
| 38409    | 0 969765107        | 0.24102E+08-0.  | 60576E+06 0.:  | 38522E+06 8                             | 5252.      | 0.35297E+07  |
| 38466    | 0.309/00+0/        | 0.23661E+07-0.  | 66114E+06 -82  | 28070.                                  | 16135E+07  | 0.51830E+06  |
| 20467    | 0.134496+08        | 0.35949E+08 0.  | 88391E+07-0.9  | 93299E+06-0.                            | 20543E+06  | 0 279668+07  |
| 30407    | 0.13328E+08        | 0.35138E+08 0.  | 92230E+07-0.9  | 0647E+06 0                              | 216675+06  | 0.241205107  |
| 30408    | 0.14109E+08        | 0.35185E+08 0.  | 11737E+08-0.1  | 0752E+07 0                              | 134115+06  | 0.270015.07  |
| 38469    | 0.13784E+08        | 0.33240E+08 0.  | 12758E+08-0.1  | 6687E+07-0                              | 117145+06  | 0.2/0016+0/  |
| 38470    | 0.13967E+08        | 0.33790E+08 0.  | 12866E+08-0.2  | 0213E+07-0                              | 252665106  | 0.24/58E+07  |
| 38471    | 0.13774E+08        | 0.33108E+08 0.1 | 12830E+08-0    | 53155+07 1                              | 1077       | 0.28992E+07  |
| 38472    | 0.14607E+08 (      | 0.32424E+08 0.  | 16319E+08-0 2  | 06755107 -1                             | 1077.      | 0.16291E+07  |
| 38473    | 0.15005E+08 (      | 0.32413E+08 0.1 | 175455+00-0.2  | 00/JE+0/ 6                              | 982.3      | 0.15766E+07  |
| 38474    | 0.14130E+08 (      | 0.31223E+08 0   | 158325+00-0 1  | CATOR:07-0.                             | 39143E+06- | 0.14365E+06  |
| 38475    | 0.13486E+08 (      | 29167E+08 0 1   | 15790EL00 0 1  | 64/9E+07 -9                             | 0835       | 0.22098E+07  |
| 38476    | 0.13861E+08 (      | 36024E+08 0 1   | 10260E+08 0.1  | 9918E+06-0.                             | 59107E+06- | 0.36434E+07  |
| 38796    | 0.14495E+08 (      | 38300E+07 0     | LU369E+08-0.4  | 3588E+06-0.                             | 55948E+06  | 0.39796E+07  |
|          |                    |                 | 20200E+08-0.9  | 2229E+07-0.1                            | L3694E+07  | 0.11273E+08  |
| ***** P( | OSTI NODAL STR     | ESS LISTING ++  | ***            |                                         |            |              |
| PowerGra | aphics Is Curr     | ently Enabled   |                |                                         |            |              |
|          |                    | enery manied    |                |                                         |            |              |
| LOAD STE | EP= 0 STIP         | STED- 1         |                |                                         |            |              |
| TIME=    | 1.0000             | LOAD CAOR       | 0              |                                         |            |              |
| SHELL NO | ODAL RESULTS A     | DE AM MOD (     | 0              |                                         |            |              |
|          | A GIODIS RESOLIS A | AT TOP/BOTT     | OM FOR MATER   | IAL 1                                   |            |              |
| THE FOLI | LOWING X,Y,Z V     | ALUES ARE IN G  | LOBAL COORDI   | NATES                                   |            |              |
| NODE     | SX                 | SY S            | 7              | ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~ |            |              |
| 38801    | 0.23215E+08 0      | .84365E+07 0 2  | 37795+00-0 1   | SACETION                                | 12         | SXZ          |
| 38805    | 0.80184E+07 0      | .21590E+07 0 0  | 09955+07 0 5   | 0405E+08-0.2                            | 3945E+07 ( | .78560E+07   |
| 38808    | 0.88616E+07 0      | 227025+07 0.1   | 03355-07-0.5   | D206E+07 0.2                            | 8643E+07-0 | .11438E+08   |

| 20002   | 0.00104E+0/ 0.21590E+0   | 0 909955+07 0 5500 07 07 0 0000000000000000000  |
|---------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| 38808   | 0.88616E+07 0 22792E+07  | 0.10345E+07-0.55206E+07 0.28643E+07-0.11438E+08 |
| 38841   | 0.17998E+07 0 76351E+00  | 0.10346E+08-0.49295E+07 0.20275E+07-0.58438E+07 |
| 38841   | 0.179985+07 0.763515+00  | 0.53678E+07-0.11091E+08 0.32084E+06-0.18241E+08 |
| 38850   | 0.588825+07 0.100145.00  | 0.53678E+07-0.11091E+08 0.32084E+06-0.18241E+08 |
| 38861   | 0.52711E407 0.18914E+0/  | 0.73793E+07-0.71467E+07 0.19335E+07-0.14545E+08 |
| 38961   | 0.52711E+07 0.19621E+07  | 0.15556E+08-0.15225E+08-0.26015E+06 0 20001E+08 |
| 30001   | 0.52/11E+0/ 0.19621E+07  | 0.15556E+08-0.15225E+08-0.26015E+06 0 20901E+08 |
| 20074   | 0.11418E+08 0.34977E+07  | 0.17667E+08-0.10952E+08-0.12940E+07 0.15852E+08 |
| 38874   | 0.58713E+07 0.36779E+07  | 0.15971E+08-0.12165E+08 0 14600E+06 0 24061E+08 |
| 38876   | 0.80212E+07 0.54431E+07  | 0.21327E+08-0 13666E+08 -15106                  |
| 38952   | 0.61728E+07 0.83987E+06  | 0.11196E+08-0 26526E+07 0 1506CE+07             |
| 38956   | 0.45338E+07 0.53036E+06  | 0.10287E+08-0.10314E+07 0.15066E+07-0.34476E+07 |
| 38960   | 0.29895E+07 0.16089E+06  | 0.93511E+07-0.12988E+07-0.32028E+07             |
| 38964   | 0.17042E+07 -62280       | 0.95311E+07-0.12809E+07 0.12796E+07-0.34043E+07 |
| 38968   | 0.53934E+06-0 24710E+06  | 0.33717E+07-0.77127E+06 0.12936E+07-0.36656E+07 |
| 38972   | -0.50022E+06-0 38080E+06 | 0.77926E+07-0.34066E+06 0.12968E+07-0.38795E+07 |
| 38976   | -0.14161E+07-0 47568E+06 | 0.69823E+07 7498.9 0.12641E+07-0.39904E+07      |
| 38980   | -0.22068E+07-0 E0502E+06 | 0.61548E+07 0.28044E+06 0.11926E+07-0.39955E+07 |
| 38984   | -0 28894E+07 0 50003E+06 | 0.53132E+07 0.44852E+06 0.10917E+07-0.38696E+07 |
| 38988   | -0.20094E+07-0.52296E+06 | 0.45363E+07 0.58813E+06 0.94086E+06-0.36481E+07 |
| 38000   | -0.34399E+07-0.51896E+06 | 0.37849E+07 0.62022E+06 0.81526E+06-0 33134E+07 |
| 20006   | -0.39034E+07-0.47858E+06 | 0.31236E+07 0.60669E+06 0.66279E+06-0 28882E+07 |
| 30990   | -0.42884E+07-0.43783E+06 | 0.25512E+07 0.54556E+06 0.52290E+06-0.2201CE+07 |
| 39000 . | -0.46087E+07-0.39818E+06 | 0.20873E+07 0.44562E+06 0.30012E+06 0.1035EE+07 |
| 39004 . | -0.48643E+07-0.36521E+06 | 0.17449E+07 0 31567E+06 0 20060E+06 0 18357E+07 |
| 39008 - | -0.50552E+07-0.34233E+06 | 0.15346E+07 0.16386E+06 0.29960E+06-0.12401E+07 |
| 39013   | 0.23786E+08 0.79042E+07  | 0.27795E+08-0 12580E+06 0.22986E+06-0.62312E+06 |
| 39017   | 0.23302E+08 0.79056E+07  | 0 28640E+08 0 10000+08-0.30973E+07 0.50896E+07  |
| 39021   | 0.22970E+08 0 77809E+07  | 0.20750E+08-0.12224E+08-0.32095E+07 0.46717E+07 |
|         |                          | 0.29/59E+08-0.11952E+08-0.36222E+07 0.47474E+07 |
|         |                          |                                                 |

| 39025 | 0.22973E+08 | 0.77989E+07 | 0.31359E+08-0.11692E+08-0.42642E+07 | 0.50498E+07 |
|-------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| 39029 | 0.22995E+08 | 0.77570E+07 | 0.33251E+08-0.11321E+08-0.49551E+07 | 0.53173E+07 |
| 39033 | 0.23002E+08 | 0.76045E+07 | 0.35254E+08-0.10766E+08-0.55802E+07 | 0.53987E+07 |
| 39037 | 0.23021E+08 | 0.73796E+07 | 0.37168E+08-0.10085E+08-0.60942E+07 | 0.52694E+07 |
| 39041 | 0.23110E+08 | 0.70985E+07 | 0.38958E+08-0.92797E+07-0.65119E+07 | 0.49887E+07 |
| 39045 | 0.23152E+08 | 0.67513E+07 | 0.40578E+08-0.83235E+07-0.68133E+07 | 0.45391E+07 |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

| LOAD  | STEP= | 0 5     | UBST | EP= | 1         |        |          |   |
|-------|-------|---------|------|-----|-----------|--------|----------|---|
| TIME  | = 1.  | .0000   | L    | DAD | CASE= (   | )      |          |   |
| SHELL | NODAL | RESULTS | ARE  | AT  | TOP/BOTTC | DM FOR | MATERIAL | 1 |

THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

| NODE  | SX           | SY            | 07         |                  |               |              |
|-------|--------------|---------------|------------|------------------|---------------|--------------|
| 39049 | 0.23233E+08  | 0 62106EL07   | 52         | SXY              | SYZ           | SXZ          |
| 39053 | 0.23330E+08  | 0.031900+07   | 0.41790E   | +08-0.72330E+0   | 7-0.69758E+07 | 0.39442E+07  |
| 39057 | 0 233895+00  | 0.58833E+07   | 0.42767E-  | +08-0.60915E+0   | 7-0.70430E+07 | 0.33331E+07  |
| 39061 | 0.231925100  | 0.54658E+07   | 0.43485E-  | +08-0.49069E+0   | 7-0.70461E+07 | 0.26434E+07  |
| 39065 | 0 235422400  | 0.50984E+07   | 0.43931E-  | +08-0.37056E+0   | 7-0.70170E+07 | 0.19660E+07  |
| 39069 | 0.235436+08  | 0.48020E+07   | 0.44249E-  | -08-0.24841E+0   | 7-0.69837E+07 | 0.13143E+07  |
| 39240 | 0.235576+08  | 0.45481E+07   | 0.44400E-  | -08-0.12416E+0   | 7-0.69122E+07 | 0.65598E+06  |
| 30240 | 0.097628+06  | 0.14971E+07   | 0.13720E   | -07-0.13473E+08  | 3 0.37513E+06 | -0.206315+08 |
| 30240 | 0.897626+06  | 0.14971E+07   | 0.13720E+  | -07-0.13473E+08  | 0.37513E+06   | -0.20631E+08 |
| 30242 | 0.32707E+06  | 0.17440E+07-  | -0.81979E+ | 06-0.13650E+08   | 0.38574E+06   | -0 200025+00 |
| 39242 | 0.32707E+06  | 0.17440E+07-  | -0.81979E+ | 06-0.13650E+08   | 0 385745+06   | -0.209025+08 |
| 39244 | -0.21633E+06 | 0.19178E+07-  | -0.28212E+ | 07-0.13025E+08   | 0.408905+06   | -0.209026+08 |
| 39244 | -0.21633E+06 | 0.19178E+07-  | -0.28212E+ | 07-0.13025E+08   | 0 40890E+06   | -0.19952E+08 |
| 39246 | -0.71852E+06 | 0.20751E+07-  | -0.46554E+ | 07-0.12017E+08   | 0.30770E+06   | 0.199526+08  |
| 39246 | -0.71852E+06 | 0.20751E+07-  | -0.46554E+ | 07-0.12017E+08   | 0.397792+06   | -0.18359E+08 |
| 39248 | -0.11791E+07 | 0.21952E+07-  | 0.63050E+  | 07-0.10855E+08   | 0.397792+06-  | -0.18359E+08 |
| 39248 | -0.11791E+07 | 0.21952E+07-  | 0.63050E+  | 07-0 108555-00   | 0.300595+06-  | -0.16519E+08 |
| 39250 | -0.15934E+07 | 0.22528E+07-  | 0.77294E+  | 07-0 966275+07   | 0.380596+06-  | -0.16519E+08 |
| 39250 | -0.15934E+07 | 0.22528E+07-  | 0.77294E+  | 07-0 966275+07   | 0.350702+06-  | -0.14618E+08 |
| 39252 | -0.19563E+07 | 0.23258E+07-  | 0.90116E+  | 07-0 95060276407 | 0.35070E+06-  | -0.14618E+08 |
| 39252 | -0.19563E+07 | 0.23258E+07-  | 0.90116F+  | 07-0.05000E+07   | 0.3426/E+06-  | 0.12892E+08  |
| 39255 | 0.50687E+07  | 0.19078E+07   | 0 1488951  | 07-0.05060E+07   | 0.34267E+06-  | 0.12892E+08  |
| 39255 | 0.50687E+07  | 0.19078E+07   | 0 149905+  | 00-0.14371E+08   | -0.32921E+06  | 0.19925E+08  |
| 39257 | 0.56380E+07  | 0.25724E+07   | 0 1612054  | 00-0.143/1E+08   | -0.32921E+06  | 0.19925E+08  |
| 39257 | 0.56380E+07  | 0.25724E+07   | 0 1612954  | 00-0.13452E+08   | -0.33304E+06  | 0.17112E+08  |
| 39259 | 0.64962E+07  | 0.334215+07   | 0.101295+  | 08-0.13452E+08   | -0.33304E+06  | 0.17112E+08  |
| 39259 | 0.64962E+07  | 0.334215+07   | 0.102296+0 | 08-0.12460E+08   | -0.28170E+06  | 0.13647E+08  |
| 39261 | 0.75553E+07  | 0.41711E+07   | 0.20041    | 08-0.12460E+08   | -0.28170E+06  | 0.13647E+08  |
| 39261 | 0.75553E+07  | 0 41711E+07   | 0.209416+( | J8-0.11445E+08   | -0.22795E+06  | 0.99835E+07  |
| 39263 | 0.87022E+07  | 0.505422+07   | 0.20941E+( | 08-0.11445E+08   | -0.22795E+06  | 0.99835E+07  |
| 39263 | 0.87022E+07  | 0.505426+07   | 0.23896E+( | 08-0.10488E+08.  | -0.16234E+06  | 0.64563E+07  |
| 39265 | 0.98463E+07  | 0.505426+07   | 0.23896E+( | 08-0.10488E+08-  | -0.16234E+06  | 0.64563E+07  |
| 39265 | 0.984635+07  | 0.590146+07   | 0.26821E+( | 08-0.96404E+07   | -87337.       | 0.32548E+07  |
| 39267 | 0 109145+00  | 0.596146+07 ( | 0.26821E+( | 08-0.96404E+07   | -87337.       | 0.32548E+07  |
| 39267 | 0 100145-00  | 0.08819E+07 ( | 0.29481E+0 | 08-0.89138E+07   | -35857.       | 0.45492E+06  |
| 39272 | 0.170218103  | 0.08819E+07 ( | 0.29481E+C | 8-0.89138E+07    | -35857.       | 0.45492E+06  |
| 55212 | 0.4/031E+0/  | 0.3//36E+07 ( | 0.11870E+0 | 8-0.94264E+07    | 43880(        | 0.44478E+07  |
|       |              |               |            |                  |               |              |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

| NODE<br>39274<br>39279<br>39281<br>39286<br>39288<br>39293<br>39295<br>39300<br>39302<br>39300<br>39302<br>39304<br>39316 | SX<br>0.70776E+07<br>0.48727E+07<br>0.70497E+07<br>0.50494E+07<br>0.52260E+07<br>0.53945E+07<br>0.69747E+07<br>0.69436E+07<br>0.69555E+07<br>0.69555E+07<br>0.58005E+07<br>0.70980E+07 | SY<br>0.52770E+07<br>0.35799E+07<br>0.48381E+07<br>0.34155E+07<br>0.44156E+07<br>0.33134E+07<br>0.32860E+07<br>0.32860E+07<br>0.38815E+07<br>0.34337E+07<br>0.38570E+07<br>0.35638E+07 | $\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$ | SYZ<br>7E+07 -19692.<br>3E+08 47032.<br>3E+07 -28405.<br>E+08 57916.<br>3E+08 65449.<br>E+08 65449.<br>E+08 74522.<br>E+08 74522.<br>E+08 69455.<br>E+08 69455.<br>E+08 86278.<br>E+08 86278.<br>E+08 -67998. | SXZ<br>-0.25731E+07<br>-0.44542E+07<br>-0.20498E+07<br>-0.43021E+07<br>-0.39713E+07<br>-0.39713E+07<br>-0.356497E+06<br>-0.34415E+07<br>0.35652E+06<br>-0.27205E+07<br>0.12576E+07<br>-0.18812E+07<br>0.17398E+07 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| 3932<br>3933<br>3933<br>3933<br>3934<br>3934<br>3935<br>3935<br>3935 | 3 0.10834E+08<br>5 0.10494E+08<br>0 0.10922E+08<br>2 0.11025E+08<br>7 0.10912E+08<br>9 0.11499E+08<br>9 0.11499E+08<br>6 0.10820E+08<br>0 0.10688E+08<br>8 0.12304E+08<br>0 0.12681E+08<br>0 0.12681E+08<br>0 0.12681E+08<br>0 0.12681E+08<br>0 0.12681E+07<br>0.52005E+07<br>0.81511E+07<br>0.60626E+07<br>0.92775E+07<br>0.67914E+07 | 0.67116E+07 0.29384E+08-0.83225E+07-0.15397E+06-0.10142E+06<br>0.64731E+07 0.29108E+08-0.79499E+07-0.10963E+06-0.37455E+06<br>0.61834E+07 0.27447E+08-0.85370E+07-0.50323E+06 0.19099E+07<br>0.60104E+07 0.27837E+08-0.80309E+07-0.59923E+06 0.10830E+07<br>0.55969E+07 0.25237E+08-0.87923E+07-0.86461E+06 0.43003E+07<br>0.55229E+07 0.26315E+08-0.81050E+07-0.10957E+07 0.28504E+07<br>0.50219E+07 0.22924E+08-0.91048E+07-0.11976E+07 0.70147E+07<br>0.50248E+07 0.22932E+08-0.81870E+07-0.15624E+07 0.49082E+07<br>0.44586E+07 0.22931E+08-0.82760E+07-0.16610E+07 0.99123E+07<br>0.45718E+07 0.22991E+08-0.82760E+07-0.16610E+07 0.12716E+08<br>0.40650E+07 0.21555E+08-0.83803E+07-0.22140E+07 0.93351E+07<br>0.33551E+07 0.21555E+08-0.83926E+07-0.23513E+07 0.11196E+08<br>0.40650E+07 0.21370E+08-0.83926E+07-0.23513E+07 0.11196E+08<br>0.45263E+07-0.54510E+07-0.68790E+07 0.16190E+07-0.93464E+07<br>0.45229E+07-0.41904E+07-0.76764E+07 0.22139E+07-0.68680E+07<br>0.42529E+07-0.41904E+07-0.76764E+07 0.22356E+07-0.10729E+08<br>0.49493E+07-0.78536E+06-0.74078E+07 0.23856E+07-0.79392E+07<br>0.4252449E+07-0.27150E+07-0.83886E+07 0.22354E+07-0.79392E+07<br>0.425244E+07-0.77395E+06-0.78851E+07 0.223541E+07-0.99410E+07<br>0.4252449E+07-0.27150E+07-0.83885E+07 0.223541E+07-0.99410E+07<br>0.42648E+07-0.73795E+06-0.78851E+07 0.225241E+07-0.990410E+07<br>0.42648E+07-0.11147E+07-0.90122E+08 |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 39390                                                                | 0.92775E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | .48944E+07 0.73795E+06-0 78951E+07 0.10505E+07-0.12199E+08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 39395                                                                | 0.67914E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 41268E+07-0 11147E+07 0.25241E+07-0.90410E+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 39397                                                                | 0.10212E+08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 47206E+07 0.11147E+07-0.90123E+07 0.19046E+07-0.13638E+08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | .1/200E+07 0.23207E+07-0.82070E+07 0.26082E+07-0.10114E+08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X, Y, Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

