21121/H/04

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

(KS 1701)

ANALISA KARAKTERISTIK ANCHOR PADA FLEKSIBEL KOPLING TERHADAP GAYA PUNTIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

R55P
623.87
Tri
d-1
2004

PERPUSTAKAAN
I T S
Tgl. Terima 26-7-2004
Terima Dari H
No. Agenda Prp. 220370

Oleh :

MIFTAKHUL KHOIRIYAH

4299.109.005

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2004

ANALISA KARAKTERISTIK ANCHOR PADA FLEKSIBEL KOPLING TERHADAP GAYA PUNTIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, Februari 2004

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Eddy Setyo K, MSc	Ir. Rudi Walujo P, MT
Nip. 132.133.978	Nip. 132.176.893

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KAMPUS ITS KEPUTIH SURABAYA, 60111
TELP 5994754, 5994251 – 55 PES 1102 FAX 5994754

SURAT KEPUTUSAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR KS 1701

Sebagai salah satu syarat unutk mendapat gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut di bawah untuk mengerjakan tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa	: Miftakhul Khoiriyah
NRP	: 4299 109 005
Dosen Pembimbing	: 1. Ir. Eddy Setyo K, MSc
	2. Ir. Rudi Walujo P , MT
Tanggal diberikan tugas	:
Tanggal diselesaikan tugas	:
Judul Tugas Akhir	:

ANALISA KARAKTERISTIK ANCHOR PADA FLEKSIBEL KOPLING TERHADAP GAYA PUNTIR DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Surabaya,
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
FT. Kelautan - ITS

DR. Ir. Agoes A. Masroeri, M.Eng
NIP. 131 467 591

Surabaya,
Yang Menerima Tugas

Mahasiswa	Dosen Pembimbing II	Dosen Pembimbing I
Miftakhul Khoiriyah	Ir. Rudi Walujo P , MT	Ir. Eddy Setyo K, MSc
NRP. 4299 109 005	NIP.132.176.893	NIP.132.133.978

ABSTRAK

ABSTRAK

Bagian perlengkapan pada konstruksi teknik yang mempunyai ukuran tertentu haruslah diukur dengan tepat agar bisa menahan gaya atau beban yang diberikan. Sebuah perhitungan kekuatan bahan akan bermanfaat, bila kondisi kerja dan pembebenan yang timbul mendekati kenyataan.

Perlunya adanya perhitungan kekutan bahan ini adalah untuk mengetahui apakah bahan itu mampu menehan beban tertentu dan berapa besar ukuran yang diperlukan. Perhitungan ini diselesaikan dengan menggunakan formula yang ada dalam metode elemen hinggayang di gunakan untuk mencari titik konsentrasi tegangan dan berapa besar teganan maksimum, dalam perhitungan ini juga menggunakan program komputer nastran. Langkah dalam program nastran adalah: Pembuatan Geometri kopling dan anchor, meshing geometri, pengecekan model, analisa oleh nastran dan meshing sensivity.

Pada hasil analisa yang telah dilakukan dengan pembebanan daya sebesar 8 Hp untuk anchor bentuk C diperoleh tegangan maksimum sebesar 187.4182 Mpa dan konsentrasi tegangan sebesar 52.1274, untuk anchor bentuk L diperoleh tegangan maksimum sebesar 45.76779 Mpa dan konsentrasi tegangan sebesar 78.4879 dan untuk anchor bentuk T diperoleh tegangan maksimum sebesar 153.315 Mpa dan konsentrasi tegangan sebesar 26.12125. yang mana tegangan maksimum dari ketiga bentuk tersebut masih dibawah tegangan ijin yaitu 80% dari tegangan luluh atau patah sebesar 250.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan i

Abstrak ii

Daftar Isi iii

Daftar Gambar v

Daftar Tabel vii

Kata Pengantar ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Permasalahan I-2

1.3 Batasan Masalah I-2

1.4 Tujuan I-3

1.5 Manfaat I-3

1.6 Metode Penelitian I-3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Umum II-1

2.2 Fleksibel Kopling II-2

2.3 Puntiran (Torsi) II-4

2.3.1 Rumus Puntiran II-5

2.4 Anchor II-9

2.5 Perhitungan Kekakuan Bahan II-10

2.6 Metode Elemen Hingga II-11

2.6.1 Formulasi Metode Elemen Hingga II-12

2.6.2 Tipe Analisis Benda solid II-20

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Umum III-1

3.2 Pengumpulan Data III-1

3.3Pembuatan Geometri Kopling III-2
3.4 Pengolahan Data Mentah menjadi Data Matang..... III-3
3.5 Program Komputer Untuk Metode Elemen Hingga..... III-3
3.5.1 Tahap-tahap Pemograman..... III-4
3.6 Kesimpulan Dan Saran III-6

BAB IV PEMODELAN KOPLING DALAM METODE ELEMEN HINGGA

4.1 Umum..... IV-1
4.2 Langkah – Langkah Dalam Programan NASTRAN..... IV-2
4.2.1 Pembuatan Geometri Kopling..... IV-2
4.2.2 Meshing Geometri..... IV-4
4.2.3 Pengecekan Model dan Analisa IV-7
4.2.4 Meshing Sensivity Analysis..... IV-7

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisa V-1
5.1.1 Meshing Sensivity Analysis..... V-1
5.2 Perhitungan Konsentrasi Tegangan V-21
5.2.1 Perhitungan Pada Model Anchor C..... V-21
5.2.2 Perhitungan Pada Model Anchor L..... V-21
5.2.3 Perhitungan Pada Model Anchor T..... V-22

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1Model Anchor I-2

Gambar 2.1Variasi Tegangan Pada Batang Dalam Daerah Elastis..... II-6

Gambar 2.2Variasi Tegangan Dalam Batang Melingkar Berlubang Dalam Daerah Elastis II-8

Gambar 2.3 Berbagai Jenis Elemen II-16

Gambar 2.4 Diskritisasi Untuk Batas Taktentu..... II-16

Gambar 2.5 Tetrahedral Koordinat (ξ_1, ξ_2, ξ_3) II-23

Gambar 2.6 Elemen Tetrahedral Dengan 4,10, 20 dan 8 Node..... II-24

Gambar 2.7 Hexahedron Dalam Lima Tetrahedral..... II-25

Gambar 2.8 Hexahedronal Dengan 8, 20, 32 dan 64 Node..... II-26

Gambar 3.1 Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir III-7

Gambar 4.1 Kopling Karet Dan Model Anchor..... IV-2

Gambar 4.2 geometri Kopling Dan Anchor Bentuk C..... IV-3

Gambar 4.3 Geometri Kopling Dan Anchor Bentuk L IV-3

Gambar 4.4 Geometri Kopling Dan Anchor Bentuk T IV-4

Gambar 4.5 Meshing Geometri IV-8

Gambar 4.6 Solid Von Mises Stress..... IV-9

Gambar 5.1 Meshing Geometri Dengan Panjang Elemen 7mm Bentuk C..... V-1

Gambar 5.2 Solit Von Mises Stress Countur I..... V-2

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI

Gambar 5.3 Solit Von Mises Stress Countur Bentu C Yang Dipotong V-3
Gambar 5.4 Grafik Sensivity Pada Bentuk C Dengan Diameter 6 mm V-8
Gambar 5.5 Meshing Geometri Dengan Panjang Elemen 7mm Bentuk L V-9
Gambar 5.6 Solit Von Mises Stress Countur 2 ..... V-10
Gambar 5.7 Solit Von Mises Stress Countur Yang Dipotong Bentuk L V-11
Gambar 5.8 Grafik Sensivity Pada Bentuk L Dengan Diameter 6 mm V-14
Gambar 5.9 Meshing Geometri Dengan Panjang Elemen 7mm Bentuk T V-15
Gambar 5.10 Solit Von Mises Stress Countur 3 ..... V-16
Gambar 5.11 Solit Von Mises Stress Countur Yang Dipotong Bentuk T V-17
Gambar 5.12 Grafik Sensivity Pada Bentuk T Dengan Diameter 6 mm V-20

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Koreksi (*fc*) II-4

Tabel 4.1 Material Propertis Karet IV-5

Tabel 4.2 Material Propertis Besi Cor IV-5

Tabel 5.1 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 1 Bentuk C V-2

Tabel 5.2 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 2 Bentuk C V-4

Tabel 5.3 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 3 Bentuk C V-4

Tabel 5.4 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 4 Bentuk C V-5

Tabel 5.5 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 5 Bentuk C V-6

Tabel 5.6 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing Keseluruhan Bentuk C V-7

Tabel 5.7 No Hasil Mesh Sensivity Bentuk C V-7

Tabel 5.8 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 1 Bentuk L V-10

Tabel 5.9 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 2 Bentuk L V-11

Tabel 5.10 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 3 Bentuk L V-12

Tabel 5.11 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 4 Bentuk L V-12

Tabel 5.12 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing Keseluruhan Bentuk L V-13

Tabel 5.13 Hasil Mesh Sensivity Bentuk L V-14

Tabel 5.14 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 1 Bentuk T V-16

Tabel 5.15 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 2 Bentuk T V-17

Tabel 5.16 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 3 Bentuk T V-18

Tabel 5.17 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing 4 Bentuk T V-18

Tabel 5.18 No Elemen Dan Tegangan Hasil Meshing Keseluruhan Bentuk T V-19

Tabel 5.19 Hasil Mesh Sensivity Bentuk T V-20

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil aalamin, segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, hidayah, petunjuk, pertolongan serta karunia dan keridoan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagai persyaratan guna memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Saya menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya untuk itu saya mengharapkan adanya kritik dan saran yang baik demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Berkenaan dengan terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eddy Setyo K, MSc dan Bapak Ir. Rudi Walujo P, MT selaku dosen pembimbing, yang telah mencurahkan ilmu, bimbingan dan arahan yang sangat berharga kepada saya dalam penyususan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Surjo Widodo Adji, MSc selaku Ketua jurusan Teknik Sistem Perkapalan
3. Bapak Ir. Tjoek Sueprajitno selaku dosen wali selama menempuh studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Dwi Priyatna M.SE yang telah bersedia menyediakan tempat dan fasilitas yang lainya.