| NODE  | SX             | SY            | 67              |             |               |               |  |
|-------|----------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|--|
| 39402 | 0.73075E+07    | 0.390805+07   | 0 500500.00     | SXY         | SYZ           | SXZ           |  |
| 39404 | 0.10786E+08    | 0 441665+07   | 0.386595+06-    | 0.94513E+0  | 7 0.19177E+0  | 7-0.14890E+08 |  |
| 39409 | 0.74035E+07    | 0.35642E+07   | 0.39100E+07-    | 0.82971E+0  | 7 0.26118E+0  | 7-0.11032E+08 |  |
| 39411 | 0.10694E+08    | 0.395975+07   | 0.234976+07-    | 0.95543E+0  | 7 0.18487E+0  | 7-0.15674E+08 |  |
| 39416 | 0.68840E+07    | 0.302055107   | 0.54/3/E+07-    | 0.80211E+0  | 7 0.25231E+0  | 7-0.11612E+08 |  |
| 39418 | 0.95715E+07    | 0.324005107   | 0.41976E+07-    | 0.90632E+0  | 7 0.16964E+0  | 7-0.15553E+08 |  |
| 39566 | 0.20423E+08    | 0.207845+00   | 0.692/4E+07-    | 0.72095E+0  | 7 0.22794E+0  | 7-0.11537E+08 |  |
| 39566 | 0.27100E+08    | 0 307105+00   | 0.46482E+07-    | 0.26568E+08 | 3 0.27637E+08 | 3-0.74781E+07 |  |
| 39566 | 0.38843E+08    | 0.350295108   | 0.22/55E+08-    | 0.29924E+08 | 3-0.40626E+0  | 7 0.76129E+07 |  |
| 39568 | 0.15607E+08    | 0.453895+08   | 0.35056E+08-0   | 0.26765E+08 | 3-0.33142E+08 | 3 0.22207E+08 |  |
| 39572 | 0.13832E+08    | 0.14844E+09   | 0.193565+08-0   | 0.10213E+08 | 0.50330E+06   | 5 0.85301E+07 |  |
| 39572 | 0.87928E+07    | 0.829915+07   | 0.20/9/E+08-0   | 0.10814E+08 | 0.17716E+08   | 3-0.13177E+08 |  |
| 39572 | 0.39705E+07    | 0.22322E+07-  | 0.10943E+08-(   | 0.10633E+08 | 0.21469E+07   | -0.95069E+07  |  |
| 39575 | 0.95059E+07    | 0.15728F+07   | 0.606001E+07-(  | 0.11569E+08 | -0.12503E+08  | -0.64578E+07  |  |
| 39579 | 0.68844E+07    | 0.11809E+08   | 0.1400053E+07-( | .55274E+07  | 0.41658E+07   | -0.11082E+08  |  |
| 39579 | 0.11189E+08    | 0.14381E+08   | 0.151918408-0   | 1/644E+08   | 0.20820E+08   | -0.67508E+07  |  |
| 39581 | 0.51889E+07    | 0.12568E+08   | 0.131016+08-0   | 18904E+08   | -0.21269E+08  | 0.33774E+07   |  |
| 39581 | 0.16896E+08    | 0.24026E+08   | 0.302622400     | 19065E+08   | 0.24197E+08   | -0.18657E+07  |  |
| 39596 | -0.78962E+07-  | 0.10942E+08-  | 0 138045108-0   | .20938E+08  | -0.24481E+08  | 0.10681E+08   |  |
| 39596 | -0.78962E+07-  | 0.10942E+08-  | 0 138045+08-0   | .44691E+07  | 0.10074E+07   | -0.10562E+08  |  |
| 39596 | -0.78962E+07-  | 0.10942E+08-  | 0.13804E+08-0   | .44691E+07  | 0.10074E+07   | -0.10562E+08  |  |
| 39598 | 0.28987E+07    | 0.60486E+06   | 0 999415+07 0   | .44691E+07  | 0.10074E+07   | -0.10562E+08  |  |
| 39598 | 0.28987E+07    | 0.60486E+06   | 0.99941E+07-0   | .82428E+07  | 0.28121E+06   | -0.16123E+08  |  |
| 39601 | -0.25238E+06-  | 0.40357E+07   | 0.74227E+07-0   | .82428E+07  | 0.28121E+06   | -0.16123E+08  |  |
| 39601 | -0.25238E+06-0 | 0.40357E+07 ( | 0.74227E+07-0   | -10233E+07  | 0.85985E+07   | -0.60509E+07  |  |
| 39605 | 0.51435E+07 (  | 0.16144E+07 ( | ).94913E+07-0   | .10233E+07  | 0.85985E+07   | -0.60509E+07  |  |
| 39608 | 0.10504E+08 (  | 0.27614E+07 ( | .33502E+08-0    | · J0384E+07 | 0.40489E+07   | -0.15989E+08  |  |
| 39608 | 0.10504E+08 (  | 0.27614E+07 ( | 33502E+08-0     | · 434526+07 | 0.13601E+07   | 0.28571E+08   |  |
| 39608 | 0.10504E+08 (  | 0.27614E+07 ( | .33502E+08-0    | · 43452E+07 | 0.13601E+07   | 0.28571E+08   |  |
| 39610 | -0.83212E+07-0 | 0.77084E+07 0 | 57899E+07-0     | · 43432E+07 | 0.13601E+07   | 0.28571E+08   |  |
| 39610 | -0.83212E+07-0 | 0.77084E+07 C | 57899E+07-0     | 204028+07   | 0.10924E+08   | 0.12735E+08   |  |
| 39613 | 0.42277E+07 0  | ).19541E+07 C | .12686E+08-0    | 151102407   | 0.10924E+08   | 0.12735E+08   |  |
| 39613 | 0.42277E+07 C  | .19541E+07 0  | 12686E+08-0     | 151100+08-  | 0.77009E+06   | 0.21176E+08   |  |
| 39617 | 0.10811E+08 0  | .59280E+07 0  | 219395+08-0     | 112610-00   | 0.77009E+06   | 0.21176E+08   |  |
| 39621 | 0.79052E+07-0  | .22719E+06 0  | 28490E+08-0     | 220275102   | 0.61646E+06   | 0.15270E+08   |  |
|       |                |               | U.              | 3203/E+07   | 98272.        | 0.12563E+08   |  |