Special Thank's

- Ayah dan Ibunda tercinta yang telah membesarkan, merawat, mendidik dan mencurahkan kasih sayangnya serta segala doa restu yang takterhingga kepada saya.
- Kakak-kakakku jaga diri baik-baik dan Adik-adikku kejar cita-citamu sampai dapat, banggakan orangtua mu jangan pernah ngecewain mereka.
- Chaku inul yang telah setia dan sabar membantu dan memberikan dorongan moril pada saya, makasih atas perhatian dan waktu yang telah kau berikan pada saya.
- Keluarga besar Bapak Singgih yang telah memberikan semangat serta dukungan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Keluarga Besar Bapak Yana yang telah memberikan perhatian dan dukungan moril hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Bang edwin yang telah memberikan perhatian dan dukungan moril hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Cak Ariyanto yang telah memberi ide untuk pengerjaan Tugas Akhir ini.
- Ricca, Tantin kalian adalah sahabat yang baik tempat berbagi suka dan duka.
- Teman-teman kost Vie, renny, Utami, Inggrit, nana, nia, Delly, Dhian, m' ame, aulia, sistin dan yang mungkin tidak tertulis disini yang telah memberikan perhatian dan dukungan moril hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini

- Teman-teman '99Ex Reino, ivan, dhanur, syam, berdi, shopi, evin, micco, kadek, timbul, samsoel, budi, youno, heru, tatang dan eko semoga cita-cita kita tercapai.
- Teman-teman '97', Hanafi, Sabet, Nova, Becky, Andi', Erric dan yang mungkin tidak tertulis disini yang telah memberikan dukungan moril hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Tak lupa aku ucapkan terimakasih pada Jatmiko yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhit ini.
- Dan teman- teman yang tidak tertulis disini yang telah memberikan perhatian dan dukungan moril hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Semoga Allah selalu membimbing kita di jalan yang benar yang penuh nikmat dan karunia-Nya.

Surabaya, 14 februari 2004

Penulis

Miftakhul Khoiriyah

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

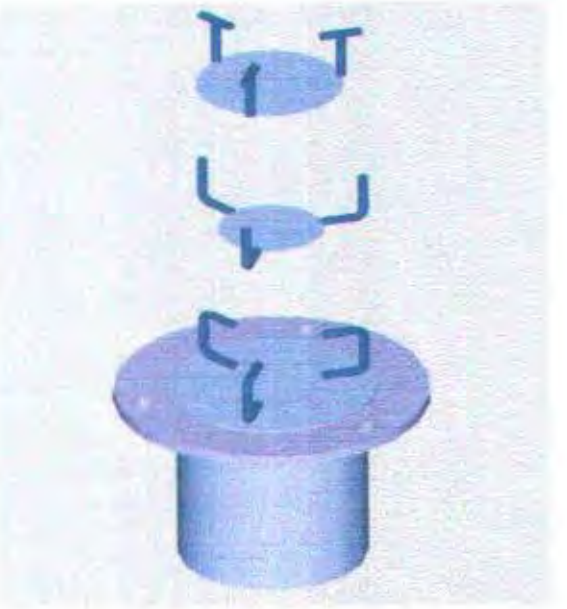
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada semua konstruksi teknik bagian-bagian pelengkap haruslah diberi ukuran-ukuran fisik tertentu bagian-bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk menahan gaya-gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan.

Perhitungan kekuatan dalam sebuah komponen akan menentukan apakah komponen itu mampu menahan beban tertentu atau tidak dan berapa besar ukuran yang diperlukan. Berdasarkan perhitungan ilmu perhitungan kekuatan bahan dihitung tegangan nominal yang disebabkan oleh beban nominal pada tempat-tempat yang kritis dari komponen tersebut dan dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan. Atau sebaliknya dari beban nominal dan tegangan yang diijinkan, dapat ditentukan ukuran-ukuran komponen pada tempat-tempat kritis tersebut.

Sebuah perhitungan kekuatan bahan akan bermanfaat, bila kondisi kerja dan pembebanan yang timbul untuk komponen tersebut mendekati kenyataan. Perhitungan kekuatan bahan dapat dilakukan dengan jalan simulasi melalui komputer dengan program-program yang telah ada, misalnya program SAP 2000, NASTRAN dan lain-lain. Selain itu cara menentukan besarnya tegangan yang diijinkan melalui pengalaman namun hal ini kurang bisa dijadikan pedoman yang akurat.



Gambar 1.1 Model Anchor

1.2 Permasalahan

Dalam tugas akhir ini akan di bahas tentang karakteristik anchor yang di pakai pada fleksibel kopling atau kopling karet, karena hal tersebut sangat mempengaruhi kekuatan dari daya ikat antara karet dengan logam yang digunakan.hal ini dilakukan karena selama ini pemilihan anchor hanya berdasarkan perkiraan-perkiraan dan pengalaman tanpa ada perhitungan dan penentuan karakteristik yang baik

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan pada penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Analisa dilakukan pada struktur anchor, tidak pada fleksibel kopling atau kopling karet secara keseluruhan.

2. Obyek studi difokuskan pada aspek pengaruh bentuk anchor terhadap gaya puntir.
3. Analisa dilakukan pada beban 8 hp.

1.4 Tujun Penulisan

Berdasarkan permasalahan diatas tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- Mengetahui letak titik kritis pada setiap bentuk anchor untuk menentukan jenis anchor yang terbaik.
- Mengetahui karakteristik yang terbaik dari anchor yang akan dipakai pada fleksibel kopling atau kopling karet.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah pemberian informasi tentang karakteristik dan perhitungan pasti tentang anchor dan penentuan karakteristik yang terbaik yang dipakai pada fleksibel kopling atau kopling karet yang mana selama ini penentuan anchor masih berdasarkan perkiraan dan pengalaman.

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

1.6 MetodePenelitian

Metodelogi merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan masalah yang akan dianalisa. Metodelogi mencakup semua tindakan adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk penulisan tugas akhir ini.

Pada tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik anchor pada fleksibel kopling.

Anchor adalah suatu komponen yang akan menerima gaya puntir yang bekerja pada fleksibel kopling, untuk itu kekuatan dari komponen itu harus diperhitungkan.Untuk menghitung kekuatan dari komponen itu, dalam Tugas Akhir ini metode yang digunakan adalah metode elemen hingga yang dipakai untuk memformulasikan suatu elemen dan mencari gaya-gaya yang bekerja pada elemen tersebut Dengan metode ini komputer beserta program yang dapat dipercaya merupakan suatu keharusan, selain itu diperlukan juga instuisi rekayasa yang baik agar diperoleh bentuk jaring yang memadai untuk setiap kasus. Disini kita menggunakan program komputer, untuk membantu mempermudah dalam perhitungan dan penentuan titik – titik yang mengalami konsentrasi tekanan pada suatu elemen.

Dari analisa ini diharapkan kita bisa menentukan atau memilih anchor dengan karakteristik yang manakah yang terbaik untuk sebuah fleksibel kopling atau kopling karet.

BAB II

LANDASAN TEORI

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Kopling adalah suatu elemen yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan secara pasti (tanpa terjadi slip) dimana sumbu kedua poros tersebut terletak pada satu garis lurus atau dapat sedikit berbeda sumbunya.

Mesin yang dihubungkan dengan penggeraknya melalui kopling flens kaku, memerlukan penyetelan yang sangat teliti agar kedua sumbu poros yang saling dihubungkan dapat menjadi satu garis lurus. Selain itu getaran dan tumbukan yang terjadi dalam penerusan daya antara mesin penggerak dan yang digerakkan tidak dapat diredam sehingga dapat memperpendek umur mesin serta menimbulkan bunyi berisik.

Untuk menghindari kesulitan-kesulitan diatas dapat digunakan kopling karet. Kopling ini dapat bekerja dengan baik meskipun kedua sumbu yang dihubungkan tidak benar-benar lurus, selain itu kopling ini juga dapat meredam tumbukan dan getaran yang terjadi pada transmisi. Pemasangan dan pelepasannya juga dapat dilakukan dengan mudah karena hubungan dilakukan dengan jepitan baut pada karetnya, variasi beban dapat pula diserap oleh karet tersebut. Karena keuntungannya demikian banyak kopling ini penggunaanya semakin luas. *(Ir. Jac. STOLK & Ir. C. KROS, "Elemen-Elemen Mesin")*

2.2. Fleksibel Kopling

Jika kedudukan antara ujung poros penggerak dan ujung poros yang akan digerakkan tidak bisa setara, maka kedua ujung poros itu harus disambungkan sedemikian rupa sehingga dapat bergerak satu sama lain. Untuk menyambung kedua ujung poros tersebut kita bisa menggunakan fleksibel kopling. Dalam hal ini dikenal tiga bentuk kefleksibelan yaitu dalam arah aksial, dalam arah radial dan poros.

Pada kopling ini komponen yang digunakan adalah karet. Dengan kopling ini diharapkan kita memperoleh:

1. Pemindahan yang diperlemah dalam perubahan momen yang diberikan atau yang diminta dalam salah satu poros pada poros yang lain.
2. Peredam getaran – torsi
3. Kemungkinan adanya pengaruh gejala resonansi
4. Koreksi penyimpangan kecil dalam letak poros.

Meskipun harganya agak lebih tinggi dibanding dengan kopling flens kaku, kopling ini mempunyai banyak sekali keuntungan sehingga pemakaian kopling ini semakin luas. ***(Ir. Jac. STOLK & Ir. C. KROS, "Elemen-Elemen Mesin")***

Beberapa produsen kopling ini menyediakan ukuran-ukuran standar. Untuk merencanakan atau melakukan pemilihan, perlu diketahui lebih dahulu besarnya daya yang akan diteruskan, putaran poros, mesin yang dipakai, persyaratan kerja dan lain-lain. Setelah tipe yang sesuai dipilih, kemudian deperiksa kekuatan bagian-bagiannya serta bahan yang dipakai ***(Priyatna H, "Perencanaan Kopling Karet Ban Untuk Perahu Nelayan Tradisional Dengan Sistem Out Board Engine").***

Pada fleksibel kopling ada beberarapa hal yang harus diperhatikan sepeti pada kopling flens kaku. Salah satunya adalah taksiran variasi momen puntir, sebagai tambahan atas momen yang dihitung dari daya dan putaran porors (***Ir. Jac. STOLK & Ir. C. KROS, "Elemen-Elemen Mesin"***).

Momen puntir Tm (kg.mm) yang dihitung dari daya nominal P (kW) dan putaran n_1 (rpm) dari suatu motor penggerak. Motor tersebut mampu memberikan daya tambahan yang cukup besar sesuai dengan permintaan diatas daya rata-rata yang sesungguhnya (***Priyatna H, "Perencanaan Kopling Karet Ban Untuk Perahu Nelayan Tradisional Dengan Sistem Out Board Engine"***).

$Tm = 9{,}74 \times 10^5 \times P / n_1$ (kg.mm)

Bila terdapat sedikit variasi momen, kalikan harga Tm dengan faktor koreksi fc untuk tumbukan dan umur ban (Lihat Tabel 2.1). Bila variasi momen sangat besar seperti dikemukakan diatas, kalikan harga Tmax (kg.mm) yang terbesar dalam satu putaran dengan faktor koreksi yang sama fc seperti diatas.

$Td = fc \cdot Tmax$

Pilih ukuran sedemikian rupa hingga momen Td (kg.mm) lebih rendah daripada momen normal maksimum dari kopling standar Tu (kg.mm). Perlu juga diperiksa apakah momen awal yang dikenakan beberapa kali dalam sehari juga lebih rendah dari harga Td ini.

Tabel 2.1 Faktor koreksi (*fc*)

Watak sisi yang digerakkan/Macam motor penggerak mula	Variasi momen puntir		
	Kecil	Sedang	Besar
	Motor listrik/Turbin uap	Motor diesel dgn 6 silinder atau lebih. Motor bensin dgn 4 silinder atau lebih	Motor diesel dgn kurang dari 6 silinder. Motor bensin dgn kurang dari 4 silinder
Momen awal : kecil Variasi momen : kecil Kejutan : ringan Putaran balik : tidak ada	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3
Momen awal : sedang Variasi momen : sedang Kejutan : sedang Putaran balik : tidak ada	1,5 – 2	2 – 2,5	2,5 – 4
Momen awal : besar Variasi momen : besar Kejutan : besar Putaran balik : ada	2 – 2,5	2,5 – 3,5	3,5 – 5

2.3.Puntiran (Torsi)

Ada beberapa cara untuk menganalisa bagian struktur yang mendapat momen puntir antara lain adalah, pertama sistem secara keseluruhan diselesaikan untuk keseimbangan, kedua menggunakan metode irisan dengan membuat bidang irisan yang tegak lurus terhadap sumbu dari bagian struktur. Untuk mendapatkan momen puntir dalam hal ini untuk batang – batang statis tertentu, hanya dibutuhkan satu persamaan statistika, yaitu $\sum M_x = 0$ dimana sumbu x adalah dibuat sepanjang arah poros, maka suatu momen puntir terpakai luar (*external applied torque*) didapatkan untuk mengimbangi momen puntir penahan yang

dikembangkan didalam bahan. Jadi momen puntir luar dan dalam haruslah sama secara numerik, tetapi bekerja dalam arah yang berlawanan.

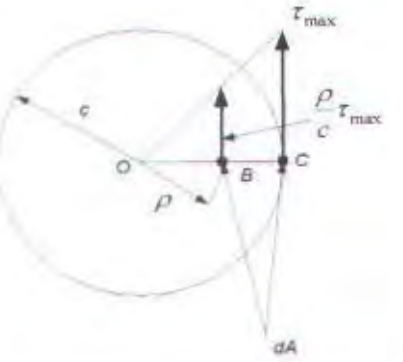
Pada bab ini, poros – poros akan dianggap tidak berberat (*weightless*) seperti pada selang yang dikosongkan hal ini dipakai untuk mengabaikan efek lenturan. Gaya – gaya sacara aksial yang bekerja secara simultan pada batang akan kita kesampingkan.

Secara intuitif dapat dilihat bahwa pada suatu bagian struktur yang mempunyai luas penampang yang tetap, mempunyai momen puntir dalam maksimal, yang mengakibatkan tegangan maksimal pula dan menentukan syarat yang paling diinginkan dari bahan tersebut. Dalam penelitian bagian puntiran, beberapa irisan dapat dapat dilakukan untuk menentukan momen puntir dalam yang paling besar. Sebuah irisan dimana momen puntir yang paling besar disebut irisan kritis (critical section). Bila bagian puntiran berbeda – beda dalam ukuran, adalah sukar menentukan dimana bahan tersebut mempunyai tegangan kritis. Beberapa irisan mungkin harus diselidiki dan tegangan – tegangan dihitung untuk menentukan irisan kritis *(Egor P. Popov, "Mekanika Teknik")*.

2.3.1. Rumus Puntiran

Berdasarkan pengandaian – pengandaian diatas, dimana tegangan berbanding lurus dengan regangan dan jika hal ini berubah secara linier dari pusat sumbu puntiran, maka tegangan akan berubah pula secara linier dari sumbu pusat batang melingkar. Tegangan tersebut yang disebabkan oleh penyimpangan – penyimpangan yang disebutkan dalam pengandaian diatas dimana tegangan geser

yang terletak pada bidang yang sejajar dengan irisan yang diambil tegak lurus terhadap sumbu batang. Variasi tegangan tersebut digambarkan pada Gambar 2.1 Tidak seperti pada kasus batang yang berbeban aksial, tegangan ini bukanlah dari intensitas serba sama (*uniform intensity*). Tegangan geser maksimum terjadi pada titik – titik yang terjauh dari titik pusat *0* dan dinyatakan dengan τ_{max}. Titik – titik ini, seperti *C* pada Gambar 2-1, terletak pada irisanyang berjarak *c* dari titik pusat. Sementara itu, berdasarkan variasi tegangan linier, pada suatu titik tertentu pada jarak ρ dari *0*, maka tegangan geser adalah $(\rho/c)\tau_{max}$ ***(Egor P. Popov, "Mekanika Teknik").***



Gambar 2.1 Variasi tegangan pada batang melintang dalam daerah elastis

Apabila distribusi tegangan pada suatu irisan ditetapkan, maka perlawanan terhadap momen puntir dalam bentuk tegangan dapat dinyatakan. Perlawanan terhadap momen puntir yang dikembangkan tersebut haruslah setara dengan momen puntir dalam. Karena itu suatu persamaan dapat dirumuskan seperti:

$$\int_A \frac{\rho}{c}\tau_{max}\, dA\rho = T$$

dimana integrasi mencakup semua momen puntir yang dikembangkan pada irisan dengan gaya – gaya kecil tak berhingga yang bekerja pada jarak ρ dari sumbu

bagian bangunan, yaitu 0 pada Gambar 2.2 dan meliputi semua luas A dari penampang irisan, sedang T adalah momen puntir perlawanan.

Pada suatu irisan tertentu, τ_{max} dan c adalah konstan, maka hubungan diatas dapat ditulis sebagai :

$$\frac{\tau_{max}}{c}\int_A \rho^2 dA = T \qquad (2\text{-}1)$$

jadi , $\int_A \rho^2 dA$, momen inersia polar dari penampang luas, adalah suatu konstanta pula untuk penampang luas tertentu. Dalam buku ini tetapan tersebut dinyatakan sebagai I_p . Untuk suatu potongan berbentuk lingkaran, $dA = 2\pi\, d\rho$, dimana $2\pi\ \rho$ adalah keliling sebuah cincin dengan radius ρ dan lebar $d\rho$. Jadi

$$I_p = \int_A \rho^2 dA = \int_0^c 2\pi\rho^3 d\rho = 2\pi\left|\frac{\rho^4}{4}\right|_0^c = \frac{\pi c^4}{2} = \frac{\pi d^4}{32} \qquad (2\text{-}2)$$

dimana d adalah diameter dari poros lingkaran yang pejal. Bila c atau d diukur dalam meter, maka I_p mempunyai satuan m^4 atau mm^4.

Dengan menggunakan lambang I_p untuk momen inersiA kutub dari luas lingkaran, maka Persamaan (2-1) dapat ditulis lebih seksama sebagai:

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{I_p} \qquad (2\text{-}3)$$

persamaan ini dikenal sebagai rumus puntiran (tosional formula) untuk poros – poros lingkaran yang menyatakan tegangan geser maksimum dalam bentuk momen puntir dalam T akan dinyatakan dalam bentuk newton-meter (N.m), c dalam meter dan I_p dalam m^4 atau mm^4. Penggunaan tersebut akan menghasilkan satuan dari tegangan geser puntir sebagai N/m^2 atau pascal dalam satuan SI.

$$\frac{[N.m][m]}{[m^4]} = \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

Hubungan yang lebih umum dari persamaan (2-3) untuk tegangan geser τ pada sebuah titik tertentu pada jarak ρ dari pusat irisan adalah:

$$\tau = \frac{\rho}{c}\tau_{max} = \frac{T\rho}{I_p} \qquad (2\text{-}3a)$$

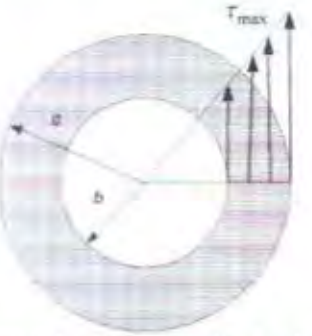
Persamaan – persamaan (2-3) dan (2-3a) terpakai dengan keampuhan yang sama pada tabung – tabung berpenampang lingkaran, karena penurunan kedua persamaan diatas menggunakan pengandaian yang sama. Kita perlu memodifikasikan momen iners kutub I_p. Untuk suatu tabung, seperti dapat dilihat dalam Gambar 2.2. batas –batas integrasi untuk persamaan (2-2) adalah dari b ke c. Jadi untuk tabung melingkar,

$$I_p = \int_A \rho^2 dA = \int_b^c 2\pi\rho^3 d\rho = \frac{\pi c^4}{2} = \frac{\pi b^4}{2} \qquad (2\text{-}4)$$

atau dinyatakan lain sebagai: I_p untuk sebuah tabung melingkar adalah sama dengan I_p untuk poros pejal dengan menggunakan diameter luar, dikurangi dengan I_p untuk poros pejal menggunakan diameter dalam.