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

|   | NODE  | CY          | C.V.            |                |             |               |              |
|---|-------|-------------|-----------------|----------------|-------------|---------------|--------------|
|   | 39621 | 0 700500    | SI              | SZ             | SXY         | SYZ           | SX7          |
|   | 20622 | 0.79052E+   | -07-0.22719E+06 | 0.28490E+08-0  | .32037E+07  | 98272         | 0 125635+00  |
|   | 39023 | 0.25284E+   | 07-0.54195E+07  | 0.15019E+08-0  | .42780E+07  | 0.37596E+06   | 0 633075+07  |
|   | 39623 | 0.25284E+   | 07-0.54195E+07  | 0.15019E+08-0  | .42780E+07  | 0 375965+06   | 0.633076+07  |
|   | 39628 | -0.45409E+  | 07-0.85439E+07  | 0.85481E+07-0  | 340005+07   | 0.373905+00   | 0.63387E+07  |
|   | 39630 | -0.60850E+  | 07-0.77641E+07  | 0.11867E+08-0  | 30204E+07   | 0.730146+07   | 0.9/4/3E+06  |
|   | 39637 | 0.69109E+   | 07 0.42269E+07  | 0.19806E+08-0  | 114500,00   | 0.9/20/E+0/   | 0.42379E+07  |
|   | 39639 | 0.51049E+   | 07 0.18994E+07  | 0 157965+08-0  | 10205 D+08  | -0.29303E+06  | 0.43644E+07  |
|   | 39656 | -0.26557E+  | 07-0.57327E+07  | -0 146612406-0 | .10295E+08  | -87927.       | 0.12383E+07  |
|   | 39656 | -0.23006E+  | 07-0.55552E+07  | 0.140016406-0  | .19936E+07  | 0.42331E+06-  | -0.55883E+06 |
|   | 39656 | -0.30109E+  | 07-0 59102E+07  | 0.991366+06-0  | .18891E+07  | 0.24381E+06-  | 0.20576E+06  |
|   | 39658 | 0.39826E+   | 07 0 075600.07  | -0.12846E+07-0 | .20982E+07  | 0.60281E+06-  | 0.91189E+06  |
|   | 39658 | 0.39826E+   | 07 0.975695+07  | 0.32/35E+07-0  | .93137E+07  | -0.15718E+06  | 0.43267E+07  |
|   | 39661 | 0 9729654   | 07 0.97569E+07  | 0.32735E+07-0  | .93137E+07- | -0.15718E+06  | 0.43267E+07  |
|   | 39663 | 0.972005+   | 07 0.11154E+08  | 0.23056E+08-0  | .89866E+07  | 26752.        | 0.62355E+07  |
|   | 39660 | 0.9008764   | 07 0.14235E+08  | 0.16115E+08-0  | .11851E+08  | 0.21333E+06   | 0.43902E+07  |
|   | 39660 | -0.20755E+  | 0/ 0.62048E+07  | 0.13710E+08-0  | .15813E+07- | -0.15364E+08  | 0.304355+07  |
|   | 20672 | -0.37294E+  | 07-0.34581E+07  | 0.10855E+08-0  | .50501E+06- | -0.11485E+08  | 0 499395+07  |
|   | 39672 | 0.75897E+0  | 07 0.15198E+08  | 0.15021E+08-0  | .97983E+07- | 0 55029E+07   | 0.433306407  |
|   | 396/6 | 0.99661E+0  | 07 0.12882E+08  | 0.12274E+08-0  | 12188E+08-  | 0 469675+07   | 0.423535+07  |
|   | 39699 | 0.75031E+(  | 07 0.20713E+07  | 0.22137E+08-0  | 20953E+07-  | 0.5403076+07  | 0.48776E+07  |
|   | 39699 | 0.75031E+(  | 07 0.20713E+07  | 0.22137E+08-0  | 200525107   | 0.540381+06-  | 0.16721E+08  |
|   | 39699 | 0.75031E+(  | 07 0.20713E+07  | 0.22137E+08-0  | 200535-07-  | 0.548385+06-  | 0.16721E+08  |
|   | 39701 | 0.59686E+(  | 06-0.14339E+06  | 0 180885+07-0  | 20953E+07-  | 0.54838E+06-  | 0.16721E+08  |
|   | 39701 | 0.59686E+0  | 06-0.14339E+06  | 0 190905+07 0  | 915265+07   | 0.50221E+06-  | 0.16383E+08  |
|   | 39704 | -0.15824E+0 | 7-0.48778E+07   | 0.205215107-0  | 91526E+07   | 0.50221E+06-  | 0.16383E+08  |
| - | 39704 | -0.15824E+0 | 7-0 48778E+07   | 0.205216+07-0. | 22463E+06-  | 0.61303E+07-  | 0.10954E+08  |
| 1 | 39709 | 0.40724E+0  | 7 0 217205+07   | 0.28521E+07-0. | 22463E+06-  | 0.61303E+07-  | 0.10954E+08  |
| - | 39711 | 0.519718+0  | 7 0 921020010   | 0.8339/E+07-0. | 59145E+07   | 0.44878E+06-  | 0.12513E+08  |
| 1 | 39716 | 0.123675+0  | 7-0 525715.07   | 0.96148E+07-0. | 34369E+07   | 0.14884E+07-0 | 0.78995E+07  |
| - | 39716 | 0.123675+0  | 7-0.53571E+07   | 0.11195E+08-0. | 33050E+07   | 0.76547E+06-0 | 0.68364E+07  |
| - | 30719 | -0 41900000 | 7-0.535/1E+07   | 0.11195E+08-0. | 33050E+07   | 0.76547E+06-0 | 0.68364E+07  |
| - | 20710 | -0.41009E+0 | 6-0.57618E+07   | 0.66809E+07-0. | 34442E+07   | 0.65816E+06-0 | 1.45333E+07  |
| 1 | 0722  | -0.41809E+0 | 6-0.57618E+07   | 0.66809E+07-0. | 34442E+07   | 0.65816E+06-0 | 45333E+07    |
|   | 0725  | -0.36150E+0 | 7-0.86074E+07   | 0.90966E+07-0. | 13959E+07-  | 0.66443E+07-0 | 315055407    |
|   | 0721  | -0.39193E+0 | 7-0.67695E+07   | 0.12220E+08-0. | 73821E+06-  | 0.70048E+07-0 | 59161ELOC    |
|   | 9/31  | 0.78511E+0  | 7 0.57002E+07   | 0.21710E+08-0. | 76544E+07   | -67/3 0       | - 30101E+06  |
| 5 | 9735  | 0.50050E+0  | 7 0.13804E+07   | 0.16195E+08-0  | 790035+07   | -9107 6       | 122454E+07   |
|   |       |             |                 |                |             | -(            | .1/369E+07   |
|   |       |             |                 |                |             |               |              |

| NODE                     | 38264                            | 39596                  | 23920                 | 39566               | 39566                | 39242                |  |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--|
| VALUE                    | -0.10220E+08-0                   | .10942E+08-0           | .25217E+08-(          | 0.29924E+08-        | -0.33142E+08-        | 0.20902E+08          |  |
| MAXIMUM<br>NODE<br>VALUE | VALUES<br>17222<br>0.40921E+08 0 | 17222<br>0.84102E+08 0 | 36882<br>.55621E+08 ( | 31339<br>.20773E+08 | 10098<br>0.27791E+08 | 39608<br>0.28571E+08 |  |

STALTSTARADA ۱

# LAMPIRAN C PERHITUNGAN K<sub>I</sub> TIAP NODE
## K. Dari Persamaan Irwin Dengan Menggunakan Teg. Lokal Maximum

| 4                                       | 1 |
|-----------------------------------------|---|
| 5                                       | 1 |
| 8                                       | 1 |
|                                         | I |
| ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~ |   |
| 片                                       |   |
| ¥                                       |   |
| ~                                       |   |
| 5                                       |   |
| -                                       |   |
| 9                                       |   |
| ≤                                       |   |
| Z                                       | l |
| Z                                       |   |
| 2                                       |   |
| 2                                       |   |
| _                                       |   |
| 3                                       |   |
| 21                                      |   |
| 귀                                       |   |
| _                                       |   |

| 2.44E+07<br>3.538492096<br>4ASIL RUNNING DI NO | SV           |             |              |             |            |        |
|------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------|
| 2.44E+07<br>3.538492086<br>4ASIL RUNNING DI NO |              | 28          | SXV          | CV3         | 204        |        |
| 3.538492086<br>4ASIL RUNNING DI NO             | 2 57F+07     | 2 075107    | Lico C       | 210         | TYP        | SATUAN |
| ASIL RUNNING DI NC                             | 0 700707000  | 101310.7    | 10+312.2-    | -5.02E+06   | 6.49E+06   | Pa     |
| <b>HASIL RUNNING DI NC</b>                     | 0.128/8/200  | 4.31E+00    | -3.21E+00    | -7.28E-01   | 9.41E-01   | ksi    |
|                                                | DE 38801     |             |              |             |            |        |
| SX                                             | SV           | 23          | SXV          | CU1         |            |        |
| 2.32E+07                                       | 8.44E+06     | 2 38F+07    | 1 DEFLOT     | 0.001.00    | SXC        | SATUAN |
| 3 36705717                                     | 1 222012001  |             | Intage.      | -2.38E+06   | 7.86E+06   | Pa     |
| 11 100 100:0                                   | 1000100771   | 3.45E+00    | -1.95E+00    | -3.47E-01   | 1.14E+00   | ksi    |
| ASIL RUNNING DI NO                             | DE 39568     |             |              |             |            |        |
| SX                                             | SY           | 52          | CVV          | 0110        |            |        |
| 1 56F+07                                       | A EAELOO     | 1047.04     | IVO          | 210         | SXZ        | SATUAN |
| 10-100-0                                       | 4.045+00     | 1.940+07    | -1.02E+07    | 5.03E+05    | 8.53E+06   | Da     |
| 2.20C100                                       | 8/82128000   | 2.807355528 | -1.481273094 | 0.07299763  | 1.23718864 | ksi    |
| ASIL RUNNING DI NOI                            | DE 38796     |             |              |             |            |        |
| SX                                             | SV           | 27          | evu -        |             |            |        |
| 1 455+07                                       | 3 825100     | 1001-01     | IVO          | 572         | SXZ        | SATUAN |
| 10030501 0                                     | 0.00000000   | Z.UZE+U/    | -9.22E+06    | -1.37E+06   | 1.13E+07   | Pa     |
| 1000001.1                                      | 4/0020000/14 | 2.9297676   | -1.33767097  | -0.19861504 | 1.63501337 | ksi    |
| ASIL RUNNING DI NOC                            | DE 893       |             |              |             |            |        |
| SX                                             | SV           | 82          | SXV          | ev3         | ALC:       |        |
| 1.85E+07                                       | 4.37E+06     | 2.25F+07    | -0 MEADO     | 1 701.00    | SAC        | SATUAN |
| 2.68F+00                                       | R 32E 04     | 00.100.0    | 0.1110       | -1./bE+U6   | 7.19E+06   | Pa     |
|                                                | 0.000-0      | 0.40E+UU    | -1.31E+00    | -2.55E-01   | 1.04F+00   | lei    |

|           | Intel Bowling        | (IIIA ISN) (Ko)       | 1 4 4000       | 4.14000         |             | 3 84852     |               | 000000                                  | 2.2000      | 010000       | 2.00218                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              | 2.50310        |
|-----------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|
|           | K1 (crx) (ksi/in) k4 | and first south front | 7 87444        | 11110.1         | 0 06704     | LAJON'S     |               | 7.17525                                 | 0.00        | DCACA D      | 07474.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 11 00100     | 11.00108       |
|           | COS 38/2             |                       | *              |                 | 1 30002744  | 1617700000  | 0.75 ADADADAD | -0.1 34020353                           |             | -0.754618328 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -0.186205221 | 1 3300 3300 10 |
| COM SO IN | 210C NIC             | •                     | 0              | a or seasons in | 0.85383205  |             | D RERIETED    | 000000000                               | 0.000000000 | 888501000.0  | And a second sec | E/80102386.0 |                |
| SIN AP    |                      | 0                     |                | 1 400040004     | 180010001-0 | 00000000C U | 1/00/007/0    |                                         | 0 773332055 | 200000210    | 0 552050474                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 471 0000000  |                |
| COS 8/2   |                      | +                     |                | 0 91228080      | 00004410-0  | O RONADAAD  | 0110100000    | 000000000000000000000000000000000000000 | CCCREDED O  |              | 0 83314701                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1041 0000    |                |
| r (inch)  |                      | 128L//8081.0          | COCCUPACION OF | 89797/ 970      |             | 0.210558744 |               | 1 424407407                             | 104101124.0 |              | 0.420830524                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                |
| SUDUT     | •                    | D                     | 48 200007      | 100000.01       | 021100000   | 92.0614/2   |               | 97 661354                               | 500-00-120  | 87 4E4070    | 212401.10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                |
| BDON      | 8814                 | 1                     | 38801          | 10000           | 20500       | DOCAC       |               | 38796                                   |             | 202          | 200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                |
| DAL       |                      |                       | 2              | -               | ~           | 2           |               | 4                                       |             |              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                |

## K. Dari Persamaan Irwin Dengan Menggunakan Teg. Lokal Minimum

 SXY
 SYZ
 SYZ
 SYZ

 -9.04E+06
 -1.76E+06
 7.19E+06
 -1.31E+00

 -1.31E+00
 -2.55E-01
 1.04E+06

ksi Pa

| SX          | NS NS      | C7       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |          |         |
|-------------|------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|---------|
|             |            | 35       | IVe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 212       | CX2      | CATHINA |
| 1.436+07    | 1.51E+07   | 1 745+07 | 1 205-07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 100.110.0 |          | NINDING |
| CONCEPTED C |            | 10.11.11 | Intane"-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -2.94E+06 | 3.80E+06 | Da      |
| 87001A410.7 | 2.18717304 | 2 53F+00 | 1 BBELON                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10770 1   |          |         |
|             |            |          | 00-100'I-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 10-3/2.4- | 5.52E-01 | (e)     |
| SX          | NS.        | 63       | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |         |
|             |            | 20       | SAT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | SYZ       | CX2      | CATHAN  |
| 1.36E+07    | 4.95E+06   | 1 395407 | 7 005.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 100.101   | -        | NHOING  |
| 1 010001101 |            | 10       | ONTENE. 1-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | -1.40E+06 | 4.61F+06 | -       |
| 4877044JR.1 | 0.71751749 | 2.02E+00 | -1 1KELOO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | TO LIVE   |          |         |
|             |            |          | THE PARTY OF THE P |           |          |         |

|      | г   |
|------|-----|
|      |     |
|      | E   |
|      |     |
|      |     |
|      |     |
|      |     |
| - 00 |     |
| - 10 |     |
| -    |     |
| 6    |     |
| - 26 |     |
| 0.0  |     |
|      |     |
|      | £.) |
|      |     |
| -    |     |
| -    |     |
|      |     |
| -    |     |
| 6.3  |     |
| *    |     |
| 2    |     |
| _    |     |
|      | -   |
| 0    |     |
| -    |     |
|      |     |
| (7)  |     |
| -    |     |
|      |     |
| -    |     |
|      |     |
| ~    |     |
|      |     |
| 2    |     |
|      | н   |
|      | r   |
| ~    |     |
| 14   |     |
| _    |     |
| - 11 |     |
| _    |     |
| 77   |     |
| SO 1 |     |
| - 21 |     |
| -    |     |
|      |     |
| -    |     |
|      |     |
|      |     |

| +08         2.66E+06         1.14E+07         -5.98E+06         2.95E+05           +00         0.386033141         1.6461813         -0.888033741         0.4235550         0 |     |             | 70           | SXY       | 247        | CV3        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------|--------------|-----------|------------|------------|
| +00 0.386033141 1.6481813 -0 88803374 0.0386033141 1.6481813 -0 888033574 0.0336033141 1.6481813 -0 88803574 0.04505550 0.0                                                   | 80+ | 2 885.00    |              |           | 200        | and        |
| +00 0.386033141 1.6481813 -0 888603574 0.0496603                                                                                                                              | 3   | 2.005100    | 1.145+0/1    | -F 00F108 | 20012000   | - 001 - 00 |
| TUU U.386033141 1.64618131 _0 88803574 0 04305574                                                                                                                             | -   |             |              | 201000    | C01308.2   | 0.00E+06   |
|                                                                                                                                                                               | 3   | 0.386033141 | 1 R4818121 0 | 122000000 | 0010000000 |            |
| 0 00000760 0 00000000 00000000000000000                                                                                                                                       |     |             | - CIDIDED:   | 4/000000  | 0.04280506 | 0.72546557 |

SATUAN Pa

| 8.50E+06 2.25E+06 1.18E+07 -5<br>232735977 0.325813363 1.71707E14 0.70 | eve -            | and a   |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|
| 0.30E+00 2.25E+06 1.18E+07 -5<br>232735977 0.325813383 1.71707E44 0.76 | 316              | SXC     |
| 232735977 0.325813363 1 71707614 0 70                                  | LTOO O DOLLOL    |         |
| (32/358// 0.3258133631 1 717076141 A 761                               | C100 -0.03E+05   | 6 61 F+ |
|                                                                        |                  |         |
| - 110/01/11 0000000000000000000000000000                               | 4512 -0.11646116 | 0 05878 |

| NODE 893   | SY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RUNNING DI | SX | and the second s |
| HASIL      |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| 0.00000 | SATUAN    |           | -          |          | Lal       | Ieu     |
|---------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|---------|
| CV3     | TVC       | 1 000-000 | 4.225+06   |          | R 125-01  | 0.141.0 |
| CV2     | 400       | 1 021100  | 001001-    |          | -1.50E-01 |         |
| SXY     |           | 5 30F+08  | 20.100.0   | 1001 01  | 10-380.7- |         |
| 27      | 10 100 1  | 1.326+07  |            |          | 1.01      |         |
| 10      | 2 201.700 | 2.00ETU0  |            | 3 715-01 |           |         |
| NO.     | 1 DRE+07  | 10.1001   | 4 575 .001 | 00+3/0'I |           |         |
|         |           |           |            |          |           |         |



LAMPIRAN D OUTPUT TEGANGAN UNTUK PLATE comp max rek2

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* (PEMBEBANAN MAKSIMUM MODEL PLATE) PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