Untuk tabung – tabung tipis, bila b hampir sama dengan c, dan $c - b = t$, yaitu tebal tabung, maka I_p menjadi lebih sederhana yaitu

$$I_p \approx 2\pi c^3 t \qquad (2\text{-}4a)$$



Gambar 2.2 Variasi tegangan dalam batang melingkar berlubang dalam daerah elastis

Konsep yang digunakan untuk mendapatkan rumus – rumus puntiran untuk batang –batang melingkar, disimpulkan sebagai berikut:

1. Syarat – syarat keseimbangan digunakan untuk menerangkan momen puntir dalam atau perlawanan.
2. Deformasi diandalkan sedemikian hingga regangan geser berubah secara linier dari sumbu poros.

Sifat – sifat bahan dalam bentuk hukum Hooke digunakan untuk menghubungkan pengandaian variasi regangan terhadap tegangan.

2.4. Ancor

Anchor adalah suatu komponen yang terdapat pada fleksibel kopling. Fungsi dari anchor ini adalah untuk memperkuat ikatan antara karet dan logam, kekuatan ikat anchor ini tergantung pada karakteristiknya. Pemilihan anchor yang tepat sangat diperlukan mengingat anchor itu sendiri bisa mengakibatkan kepatahan atau sobekan pada karet yang digunakan.

Untuk menentukan pemilihan anchor diperlukan suatu perhitungan. Perhitungan kekuatan dalam sebuah komponen yang akan menentukan apakah komponen itu mampu menahan beban tertentu dan berapa besar ukuran yang

diperlukan. Berdasarkan perhitungan ilmu kekuatan bahan dihitung tegangan nominal yang disebabkan oleh beban nominal pada tempat-tempat yang kritis dari komponen tersebut dan dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan. Atau sebaliknya dari beban nominal dan tegangan yang diijinkan, dapat ditentukan ukuran-ukuran komponen pada tempat-tempat kritis tersebut ***(Egor P. Popov, "Mekanika Teknik").***

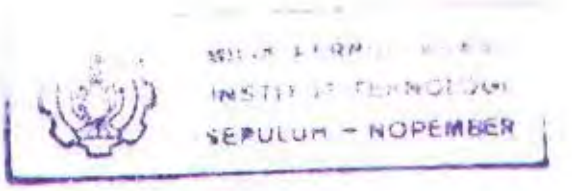
$$\sigma = \frac{P}{A}$$

dimana:

σ : tegangan

P : gaya

A : luasan



Besarnya distribusi tegangan dapat diselesaikan dengan menggunakan formula yang ada dalam elemen-elemen hingga (*Finited Elements Method*) yang digunakan untuk mencari tegangan yang terjadi.

2.5. Perhitungan Kekakuan Bahan

Perhitungan kekuatan dalam sebuah komponen akan menentukan apakah komponen itu mampu menahan beban tertentu dan berapa besar ukuran yang diperlukan. Berdasarkan perhitungan ilmu perhitungan kekuatan bahan dihitung tegangan nominal yang disebabkan oleh beban nominal pada tempat-tempat yang kritis dari komponen tersebut dan dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan. Atau sebaliknya dari beban nominal dan tegangan yang diijinkan, dapat

ditentukan ukuran-ukuran komponen pada tempat-tempat kritis tersebut *(G. Niemann ,"Elemen Mesin").*

Pada umumnya, gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga untuk sebuah potongan akan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah gaya. Gaya-gaya dalam ini merupakan vektor dalam dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai. Dalam mekanika bahan kita perlu menentukan intensitas dari gaya-gaya tersebut sebagai perlawanan terhadap deformasi sedang kemampuan bahan untuk menahan gaya tersebut tergantung pada intensitas ini *(C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga").*

$$[K]\{d\} = \{r\}$$

dimana :

K : gaya-gaya yang harus bekerja pada elemen untuk mempertahankan keseimbangan statis(matrik kekakuan elemen)

d : vektor peralihan titik simpul elemen.

r : Gaya yang diberikan titik simpul pada elemen

2.6. Metode Elemen Hingga

Banyak ilmu-ilmu baru yang berkembang dengan pesat sehubungan dengan ditemukannya komputer digital yang berkecepatan tinggi. *Finite Element Methode* (Metode Elemen Hingga) salah satunya. Meskipun metode ini mulanya dikembangkan untuk analisa struktur, namun karena teori dasarnya yang sifatnya umum, sekarang sudah berkembang sedemikian rupa sehingga telah dipakai

dengan sukses pada hampir semua bidang ilmu, seperti dari engineering misalnya mekanika fluida, mekanika teknik dan lain-lain.

Seperti telah dimaklumi bahwa jarang sekali suatu model matematik dari masalah-masalah engineering yang bisa diselesaikan secara analistis atau "*close form*", kecuali masalahnya sederhana sekali. Salah satu contoh yang sangat populer adalah masalah balok (*beam*) linier. Dengan penyelesaian analistis ini, informasi yang kita inginkan dapat diketahui pada setiap lokasi yang dikehendaki.

Masalah-masalah teknik biasanya akan menghasilkan suatu ekspresi matematik yang rumit yang melibatakan kondisi batas (*boundary condition*),sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya memaksa para enginer untuk menggunakan analisa numerik, yang kendatipun hasilnya merupakan perkiraan tapi dianggap cukup dapat diterima.

Pendekatan-pendekatan numerik ini, berdasarkan sifatnya, selalu menggunakan informasi-informasi pada titi-titik yang diskret. Proses pemilihan dari titik yang diskret ini disebut pendeskritan (discretization). Salah satu cara untuk pendeskritan ini adalah dengan membagi suatu body/sistem yang diselidiki tersebut. Dari sinilah lahir istilah Finite Element Method, yang secara bebas bisa diterjemahakan sebagai Metode Elemen Hingga, dengan kata "hingga" (*finite*) disini sebagai lawan dari"tak terhingga" (infinite). Pemecahannya kemudian dilakukan untuk elemen-elemen kecil ini dan kemudian menggabungkannya sehingga didapat pemecahan dari body/sistem keseluruhan. Ada aturan-aturan dan asumsi-asumsi tertentu yang harus diikuti di dalam proses tersebut ***(Ir. Rudy Walujo P, Diktat kuliah "Metode Elemen Hingga").***

2.6.1. Formulasi metode elemen hingga

Konsep Dasar Metode Elemen Hingga

Dalam dunia teknik evaluasi tentang performance dari kuantitas fisik seperti, deformasi, tekanan, tegangan, kecepatan dan sebagainya merupakan suatau hal yang sangat komplek.

Dalam suatu bentuk struktur, kuantitas fisik yang akan terdistribusi sesuai dengan karakteristik sistem gaya dan karakteristik bentuk struktur itu sendiri, untuk mengetahui distribusi kuantitas fisik dalam suatu struktur, akan dibutuhkan konsep teknik analisa yang terkadang amat rumit diterapkan terhadap suatu struktur yang komplek. Karena itu diperlukan teknik penyederhanaan bentuk struktur seperti yang dikonsepkan oleh metode elemen hingga.

Dasar pemikiran dari metode elemen hingga ini adalah menganggap bahwa suatu struktur tersususn atas elemen-elemen kecil yang dinamakan elemen hingga. Kemudian kondisi kuantitas fisik dari struktur tersebut dapat dianalisa dengan lebih mudah terhadap tiap-tiap elemen penyusunnya, selanjutnya distribusi kuantitas fisik dari struktur yang dianalisa merupakan gabungan dari distribusi kuantitas fisik masing-masing elemen penyusun.

A. Model Struktur

Langkah pertama dalam metode elemen hingga adalah pendiskritan suatu struktur menjadi elemen-elemen hingga dan kemudian merumuskannya kedalam bentuk matrik.

Diskrit struktur dapat dilakukan karena suatu bentuk fisik yang kontinu dianggap sebagai rangkaian elemen-elemen yang dihubungkan oleh suatu titik simpul atau node point. Formulasi pemodelan ini dinamakan dengan idealisasi struktur atau pemodelan struktur.

Suatu struktur dapat diilustrasikan dalam tingkat derajat kebebasan dari model matematis tiap-tiap elemennya. Kemudian diharapkan dari model tersebut akan dapat menggambarkan karakteristik dari bentuk struktur yang dianalisa. Pada kenyataannya pemodelan struktur ini hanya merupakan representasi pendekatan saja. Sebagai contoh untuk struktur bangunan kapal idealisasi struktur elemen hingganya merupakan pendekatan bentuk geometri elastisitas serta bentuk inersia strukturnya.

Jika langkah idealis struktur tidak dapat dilakukan secara eksak maka dapat dilakukan asumsi-asumsi dimana asumsi-asumsi yang diambil haruslah sedemikian rupa sehingga kesimpulan nantinya akan mempunyai faktor kesalahan yang minimum.

Secara umum bentuk elemen yang digunakan dalam analisa elemen hingga diantaranya *(CTF Ross, "Fenite Elemen Methods in Structure Mechanies") :*

1. Truss element (elemen garis)

   Karakteristuk elemen ini hanya mempunyai kekutan pada arah aksial saja dan hanya dapat dianalisa terhadap kondisi pembebanan aksial saja.

2. Beam element (elemen balok)

   Merupakan bentuk elemen yang tiap simpulnya dikatakan mempunyai enam derajat kebebasan. Jenis pembebasan yang dapat diberikan adalah

pembebanan aksial, beban geser dalam dua arah, torsi dan bending juga dalam dua arah.

3. Thin shell elemen

   Merupakan elemen tipis bentuk kurva yang mendekati suatu elemen.

4. Three dimentional solid element

   Merupakan elemen padat tiga dimensi yang dapat berbentuk tetrahedran ataupun heksahedran.