SY 57 SXY 39402 0.73075E+08 0.39080E+08 0.58659E+07-0.94513E+08 0.19177E+08-0.14890E+09 39404 0.10786E+09 0.44166E+08 0.39100E+08-0.82971E+08 0.26118E+08-0.11032E+09 39409 0.74035E+08 0.35642E+08 0.23497E+08-0.95543E+08 0.18487E+08-0.15674E+09 39411 0.10694E+09 0.39587E+08 0.54737E+08-0.80211E+08 0.25231E+08-0.11612E+09 39416 0.68840E+08 0.30205E+08 0.41976E+08-0.90632E+08 0.16964E+08-0.15553E+09 39418 0.95715E+08 0.32409E+08 0.69274E+08-0.72095E+08 0.22794E+08-0.11537E+09 39566 0.20423E+09 0.20784E+09 0.46482E+08-0.26568E+09 0.27637E+09-0.74781E+08 39566 0.27100E+09 0.30710E+09 0.22755E+09-0.29924E+09-0.40626E+08 0.76129E+08 39566 0.28843E+09 0.25029E+09 0.25056E+09-0.26765E+09-0.23142E+09 0.12207E+09 39568 0.15607E+09 0.45389E+08 0.19356E+09-0.10213E+09 0.50330E+07 0.85301E+08 39572 0.13832E+09 0.14844E+09 0.26797E+09-0.10814E+09 0.17716E+09-0.13177E+09 39572 0.87928E+08 0.82991E+08 0.10943E+09-0.10633E+09 0.21469E+08-0.95069E+08 39572 0.39705E+08 0.22322E+08-0.68051E+08-0.11569E+09-0.12503E+09-0.64578E+08 39575 0.95059E+08 0.15728E+08 0.68633E+08-0.55274E+08 0.41658E+08-0.11082E+09 39579 0.68844E+08 0.11809E+09 0.14098E+09-0.17644E+09 0.20820E+09-0.67508E+08 39579 0.11189E+09 0.14381E+09 0.15181E+09-0.18904E+09-0.21269E+09 0.33774E+08 39581 0.51889E+08 0.12568E+09 0.93405E+08-0.19065E+09 0.24197E+09-0.18657E+08 39581 0.16896E+09 0.24026E+09 0.30262E+09-0.20938E+09-0.24481E+09 0.10681E+09 39596 -0.78962E+08-0.10942E+09-0.13804E+09-0.44691E+08 0.10074E+08-0.10562E+09 39596 -0.78962E+08-0.10942E+09-0.13804E+09-0.44691E+08 0.10074E+08-0.10562E+09 39596 -0.78962E+08-0.10942E+09-0.13804E+09-0.44691E+08 0.10074E+08-0.10562E+09 39598 0.28987E+08 0.60486E+07 0.99941E+08-0.82428E+08 0.28121E+07-0.16123E+09 39598 0.28987E+08 0.60486E+07 0.99941E+08-0.82428E+08 0.28121E+07-0.16123E+09 39601 -0.25238E+07-0.40357E+08 0.74227E+08-0.16233E+08 0.85985E+08-0.60509E+08 39601 -0.25238E+07-0.40357E+08 0.74227E+08-0.16233E+08 0.85985E+08-0.60509E+08 39605 0.51435E+08 0.16144E+08 0.94913E+08-0.56384E+08 0.40489E+08-0.15989E+09 39608 0.10504E+09 0.27614E+08 0.33502E+09-0.43452E+08 0.13601E+08 0.28571E+08 39608 0.10504E+09 0.27614E+08 0.33502E+08-0.43452E+08 0.13601E+08 0.28571E+08 39608 0.10504E+09 0.27614E+08 0.33502E+09-0.43452E+09 0.13601E+08 0.28571E+09 39610 -0.83212E+08-0.77084E+08 0.57899E+08-0.20402E+09 0.10924E+09 0.12735E+09 39610 -0.83212E+08-0.77084E+08 0.57899E+08-0.20402E+09 0.10924E+09 0.12735E+09 39613 0.42277E+08 0.19541E+08 0.12686E+09-0.15110E+08-0.77009E+07 0.21176E+09 39613 0.42277E+08 0.19541E+08 0.12686E+09-0.15110E+09-0.77009E+07 0.21176E+09 39617 0.10811E+09 0.59280E+08 0.21939E+09-0.11361E+09 0.61646E+07 0.15270E+09 39621 0.79052E+08-0.22719E+07 0.28490E+09-0.32037E+08 98272. 0.12563E+09

MINIMUM VALUES

NODE

SX

NODE 38264 39596 23920 39566 39566 39242 VALUE -0.10220E+09-0.10942E+09-0.25217E+09-0.29924E+09-0.33142E+09-0.20902E+09

MAXIMUM VALUES

NODE 17222 17222 36882 31339 10098 VALUE 0.40921E+09 0.84102E+09 0.55621E+09 0.20773E+09 0.27791E+09 0.28571E+09 39608

\*\*\*\*\* POST1 NODAL STRESS LISTING \*\*\*\*\* PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 SHELL NODAL RESULTS ARE AT TOP/BOTTOM FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

| NODE  | SX             | SY            | 0.7             | E135        |                |             |
|-------|----------------|---------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| 39402 | 0.42850E+08    | 0.22916F+09   | 0 343075407 0   | SXY         | SYZ            | SXZ         |
| 39404 | 0.63245E+08    | 0.258995+08   | 0.34397E+07-0   | .55421E+08  | 0.11245E+08-   | 0.87314E+08 |
| 39409 | 0.43413E+08    | 0.200005+08   | 0.229276+08-0   | .48653E+08  | 0.15315E+08-   | 0.64688E+08 |
| 39411 | 0.62711E+08    | 0.232135+08   | 0.13//8E+08-0   | .56025E+08  | 0.10840E+08-   | 0.91910E+08 |
| 39416 | 0.40367E+08    | 0.177125+08   | 0.32097E+08-0   | .47035E+08  | 0.14795E+08-   | 0.68089E+08 |
| 39418 | 0.56126E+08    | 0 1900/E+08   | 0.24614E+08-0   | .53146E+08  | 0.99473E+07-   | 0.91199E+08 |
| 39566 | 0.11976E+09    | 0.121885+00   | 0.406216+08-0   | .42275E+08  | 0.13366E+08-   | 0.67651E+08 |
| 39566 | 0.15891E+09    | 0.18008E+09   | 0.12242565+08-0 | .15579E+09  | 0.16206E+09-   | 0.43851E+08 |
| 39566 | 0.17777E+09    | 0.04540E+09   | 0.133436+09-0.  | .17547E+09. | -0.23823E+08   | 0.44641E+08 |
| 39568 | 0.91520E+08    | 0.26616E+08   | 0.04556E+09=0.  | .05695E+09. | -0.13434E+09   | 0.17022E+09 |
| 39572 | 0.81108E+08    | 0.87042E+08   | 0.113306+09-0.  | 59888E+08   | 0.29513E+07    | 0.50019E+08 |
| 39572 | 0.51560E+08    | 0.486655+08   | 0.15714E+09-0.  | 63411E+08   | 0.10389E+09-0  | 0.77270E+08 |
| 39572 | 0.23282E+08    | 0.13089E+08-  | 0.04109E+08-0.  | 62351E+08   | 0.12589E+08-0  | 0.55747E+08 |
| 39575 | 0.55742E+08    | 0.92226E+07   | 0.102455.00 0   | 6/840E+08-  | -0.73316E+08-0 | 0.37868E+08 |
| 39579 | 0.40369E+08    | 0.69245E+08   | 0.40245E+08-0.  | 32412E+08   | 0.24428E+08-0  | ).64984E+08 |
| 39579 | 0.65612E+08    | 0.84331E+08   | 0.890225108-0.  | 10346E+09   | 0.12209E+09-0  | ).39586E+08 |
| 39581 | 0.30427E+08    | 0.73696E+08   | 0.547725+08-0.  | 11085E+09-  | ·0.12472E+09 ( | ).19805E+08 |
| 39581 | 0.99078E+08    | 0.14088E+09   | 0 177455+00-0   | 111/96+09   | 0.14189E+09+0  | ).10940E+08 |
| 39596 | -0.46302E+08-  | 0.64161E+08-  | 0.809445+09-0   | 122/86+09-  | 0.14355E+09 (  | ).62632E+08 |
| 39596 | -0.46302E+08-  | 0.64161E+08-  | 0.80944E+08-0   | 26206E+08   | 0.59074E+07-0  | ).61936E+08 |
| 39596 | -0.46302E+08-  | 0.64161E+08-  | 0.80944E+08=0.  | 26206E+08   | 0.59074E+07-C  | .61936E+08  |
| 39598 | 0.16998E+08    | 0.35468E+07   | 0.58604E+08=0.  | 20200E+08   | 0.59074E+07-0  | .61936E+08  |
| 39598 | 0.16998E+08    | 0.35468E+07   | 0.58604E+08-0   | 403335-108  | 0.16490E+07-0  | .94541E+08  |
| 39601 | -0.14799E+07-0 | 0.23665E+08 ( | 0.43526E+08-0   | 40333E+08   | 0.16490E+07-0  | .94541E+08  |
| 39601 | -0.14799E+07-0 | 0.23665E+08 ( | 0.43526E+08-0   | 95109E+07   | 0.50421E+08-0  | .35482E+08  |
| 39605 | 0.30161E+08 (  | 0.94667E+07 ( | 0.55656E+08-0   | 330635+07   | 0.50421E+08-0  | .35482E+08  |
| 39608 | 0.61592E+08 (  | 0.16193E+08 ( | 0.19645E+09-0   | 254905100   | 0.23/42E+08-0  | .93757E+08  |
| 39608 | 0.61592E+08 (  | 0.16193E+08 ( | 0.19645E+09-0   | 254000-00   | 0.79754E+07 0  | .16754E+09  |
| 39608 | 0.61592E+08 (  | .16193E+08 (  | 0.19645E+09-0   | 254805+08   | 0.79754E+07 0  | .16754E+09  |
| 39610 | -0.48794E+08-0 | .45201E+08 (  | .33951E+08-0    | 119635+00   | 0.79754E+07 0  | .16754E+09  |
| 39610 | -0.48794E+08-0 | .45201E+08 (  | .33951E+08-0    | 19635100    | 0.64057E+08 0  | .74675E+08  |
| 39613 | 0.24791E+08 C  | .11458E+08 C  | .74388E+08-0    | 28605E108   | 0.0405/E+08 0  | .74675E+08  |
| 39613 | 0.24791E+08 C  | .11458E+08 C  | .74388E+08-0    | 88605E+08-0 | 0.45157E+07 0  | .12418E+09  |
| 39617 | 0.63393E+08 C  | .34761E+08 C  | .12865E+09-0    | 6610E+08-0  | J.4515/E+07 0  | .12418E+09  |
| 39621 | 0.46355E+08-0  | .13322E+07 C  | .16706E+09-0 1  | 87965100    | 57605 E7605    | .89542E+08  |
|       |                |               |                 | 01000108    | 5/625. 0.      | .73666E+08  |