5. Thick shell element

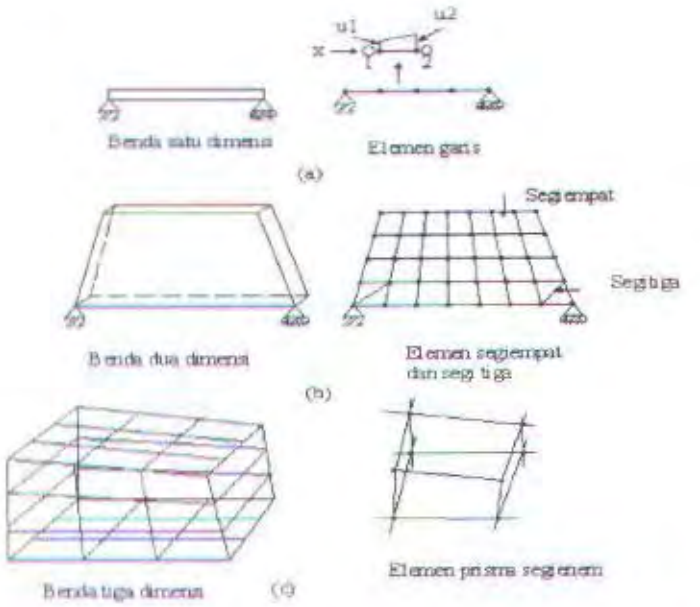
   Berbentuk elemen padat dengan kasus yng spesifik pada ruang tiga dimensi.

B. Prosedur Umum Methode Elemen Hingga

1. Pendiskritan dan idealisasi struktur

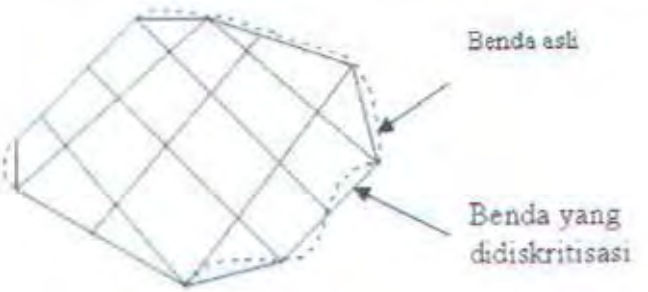
   Pada langkah ini menyangkut pembagian benda menjadi sejumlah benda kecil yang sesuai, yang dinamakan elemen hingga. Perpotongan antara sisi-sisi elemen dinamakan simpul atau titik simpul dan permukaan antara elemen-elemen tersebut di sebut garis simpul dan bidang, pendiskritan ini tergantung pada karakteristik sistem dan idealisasi struktur yang digunakan sebagai contoh jika suatu strujtur atau suatu benda diidealisasi sebagai suatu garis satu dimensi elemen yang kita gunakan adalah suatu elemen garis seperti pada gambar 2-3 (a) sedangkan untuk benda-benda dua dimensi kita gunakan segi tiga dan segi empat seperti gambar 2-3 (b) dan untuk idealisasi tiga dimensi dapat dipakai suatu

prisma segienem (hexahedron) dengan kekhususan yang berbeda terlihat pada gambar 2-3 (c) dan jika suatu batang yang dibebani secara aksial, maka idealisasi struktur elemen hingga yang sesuai adalah truss elemen *(C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga").*



Gambar 2-3 Berbagai jenis elemen a) Elemen 1-D b) Elemen 2-D c) Elemen 3-D

Walaupun kita dapat membaga-bagi benda itu kedalam beberapa bagian elemen dengan bentuk yang teratur seperti gambar 2-3 pada bagian dalam, kita bisa membentuk provisi khusus jika batas yang ada ternyata tak teratur. Dalam banyak hal batas tak teratur dapat didekati dengan sejumlah garis lurus seperti pada gambar 2-4. sebaliknya dalam persoalan lain, mungkin perlu memakai fungsi matematis dengan orde yang secukupnya untuk mendekati batas yang ada.



Gambar 2-4 Diskritisasi untuk batas taktentu

2. Perumusan model matematis elemen distribusi kuantitas fisik

Pada langkah ini kita memilih suatu pola atau bentuk untuk distribusi besaran yang diketahui, yang dapat berupa suatu perpindahan atau tegangan untuk persoalan tegangan deformasi, atau temperatur dalam persoalan aliran kaloratau tekanan dan kecepatan fluida untuk persoalan aliran fluida, serta baik temperatur maupun perpindahan untuk persoalan gabungan yang menyankut efek-efek aliran maupun deformasi.

Suatu struktur elemen nodal point atau titik simpul elemen merupakan posisi yang strategi untuk merumuskan model matematik dari distribusi kuantitas fisik yang ditinjau. Fungsi matematis umum yang digunakan dapat berupa fungsi polinomial atau berupa deret geometri, yang diharapkan mampu mendefinisikan kondisi struktur elemen yang mudah dan sederhana. Misalnya U adalah kuantitas fisik yang dianalisa, maka fungsi interpolasi polinomialnya dapat ditulis ***(C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga")*** :

$$U = N_1 u_1 + N_2 u_2 + ... + N_m u_m$$

yang mana U_m adalah kuantitas fisik yang ditinjau pada tiap elemen N_m adalah fungsi interpolasinya.

3. Penentuan persaman-persamaan elemen

Disini akan ditentukan persamaan-persamaan yang mengatur perilaku elemen sesuai dengan dalil atau prinsip-prinsip bersesuaian. Contohnya untuk meninjau kekuatan bahan dari suatu konstruksi yang menerima perlakuan beban tertentu, maka dalil atau prinsip yang bersesuaian adalah prinsip tegangan regangan seperti dinyatakan oleh hukum Hooke, yang mendefinisikan hubungan tegangan terhadap regangan dalam suatu benda pejal ***(Ir. Rudy Walujo P. Diktat kuliah "Metode Elemen Hingga")*** :

$$\sigma_x = E_x \in_x$$

dimana :

σ_x : tegangan dalam arah x

E_x : modulus elastis young.

$\in_x$: regangan

Dengan memakai hukum atau prinsip yang tersedia, kita akan memperoleh persamaan-persamaan yang mengatur perilaku elemen. Persamaan-persamaan ini dinyatakan dalam bentuk yang umum dan sehingga dapat dipakai untuk semua dalam benda yang didiskritisasi.

Ada sejumlah cara yang berbeda yng mungkin dipakai untuk menurunkan persamaan-persamaan elemen. Dua cara paling umum yang dipakai adalah metode energi dan metode residu.

Penggunaan salah satu dari kedua metode tersebut menghasilkan persamaan-persamaan yang menggambarkan prilaku suatu elemen, persaman tersebut jika dituliskan dalam bentuk matrik adalah sebagai berikut :

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ f_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11}k_{12}k_{13}k_{1n} \\ k_{21}k_{22}k_{23}k_{2n} \\ k_{31}k_{32}k_{33}k_{3n} \\ \cdot \\ \cdot \\ k_{n1}k_{n2}k_{n3}k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{Bmatrix}$$

atau dalm matrik simbol dapat dinyatakan dengan:

$$\{f\} = [k]\{d\}$$

dimana :

f : vektor gaya simpul elemen

k : matrik kekakuan

d : vektor derajat kebebesan simpul

4. Penurunan persamaan-persamaan global

Perilaku dari masing-masing elemen diekspresikan dalam persamaan-persamaan elemen. Selanjutnya untuk mengetahui perilaku dari keseluruhan sistem yang dianalisa maka dilakukan penurunan persamaan global atau dengan penggabungan elemen, langkah penggabungan elemen ini yang didasari oleh suatu hukum yaitu hukum Kontinuitas atau kompabilitas yang mana mengharuskan struktur dalam kondisi tetap rigid atau tiodak terjadi keretakan atau sobekan dimanapun dalam struktur tersebut.

Setelah penggabungan diperoleh persamaan global yaitu ***(Ir. Rudy Walujo P. Diktat kuliah "Metode Elemen Hingga")*** :

$$\{F\} = [K]\{d\}$$

dimana :

F : vektor gaya simpul global

K : matrik kekakuan global

d : vektor derajat kebebasan

5. Perumusan syarat batas

Selanjutnya untuk mendapatkan penyelesaian dari persamaan global yang didapat dari penggabungan elemen maka perlu adanya syarat batas agar struktur tetap ditempatnya dan tidak bergerak sebagai sebuah benda kaku.

Syarat batas adalah batasan atau penyangga fisis yang harus ada sehingga suatu struktur atau benda dapat berdiri sendiri di dalam ruang. Syarat–syarat ini umumnya diperinci dengan dinyatakan sebagai nilai-nilai yang diketahui dari besaran-besaran yang tak diketahui ***(C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga").***

6. Penentuan kuantitas fisik yang dianalisa.

Dengan penyelesaian persamaan global melalui operasi dan dalil matematis maka dapat ditentukan properti dan kuantitas fisik sistem struktur yang ditinjau ***(C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga").***

7. Interprestasi hasil analisa

Tujuan akhirnya adalah menginterpretasi dan menganalisa hasil yang akan digunakan dalam proses perancangan. Penentuan lokasi pada struktur dimana terjadi deformasi dan tegangan terbesar biasanya sangat penting dalam mengambil keputusan didalam proses perancangan. Program komputer akan membantu perancang untuk menginterpretasikan hasil dalam bentuk tampilan grafik (***Ir. Rudy Walujo P, Diktat kuliah "Metode Elemen Hingga"***).

2.6.2. Tipe Analisis Benda Solid

Baik dengan perhitungan manual maupun menggunakan komputer untuk analisa yang diperlukan untuk menentukan tegangan regangan dalam suatu deformable body dapat digolongkan dalam beberapa kategori. Dalam bentuk paling sederhana dan paling sering digunakan yaitu sistem linier elastik. Disini diasumsikan bahwa suatu hubungan linier terdapat antara gaya dan defleksi dan semua deformasi yang terjadi kembali lagi ketika beban dipindahkan. Untuk sebagian besar material enginering, asumsi dari linierisasi juga menyebutkan bahwa displacemen dari strukturadalah kecil dibandingkan dimensi keseluruhannya.

Suatu masalah sering terjadi ketika sistem merupakan materially nonlinier, yaitu ketika hubungan gaya dan displaceme dan material itu sendiri tidak lagi linier, seperti baja, hal ini terjadi ketika teganga luluh tercapai. Material tersebut kemudian mengalami deformasi inelstik yang mana tidak proporsional

lagi dengan beban. Kejadian suatu sifat nonliner yang berbeda terdapat pada kasus dimana gaya dalam tergantung pada deformasi akhir. Sistem seperti ini disebut geometrically nonlinier.

Masalah linier atau nonlinier kemudia dapat dibagi-bagi nenjadi kasus statik dan dinamik. Dalam masalah statik beban diterapkan berlahan dalan acuan bahwa gaya dalam yang sangat kecil terjadi saat proses pembebenan sedangkan pada kasus dinamik gaya dalam adalah siknifikan dibandingkan gaya yang diberikan.

Semua tipe analisa ini baik yang linier, nonliner, statik ataupun dinamik dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode elemen hingga. Dalam rangka untuk meningkatkan usaha komputasional, tipe analisa ini dapat dirangking seperti berikut *(R.J. Astley, "Finite Elemen in Solids and Structures", New Zealand 1992)* :

1. Linier static analysis
2. Normal mode analysis
3. Buckling analysis (linier)
4. Linier dynamic analysis
5. Static / dynamic analysis (materially nonlinier)
6. Static / dynamic analysis (geometrically nonlinier)

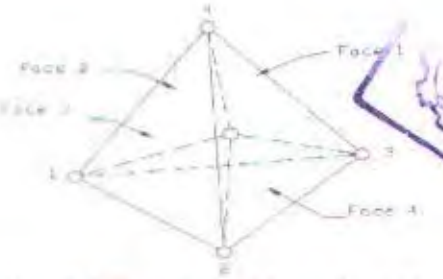
A. Penggunaan Metode Elemen Hingga Dalam Perhitungan Solid

1. Tetrahedral Elemen

Untuk menformulasikan tetrahedral elemen kita akan menggunakan koordinat alami yang mana hal ini sama dengan formulasi

dari dua dimensi. Tetrahedral yang paling sederhana adalah yang mempunyai empat sudut node. Pada gambar 2-5 menunjukan suatu tetrahedral dalam dua koordinat rectangular dan tetrahedral sisi 1,2,3 dan 4 yang mempunyai tetrahedral dari $\xi_1 = 0$, $\xi_1 = 0$, $\xi_1 = 0$, dan $\xi_1 = 0$, dimana koordinat tetrahedralnya ξ_i (i = 1,2,3 dan 4). Untuk suatu titik dalam diidentifikasikan sebagai rasio dari volum v_i ke total volum v, dengan v_i didefinisikan sebagai volum dari subtrahedron yang terikat oleh interior point dari sisi I yaitu

$$\xi_1 = \frac{v_1}{v} \quad \xi_2 = \frac{v_2}{v} \quad \xi_3 = \frac{v_3}{v} \quad \xi_4 = \frac{v_4}{v} \qquad (2.5)$$



gambar 2-5 Tetrahedral koordinat (ξ_1, ξ_2, ξ_3 dan ξ_4)

SEPULUH - NOPEMBER

karena $V_1 + V_2 + V_3 V_4 = V$

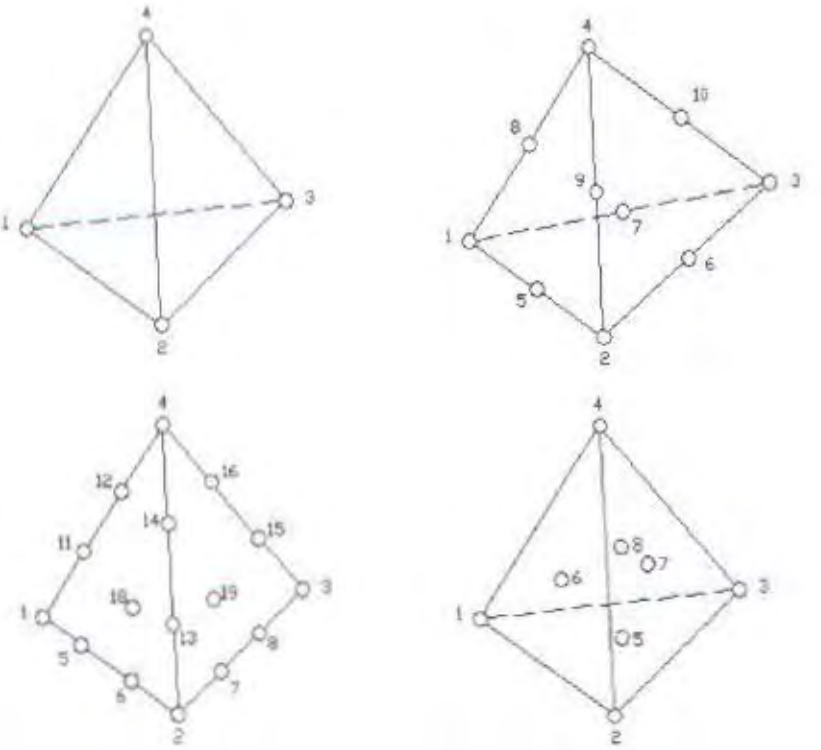
maka $\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 = 1$ (2.6)

untuk tetrahedral dengan empat sudut node dan tiga derajat kebebasan (*u,v dan w*) seperti terlihat pada gambar 2-6 Untuk displacemen komponennya dapat diasumsikan sebagai fungsi linier dari koordinat tetrahedral

$$u = \xi_1 u_1 + \xi_2 u_2 + \xi_3 u_3 + \xi_4 u_4 = \sum_{i=1}^{4} N_1 u_1$$

$$v = \xi_1 v_1 + \xi_2 v_2 + \xi_3 v_3 + \xi_4 v_4 = \sum_{i=1}^{4} N_1 v_1$$

$$w = \xi_1 w_1 + \xi_2 w_2 + \xi_3 w_3 + \xi_4 w_4 = \sum_{i=1}^{4} N_1 w_1$$



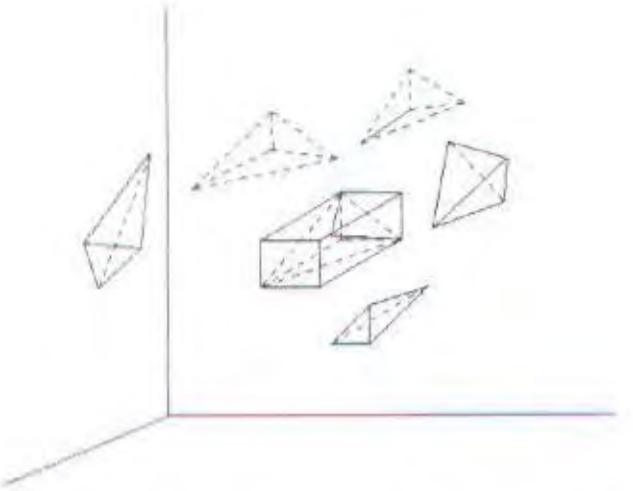
gambar 2-6 Elemen Tetrahedral dengan 4,10, 20 dan 8 node

dimana u_i, v_i dan w_i adalah komponen displaceman pada titik sudut dengan i =1,2,3,4 dan N adalah fungsi bentuk. ***(T.Y Yang, "Finite Elemen Structural Analysis")***

Jika empat simpul centroidal pada empat sisi diperoleh dari delapan simpul dengan enempuluh derajat kebebasan tetrahedron. Maka kita akan memiliki suatu empat simpul dengan empet puluh delapan d.o.f tetrahedron dimana displacemen u,v,w juga termasuk didalamnya dan derivative pertama

terhadap x, y dan z sebagai node d.o.f.s. fungsi displacement untuk u, v atau w dapat diasumsikan sebagai suatu polynomial kubik tak lengkap (***Argyris, j. H., "Matrix Analysis of Three-Dimensional Media Small and Large Displacement"***).

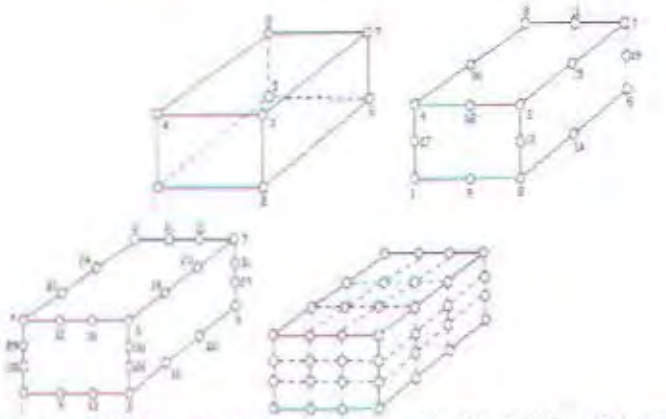
Untuk meshing model tiga dimensi solid dengan tetrahedral terlihat pada gambar 2-7



Gambar 2-7 Hexahedron dalam lima tetrahedral

2. Hexahedron Elemen

Karena bagian depan dan sisi dari rectangular hexahedronal elemen adalah orthogonal satu sama lainnya. Dimana elemen seperti itu dapat diformulasikan menggunakan nondimensional koordinat. Cara langsung untuk membebtuk suatu rectangular hexadronal elemen adalah dengan mengasumsikan hanya tiga derajat kebebasan *(u, v, w)* pada setiap simpul dan untuk meningkatkan jumlah simpul dari 8, 20, 32 dan 64. seperti terlihat pada gambar 2-8



Gambar 2-8 Hexahedronal dengan 8, 20, 32 dan 64 node

Untuk 8 simpul dengan 24 d.o.f rectangular hexadronal elemen dengan dimensi 2a, 2b dan 2c terlihat pada gambar 5-8 untuk setiap simpul mempunyai 3 d.o.f *(u, v, w)* sehingga:

$$\xi = \frac{x - x_0}{a} \quad \xi = \frac{y - y_0}{b} \quad \xi = \frac{z - z_0}{c}$$

dimana setiap koordinat axsis mulai -1 sampai dengan 1. fungsi displacemen untuk u, v, dan w dapat diasumsikan dalam bentuk linier. ***(T.Y Yang, "Finite Elemen Structural Analysis").***

3. perhitungan elemen solid

Untuk analisa elemen hingga tiga dimensi kita bisa menggunakan program komputasi yang mana nantinya hasil numerik dipakai untuk bahan perbandingan dari berbagai jenis elemen tiga dimensi karena hal ini jauh lebih lengkap dibandingkan dengan elemen dua dimensi. Untuk tipe dari elemen solid digunakan dua tipe dari tetrahedral yang pertama digunakan dengan membentuk suatu hexahedron memakai elemen seperti yang terlihat pada gambar 5-7 dimana hasilnya mengindikasikan hexahedral umum yang langsung terbentuk adalah lebih efisien dari pada tetrahedral.