MINIMUM VALUES NODE 38264 39596 23920 39566 39566 39242 VALUE -0.59931E+08-0.64161E+08-0.14787E+09-0.17547E+09-0.19434E+09-0.12257E+09 MAXIMUM VALUES NODE 17222 17222 36882 31339 10098 39608 VALUE 0.23996E+09 0.49316E+09 0.32616E+09 0.12181E+09 0.16296E+09 0.16754E+09 LAMPIRAN E PERHITUNGAN A<sub>cr</sub>

| _     |              | Perhitu       | Ingan A     | Acr          |              |
|-------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| ao    | 2b           | a/b           | f(a/b)      | ΔΚΙ          | Gc = R       |
| 0.1   | 97 42.52598  | 43 0.00925788 | 0.125106    | 59 2.0897377 | 747 1.53E-04 |
| 0.4   | 97 42.525984 | 43 0.02336690 | 0.315769    | 04 5.2744980 | 073 9.77E-04 |
| 0.79  | 42.525984    | 43 0.03747592 | 9 0.506431  | 48 8.45925   | 84 2.51E-03  |
| 1.09  | 42.525984    | 43 0.0515849  | 5 0.697093  | 92 11.644018 | 73 4.76E-03  |
| 1.39  | 42.525984    | 0.06569397    | 1 0.887756  | 37 14.828779 | 05 7.72E-03  |
| 1.69  | 42.525984    | 3 0.07980299  | 2 1.000872  | 63 16.732823 | 28 9.83E-03  |
| 1.99  | 42.525984    | 3 0.09391201  | 3 1.002994  | 29 16.80383  | 92 9.92E-03  |
| 2.29  | 42.525984    | 3 0.10802103  | 4 1.005115  | 94 16.87500  | 55 1.00E-02  |
| 2.59  | 7 42.525984  | 3 0.12213005  | 5 1.00723   | 76 16.946322 | 18 1.01E-02  |
| 2.89  | 7 42.525984  | 3 0.13623907  | 6 1.009359  | 26 17.017789 | 24 1.02E-02  |
| 3.19  | 7 42.525984  | 3 0.15034809  | 7 1.0114809 | 17.089406    | 68 1.03E-02  |
| 3.49  | 7 42.525984  | 3 0.164457117 | 1.0136025   | 57 17.161174 | 45 1.03E-02  |
| 3.79  | 7 42.525984  | 3 0.178566138 | 1.0157242   | 17.23309     | 27 1.04E-02  |
| 4.09  | 7 42.525984  | 3 0.192675159 | 1.0178458   | 9 17.3051612 | 28 1.05E-02  |
| 4.39  | 7 42.525984  | 3 0.20678418  | 1.0199682   | 6 17.3774046 | 54 1.06E-02  |
| 4.69  | 7 42.525984  | 3 0.220893201 | 1.0220431   | 2 17.4481760 | 03 1.07E-02  |
| 4.99  | 42.525984    | 3 0.235002222 | 1.0241179   | 7 17.5190912 | 4 1.08E-02   |
| 5,29  | 42.5259843   | 0.249111243   | 1.0261928   | 3 17.5901502 | 7 1.09F-02   |
| 5.597 | 42.5259843   | 0.263220264   | 1.0282676   | 9 17.661353  | 11 1.10E-02  |
| 5.897 | 42.5259843   | 0.277329285   | 1.0307513   | 8 17.7467752 | 6 1.11E-02   |
| 6.197 | 42.5259843   | 0.291438305   | 1.0353026   | 8 17.9038435 | 3 113E-02    |
| 6.497 | 42.5259843   | 0.305547326   | 1.0398539   | 8 18.0616038 | 1 115E-02    |
| 6.797 | 42.5259843   | 0.319656347   | 1.0444052   | 7 18.2200560 | 9 1.17E-02   |
| 7.097 | 42.5259843   | 0.333765368   | 1.0489565   | 7 18.3792003 | 9 1.19E-02   |
| 7.397 | 42.5259843   | 0.347874389   | 1.05446893  | 18.572876    | 5 1.21F-02   |
| 7.697 | 42.5259843   | 0.36198341    | 1.0602671   | 5 18.777692  | 1 1.24E-02   |
| 7.997 | 42.5259843   | 0.376092431   | 1.06606538  | 18.9836308   | 4 1.27E-02   |
| 8.297 | 42.5259843   | 0.390201452   | 1.0718636   | 19.1906927   | 2 1.29E-02   |
| 8.597 | 42.5259843   | 0.404310473   | 1.07766184  | 19.39887773  | 1.32E-02     |
| 8.897 | 42.5259843   | 0.418419493   | 1.08451044  | 19.64622323  | 1.36E-02     |
| 9.197 | 42.5259843   | 0.432528514   | 1.09206885  | 19.92102289  | 1.39E-02     |
| 9.497 | 42.5259843   | 0.446637535   | 1.09962725  | 20.19773109  | 1.43E-02     |
| 9.797 | 42.5259843   | 0.460746556   | 1.10718566  | 20.47634784  | 1.47E-02     |
| 10.1  | 42.5259843   | 0.474855577   | 1.11553474  | 20.78632885  | 1.52E-02     |
| 10.4  | 42.5259843   | 0.488964598   | 1.12435287  | 21.11625346  | 1.57E-02     |
| 10.7  | 42.5259843   | 0.503073619   | 1.13317101  | 21.44877581  | 1.62E-02     |
| 11    | 42.5259843   | 0.51718264    | 1.14198915  | 21.78389591  | 1.67E-02     |
| 11.3  | 42.5259843   | 0.53129166    | 1.14674707  | 21.96579249  | 1.69E-02     |
| 11.6  | 42.5259843   | 0.545400681   | 1.1591234   | 22.44248523  | 1.77E-02     |
| 11.9  | 42.5259843   | 0.559509702   | 1.17149974  | 22.92429508  | 185E-02      |
| 12.2  | 42.5259843   | 0.573618723   | 1.18387607  | 23.41122206  | 193E-02      |
| 12.5  | 42.5259843   | 0.587727744   | 1.19625241  | 23.90326615  | 2 01E-02     |
| 12.8  | 42.5259843   | 0.601836765   | 1.20862874  | 24.40042736  | 2.09F-02     |
| 13.1  | 42.5259843   | 0.615945786   | 1.22100508  | 24.9027057   | 2 18E-02     |
| 13.4  | 42.5259843   | 0.630054807   | 1.23338141  | 25.41010116  | 2 27F-02     |
| 13.7  | 42.5259843   | 0.644163828   | 1.24575774  | 25.92261373  | 2.365-02     |
| 14    | 42.5259843   | 0.658272848   | 1.25813408  | 26.44024343  | 2.46F-02     |
| 14.3  | 42.5259843   | 0.672381869   | 1 27051041  | 26 96200025  | 2 555 00     |

| 14                                                              | 42.52598                                                                                       | 0.68649                                                                 | 089 1.282886                                                       | 575 27.490854                                           | 19 2.65E-02                                  |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 14                                                              | 42.52598                                                                                       | 0.700599                                                                | 911 1.295263                                                       | 308 28.023835                                           | 24 2.76E-02                                  |
| 15                                                              | 42.52598                                                                                       | 0.714708                                                                | 932 1.30763                                                        | 941 28.561933                                           | 42 2 87E-02                                  |
| 15                                                              | 42.52598                                                                                       | 0.7288179                                                               | 953 1.320015                                                       | 75 29.105148                                            | 72 2 985-02                                  |
| 15                                                              | .8 42.52598                                                                                    | 43 0.7429269                                                            | 974 1.332392                                                       | 08 29.653481                                            | 14 3.095-02                                  |
| 16                                                              | 42.52598                                                                                       | 43 0.7570359                                                            | 95 1.344768                                                        | 42 30 206930                                            | 68 3 205 02                                  |
| 16                                                              | .4 42.52598                                                                                    | 43 0.7711450                                                            | 016 1.357144                                                       | 75 30 765497                                            | 34 2 225 02                                  |
| 16.                                                             | .7 42.52598                                                                                    | 43 0.7852540                                                            | 36 1.369521                                                        | 08 31 320191                                            | 12 3.52E-02                                  |
| 1                                                               | 7 42.52598                                                                                     | 43 0.7993630                                                            | 57 1 381897                                                        | 42 31 807082                                            | 13 3.49E-02                                  |
| 17.                                                             | 3 42.52598                                                                                     | 43 0.8134720                                                            | 78 1 394273                                                        | 75 32 471000                                            | 3.5/E-02                                     |
| 17.                                                             | 6 42.52598                                                                                     | 43 0.8275810                                                            | 199 1 406650                                                       | 09 33 050025                                            | 3.70E-02                                     |
| 17.                                                             | 9 42.52598                                                                                     | 43 0.841690                                                             | 012 1 419026                                                       | 42 33 6 25 0 9 3 5                                      | 19 3.84E-02                                  |
| 18.                                                             | 2 42.52598                                                                                     | 43 0.8557991                                                            | 41 1 431402                                                        | 76 34 224 354                                           | 3.97E-02                                     |
| 18.                                                             | 5 42.525984                                                                                    | 43 0.8699081                                                            | 62 1 443779                                                        | 0 34 919742                                             | 4.11E-02                                     |
| 18,                                                             | 8 42.525984                                                                                    | 43 0.8840171                                                            | 83 1 456155                                                        | 12 25 4102445                                           | 4.26E-02                                     |
| 19.                                                             | 1 42.525984                                                                                    | 13 0.8981262                                                            | 04 1469521                                                         | 74 34 0220477                                           | 4.41E-02                                     |
| 19.4                                                            | 4 42.525984                                                                                    | 13 0.9122352                                                            | 24 1 490000                                                        | 30.0228677                                              | < 4.56E-02                                   |
| 19.7                                                            | 42.525984                                                                                      | 3 0.9263442                                                             | 45 1 402204                                                        | 30.0326055                                              | 8 4.71E-02                                   |
| 20                                                              | 42.525984                                                                                      | 3 0 9404522                                                             | 1.4932844                                                          | 37.2474605                                              | 4.87E-02                                     |
| 20.3                                                            | 42.525984                                                                                      | 3 0 95454220                                                            | 1.5056607                                                          | 5/.8674326                                              | 8 5.04E-02                                   |
| 20.6                                                            | 42 52 5984                                                                                     | 3 0 06867120                                                            | 1.51803/0                                                          | 38.492521                                               | 9 5.20E-02                                   |
| 20 9                                                            | 42 525984                                                                                      | 3 0.90007130                                                            | 1.5304134                                                          | 3 39.1227282                                            | 5 5.38E-02                                   |
| 21.2                                                            | 42 525084                                                                                      | 3 0.96278032                                                            | 1.5427897                                                          | 6 39.7580517                                            | 2 5.55E-02                                   |
| 21.5                                                            | 42 525084                                                                                      | 3 1.01000000                                                            | 1.555166                                                           | 40.3984923                                              | 1 5.73E-02                                   |
| 21.8                                                            | 42 525984                                                                                      | 3 1.02510730                                                            | 1 1.5675424                                                        | 3 41.0440500                                            | 2 5.92E-02                                   |
| 221                                                             | 42 525094                                                                                      | 3 1.02510/39                                                            | 1 1.5799187                                                        | 6 41.6947248                                            | 5 6.11E-02                                   |
| 22 4                                                            | 42 525094                                                                                      | 1.03921641                                                              | 2 1.592295                                                         | 42.3505168                                              | 6.30E-02                                     |
| 227                                                             | 42 525094                                                                                      | 3 1.05332543                                                            | 3 1.6046714                                                        | 3 43.0114258                                            | 6.50E-02                                     |
| 22                                                              | 42.525984                                                                                      | 3 1.06743445                                                            | 4 1.6170477                                                        | 7 43.67745206                                           | 6.70E-02                                     |
| 22.2                                                            | 42.020984                                                                                      | 1.08154347                                                              | 5 1.629424                                                         | 1 44.34859537                                           | 6.91E-02                                     |
| 22.4                                                            | 42.525984                                                                                      | 1.09565249                                                              | 6 1.6418004                                                        | 4 45.0248558                                            | 7.12E-02                                     |
| 22.0                                                            | 42.0209843                                                                                     | 1.10976151                                                              | 7 1.6541767                                                        | 45.70623336                                             | 7.34E-02                                     |
| 24.2                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.12387053                                                              | 8 1.666553                                                         | 46.39272803                                             | 7.56E-02                                     |
| 24.6                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.13797955                                                              | 9 1.67892944                                                       | 47.08433982                                             | 7.79E-02                                     |
| 24.0                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.152088579                                                             | 9 1.69130577                                                       | 47.78106874                                             | 8.02E-02                                     |
| 25.4                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.1661976                                                               | 5 1.70368211                                                       | 48.48291477                                             | 8.26E-02                                     |
| 25.1                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.18030662                                                              | 1 1.71605844                                                       | 49.18987793                                             | 8.50E-02                                     |
| 20.4                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.194415642                                                             | 2 1.72843477                                                       | 49.90195821                                             | 8.75E-02                                     |
| 25./                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.208524663                                                             | 1.74081111                                                         | 50.6191556                                              | 9.00E-02                                     |
| 26                                                              | 42.5259843                                                                                     | 1.222633684                                                             | 1.75318744                                                         | 51.34147012                                             | 9.26E-02                                     |
| 26.3                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.236742705                                                             | 1.76556378                                                         | 52.06890176                                             | 9.52E-02                                     |
| 26.6                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.250851726                                                             | 1.77794011                                                         | 52.80145051                                             | 9.79E-02                                     |
| 26.9                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.264960747                                                             | 1.79031644                                                         | 53.53911639                                             | 1.01E-01                                     |
| 27.2                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.279069767                                                             | 1.80269278                                                         | 54.28189939                                             | 1.03E-01                                     |
| 27.5                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.293178788                                                             | 1.81506911                                                         | 55.02979951                                             | 1.06E-01                                     |
| 27.8                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.307287809                                                             | 1.82744545                                                         | 55.78281675                                             | 1 09E-01                                     |
| 28.1                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.32139683                                                              | 1.83982178                                                         | 56.54095111                                             | 112E-01                                      |
| 28.4                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.335505851                                                             | 1.85219811                                                         | 57.30420259                                             | 1155-01                                      |
| 28.7                                                            | 42.5259843                                                                                     | 1.349614872                                                             | 1.86457445                                                         | 58.07257119                                             | 1185-01                                      |
|                                                                 | 42.5259843                                                                                     | 1.363723893                                                             | 1.87695078                                                         | 58,84605691                                             | 1225 01                                      |
| 29                                                              | 10 50500 10                                                                                    | 1.377832914                                                             | 1.88932712                                                         | 59.62465976                                             | 1255 01                                      |
| 29<br>29.3                                                      | 42.5259843                                                                                     |                                                                         |                                                                    |                                                         | 1.202-01                                     |
| 29<br>29.3<br>29.6                                              | 42.5259843                                                                                     | 1.391941935                                                             | 1.90170345                                                         | 60 40837072                                             | 1 205 04                                     |
| 29<br>29.3<br>29.6<br>29.9                                      | 42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843                                                         | 1.391941935<br>1.406050955                                              | 1.90170345                                                         | 60.40837972                                             | 1.28E-01                                     |
| 29<br>29.3<br>29.6<br>29.9<br>4<br>30.2                         | 42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843                                           | 1.391941935<br>1.406050955<br>1.420159976                               | 1.90170345<br>1.91407979<br>1.92645612                             | 60.40837972<br>61.1972168                               | 1.28E-01<br>1.32E-01                         |
| 29<br>29.3<br>29.6<br>29.9<br>30.2<br>30.5                      | 42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843                             | 1.391941935<br>1.406050955<br>1.420159976<br>1.434268997                | 1.90170345<br>1.91407979<br>1.92645612<br>1.93883245               | 60.40837972<br>61.1972168<br>61.99117101                | 1.28E-01<br>1.32E-01<br>1.35E-01             |
| 29<br>29.3<br>29.6<br>29.9<br>30.2<br>30.2<br>30.5<br>4<br>30.8 | 42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843<br>42.5259843 | 1.391941935<br>1.406050955<br>1.420159976<br>1.434268997<br>1.448378018 | 1.90170345<br>1.91407979<br>1.92645612<br>1.93883245<br>1.95120870 | 60.40837972<br>61.1972168<br>61.99117101<br>62.79024233 | 1.28E-01<br>1.32E-01<br>1.35E-01<br>1.38E-01 |

| 31.4 | 42.5259843 | 1.47659606  | 1.97596146 | 65 21815903 | 1405 01  |
|------|------------|-------------|------------|-------------|----------|
| 31.7 | 42.5259843 | 1.490705081 | 1,98833779 | 66 03760883 | 1.490-01 |
| 32   | 42.5259843 | 1.504814102 | 2.00071412 | 66 86235576 | 1.53E-01 |
| 32.3 | 42.5259843 | 1.518923123 | 2.01309046 | 67 69212981 | 1.5/E-01 |
| 32.6 | 42.5259843 | 1.533032143 | 2.02546679 | 68 52702097 | 1.655 01 |
| 32.9 | 42.5259843 | 1.547141164 | 2.03784313 | 69.36702926 | 1.605-01 |
| 33.2 | 42.5259843 | 1.561250185 | 2.05021946 | 70,21215467 | 1.090-01 |
| 33.5 | 42.5259843 | 1.575359206 | 2.06259579 | 71.0623972  | 1.775-01 |
| 33.8 | 42.5259843 | 1.589468227 | 2.07497213 | 71,91775685 | 1.825-01 |
| 34.1 | 42.5259843 | 1.603577248 | 2.08734846 | 72.77823362 | 1.86E-01 |
| 34.4 | 42.5259843 | 1.617686269 | 2.0997248  | 73.64382751 | 1 90E-01 |
| 34.7 | 42.5259843 | 1.63179529  | 2.11210113 | 74.51453852 | 1955-01  |

LAMPIRAN F DATA OCCURANCE Tabel distribusi tinggi gelombang (occurance) perairan Natuna Per 100 Tahun (Ekstrem) (ACE MOgPU for West Natuna, Doc. 84502-5000-6D-01-0)

| Number of Wave 0° & 180° | 491899381 | 173294660 | 60756873 | 32823035 |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| Periode (sec)            | 2.9       | 3.4       | a        | 6.3      |
| Wave Height (m)          | 0.6096    | 1.219     | 1.829    | 3.048    |