B. Bentuk Dari Persaman Elemen Hingga

Tanpa melaksanakan segala bentuk analisa kuantitatif hubungan alami yang ada antara simpul gaya dan simpul displacement dapat diketahui hanya jika sistem tersebut linier. Secara axiometric*(R.J. Astley, "Finite Elemen in Solids and Structures", New Zealand 1992)* :

1. Bahwa displacement sembarang titik dalam struktur yang berhubungan dengan aplikasi kombinasi dari semua beban eksternal adalah sama dengan jumlah dari displacement pada titik yang sama yang berhubungan dengan aplikasi dari setiap beban terpisah.
2. Bahwa displacement pada sembarang titik yang berhubungan dengan aplikasi beban secara linier berbeda dengan besarnya masing-masing beban.

$$\delta_1 = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \ldots + \delta_{1n}$$

$$\delta_2 = \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23} + \ldots + \delta_{2n}$$

$$\delta_n = \delta_{n1} + \delta_{n2} + \delta_{13} + \ldots + \delta_{nn}$$

dimana :

δ_{ij} adalah kuantitas distribusi kepada displacement δ_i ynag mana hasil dari suatu gaya simpul f_j tanpa beban lain.

Pernyataan dua menunjukkan keberadaan dari suatu konstanta proporsional yang menentukan konstribusi yang dibuat ole beban f_j ke

displacement δ_i. konstanta ini sebut saja c_{ij} biasanya dinamakan flexibility influence coefficient dan menujukan suatu hubungan yaitu :

$$\delta_{ij} = c_{ij} f_j$$

persamaan linier yang menghubungkan displacement simpul dan gaya simpul yaitu :

$$\delta_1 = c_{11}f_1 + c_{12}f_2 + \ldots + c_{1n}f_n$$

$$\delta_2 = c_{21}f_1 + c_{22}f_2 + \ldots + c_{2n}f_n$$

.

.

.

$$\delta_n = c_{n1}f_1 + c_{n2}f_2 + \ldots + c_{nn}f_n$$

dalam bentuk matrik :

$$d = Cf$$

dimana :

$$d = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \delta_n \end{bmatrix}, \quad c = \begin{bmatrix} c_{11}c_{12}\ldots c_{1n} \\ c_{21}c_{22}\ldots c_{2n} \\ . \\ . \\ . \\ c_{n1}c_{n2}\ldots c_{nn} \end{bmatrix}, dan \quad f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ . \\ . \\ . \\ f_n \end{bmatrix}$$

matrik c mempunyai n row dan n colums dan disebut juga dengan matrik fleksibilitas, matrik f dan d disebut dengan fektor gaya simpul dan fektor displacement simpul.

$$C^{-1} d = f$$

Dimana :

C^{-1} adalah matrik kekakuan, biasanya disimbulkan dengan K sehingga menjadi

$$K\,d = f$$

Jika komponen K diketahui dari pada C, maka jumlah n persamaan simultan yang diwakili oleh persamaan diatas dapat diselesaikan untuk memberikan displacement simpul yang belum diketahui untuk sejumlah set gaya luar. Matrik Kdapat diperoleh hanya dengan mengkonversikan matrik flesibilitas C.

2.7 Von Mises Stress.

Perhitungan tegangan von mises maksimum didasarkan pada teori von Mises-Hencky, dan juga *Shear-energy theory* atau *Maximum distortion energy theory*.

Dalam kaitannya dengan *principal stresses* σ_1, σ_2, and σ_3, persamaan Von Mises *stress* adalah sebagai berikut ***(Egor P. Popov, "Mekanika Teknik")*** :

$$\sigma_{vonMises} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]/2\}^{(1/2)}$$

Suatu material dinyatakan mulai luluh ketika nilai von mises stress mendekati nilai batas tegang (stress limit). Nilai batas tegangan biasanya dinyatakan oleh *Yield strength*

$$\sigma_{vonMises} \geq \sigma_{limit}$$

Perhitungan faktor keamanan (*Factor of Safety*) dinyatakan dalam persamaan :

Factor of Safety (FOS) = $\sigma_{izin} / \sigma_{terjadi}$

Besarnya faktor keamanan merupakan indikasi dari keamanan suatu material :

- Faktor keamanan kurang dari 1 pada suatu lokasi menyatakan bahwa material itu patah pada lokasi tersebut.
- Faktor keamanan 1 pada suatu lokasi menyatakan bahwa material itu mulai patah pada lokasi tersebut.
- Faktor keamanan lebih dari 1 pada suatu lokasi menyatakan bahwa material itu aman dilokasi tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dipecahkan atau dianalisa. Metodologi penulisan ini mencakup semua tindakan ataupun langkah-langkah yang akan dilakukan untuk penulisan Tugas Akhir.

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi tegangan akibat gaya puntir pada anchor yang terdapat pada kopling karet yang nantinya digunakan untuk mengetahui karakteristik anchor yang terbaik yang bisa digunakan. Dalam perhitungan mengenai konsentrasi tegangan ini digunakan pendekatan Metode Elemen Hingga dengan program pembantu NASTRAN. Tahap-tahap yang digunakan untuk perhitungan konsentrasi tegangan ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam melakukan analisa konsentrasi tegangan yang terjadi pada tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Data-data tersebut yaitu data mengenai bentuk, ukuran dan material propertys dari kopling karet dan juga data besar tegangan yang dibebankan pada kopling karet yang berupa spesifikasi motor penggerak.

3.3 Pembuatan Geometri Kopling

Prosedur analisa dengan metode elemen hingga akan diawali dengan langkah pemodelan struktur. Bentuk geometri dari sistem yang ditinjau akan di diskritisasi menjadi elemen-elemen hingga selanjutnya elemen-elemen hingga yang didapat akan diekspresikan dalam bentuk struktur yang diidealisasikan sehingga prosesini dinamakan dengan idealisasi struktur.

Proses idealisasi struktur dilakukan dengan dasar pertimbangan pada sifat (propertis) dan kelakuan dari sistem yang ditinjau serta relevansi dari bentuk geometri alemennya. Selanjutnya idealisasi struktur yang didapat harus direpresentasikan dalam suatu sistem koordionat yamg relevan, sehingga dapat menggunakan perumusan formulasi matematis yang memadai dan sesuai dengan sistemyang ditinjau.

Dalam hal ini sistem yang ditinjau adalah struktur dari kopling. Bentuk geometri dari sebuah kopling akan tersususn aleh geometri poros, plat dan anchor disini yang dianalisa adalah bagian anchornya saja, sebagai ilustrasi dari aplikasi metode elemen hingga terhadap bentuk anchor akan diambil sebuah bentuk anchor yang sudah ada.

Seperti yang telah disebutkan bahwa penganalisan hanya dilakukan pada geometri anchor saja maka model geometri dari struktur yang dianalisa adalah model geometri anchor. Dimensi dari geometri sistem yang ditinjau adalah sesuai dengan geomertri anchor yang direncanakan, selanjutnya model geometri yang ditentukan akan dianggap sebagai susunan dari proses pendiskritisasi dari struktur yang ditinjau.

3.4 Pengolahan data mentah menjadi data matang

Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data tidak dapat langsung diolah karena data yang diperoleh masih berupa data mentah sehingga perlu pengolahan untuk menjadi data matang.

Agar nantinya penganalisaan dengan menggunakan menggunakan program Nastran dapat dilakukan maka perlu dipelajari cara pengoperasian dan analisa dari out-put yang dihasilkan dari program tersebut.

3.5 Program Computer untuk Metode Elemen Hingga.

Secara umum dengan computer terdapat dua metode pendekatan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan dengan metode elemen hingga. Yang pertama menggunakan program komersial besar, beberapa diantaranya sudah dimodifikasi untuk bisa dijalankan dengan PC yang disebut program Multi Guna (general purpose program) yang dirancang untuk bisa menyelesaikan berbagai jenis persoalan. Jenis yang kedua program Kegunaan Khusus (special purpose program yang lebih kecil yaitu untuk menyelesaikan persoalan-persoalan jenis tertentu.

Kemampuan standart dari beberapa program yaitu meliputi :

1. jenis-jenis elemen yang sudah disediakan seperti elemen beam (balok) Plane stress (tagangan bidang) dan elem solit.
2. jenis analisis yang tersedia misalnya kemempuan analisis statis dan non linier.
3. kelakuan material, seperti elastis linier dan non linier.

4. jenis pembebenan, seperti beban terpusat, beban merata, beban panas dan displacement.
5. pembangkitan data (data generation), seperti pembangkit simpul, elemen dan restrain secara otomatis (beberapa program memiliki preprosesor untuk membuat mesh untuk model).
6. ploting, seperti bentuk geometri model sebelum dan sesudah terdeformasi serta kontur tegangan dan suhu.
7. kelakuan displacemen, seperti dusplacemen yang kecil atau besar dan juga buckling (tekukan)
8. pemilihan output, seperti memilih simpul-simpul atau elemen-elemen tertentu serta menentukan nilai-nilai maksimum atau minimum.

Kebanyakan program, paling tidak menyediakan library untuk elemen-elemen batang, balok, tegangan bidang, lenturan plat, dan elemen solid 3-D. Adapun program yang kita pakai sekarang adalah program NASTRAN.

3.5.1. Tahap-tahap Pemograman

Pengolahan data mentah berupa dimensi kopling, speksifikasi motor dan material properties menjadi data matang dalam pemograman, dengan program Nastran dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Pembuatan geometri kopling.

   Dalam hal ini sistem yang ditinjau adalah struktur dari kopling. Bentuk geometri dari sebuah kopling akan tersususn oleh geometri poros, plat dan anchor disini yang dianalisa adalah bagian anchornya saja, sebagai

ilustrasi dari aplikasi metode elemen hingga terhadap bentuk anchor akan diambil sebuah bentuk anchor yang sudah ada.

2. Meshing geometri.

   Meshing geometri merupakan proses pembuatan jaring-jaring dimana jaring ini berupa elemen dan node tempat penetuan titik-titik gaya dan tumpuan yang bekerja dan merupakan idealisasi dari material dan propertinya.

3. Pengecekan model.

   Bentuk geometri yang telah dibagi menjadi elemen-elemen kecil dan simpul dilakukan pengecekan. Pengecekan ini meliputi pengecekan elemen, simpul material properti, beban yang dikenakan dan tumpuan. Fungsi pengecekan ini adalah untuk mengetahui apakah ada kesalahan dari inputan yang dimasukan sebelum dilakukan perhitungan oleh program.

4. Analisa dan Post processing.

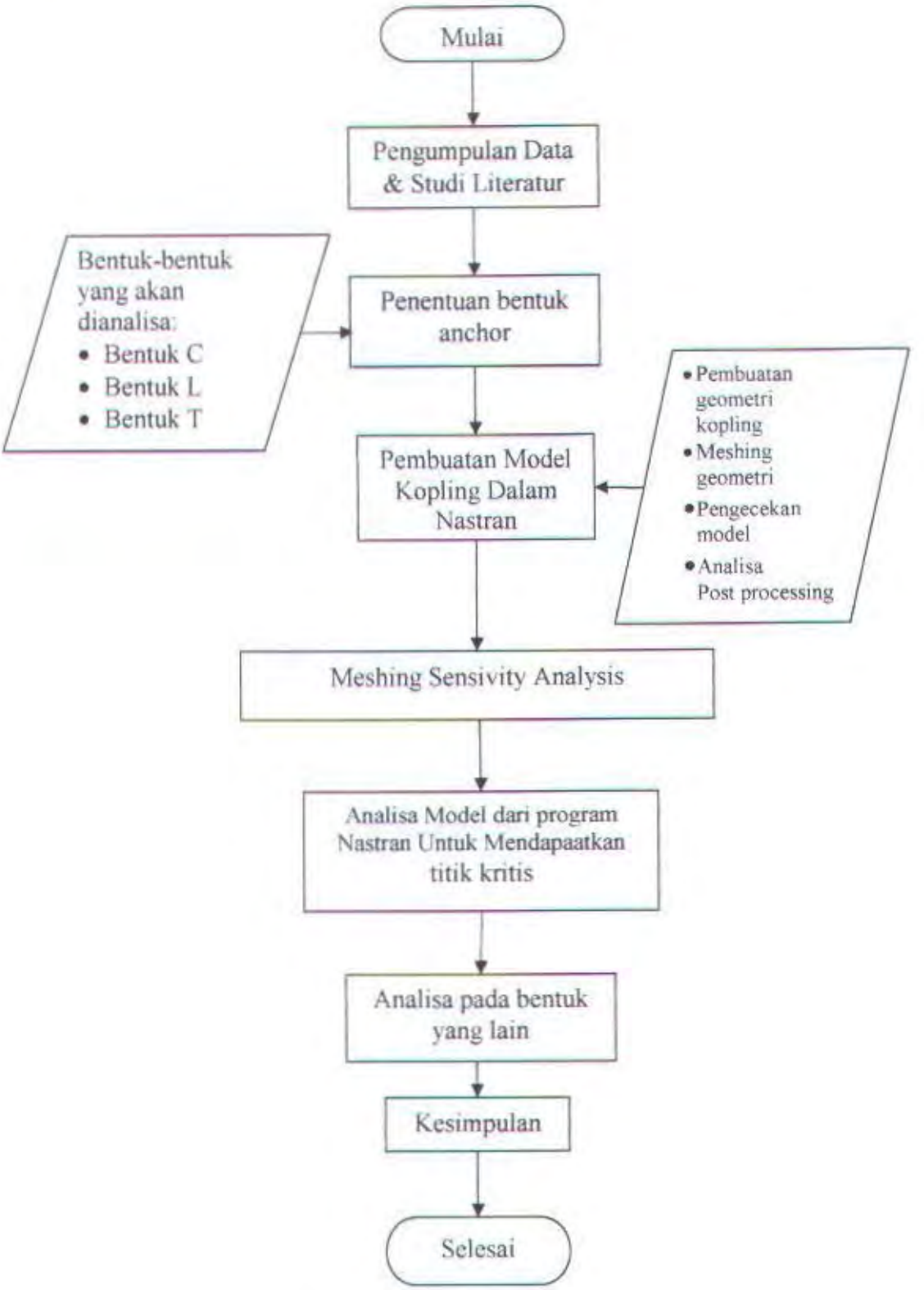
   Setelah dilakukan pengecekan pada model dan pembenaran jika sudah tidak ada kesalahan program dapat dijalankan/*running*. Hasil yang diharapkan adalah angka-angka yang nantinya digunakan sebagai perhitungan konsentrasi tegangan pada kopling karet.

5. Meshing Sensivity Study

   Metode elemen hingga merupakan analisa numeris dimana nilai hasil perhitungannya merupakan suatu pendekatan. Pendekatan dari nilai yang sebenarnya, ditentukan dari kehalusan jaring-jaring (mesh) yang dibuat. Tahap penghalusan mesh ini disebut dengan Meshing Sensivity Study.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan diambil suatu langkah penyimpulan dengan menggunakan acuan rekomendasi dari langkah yang telah dilakukan dalam bab-bab sebelumnya untuk mengetahui pembuatan kopling karet yang lebih baik dari sebelumnya.



Gambar 3.1 Flow Chart PengerjaanTugas Akhir

BAB IV

PEMODELAN ANCHOR DALAMMETODE ELEMEN HINGGA

BAB IV

PEMODELAN ANCHOR DALAM METODE ELEMEN HINGGA

4.1. Umum

Perhitungan kekuatan pada sebuah komponen akan menentukan apakah komponen tersebut mampu menahan beban tertentu dan berapa besar ukuran yang diperlukan. Pada perhitungan kekuatan bahan kita akan menghitung tegangan nominal (nominal stress) yang disebabkan oleh beban nominal, dan terdapat pada tempat-tempat yang kritis dari komponen tersebut dan dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan (permissible stress).

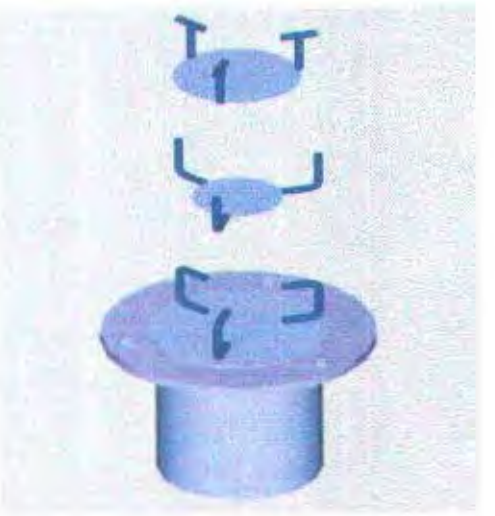
Momen torsi menimbulkan tegangan didalam penampang yang disebut tegangan torsi dimana tegangan torsi tersebut bertambah secara linier dengan bertambahnya jarak dari pusat gravitasi. Dalam perhitungan tegangan ini menggunakan formula yang ada dalam metode elemen hingga, yang digunakan untuk mencari konsentrasi tegangan yang terjadi pada tempat-tempat yang kritis, untuk mempermudah perhitungan kita menggunakan program komputer Nastra. Dalam program nastran ini ada beberapa tahapan yaitu :

1. Pembuatan geometri kopling
2. Meshing geometrei
3. Pengecekan model
4. Analisa dan post processing
5. Meshing sensivity analysis

4.2. Langkah-Langkah Dalam Program Nastran

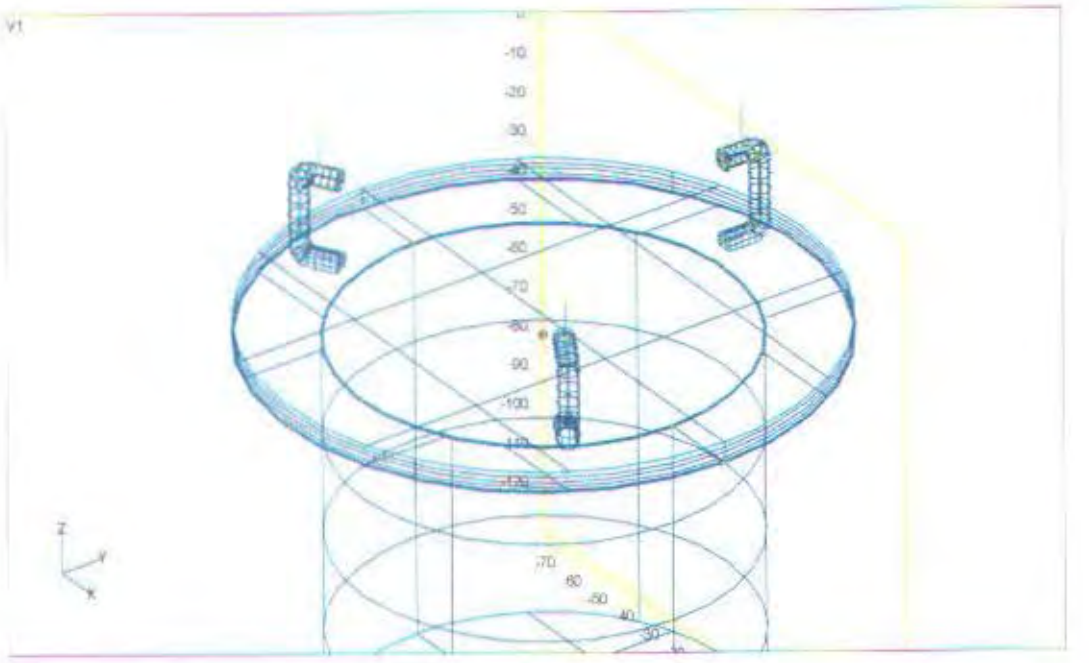
4.2.1. Pembuatan Geometri Kopling

Prosedur analisa dengan metode elemen hingga dan program nastran akan diawali dengan langkah pemodelan struktur. Dalam hal ini sistem yang ditinjau adalah struktur dari kopling. Bentuk dari geometri kopling akan tersususn dari geometri poros, pelat dan anchor. Sebagai ilistrasi dari aplikasi metode elemen hingga terhadap bentuk anchor akan diambil sebuah bentuk yang sudah ada. Dapat dilihat pada gambar 4.1.

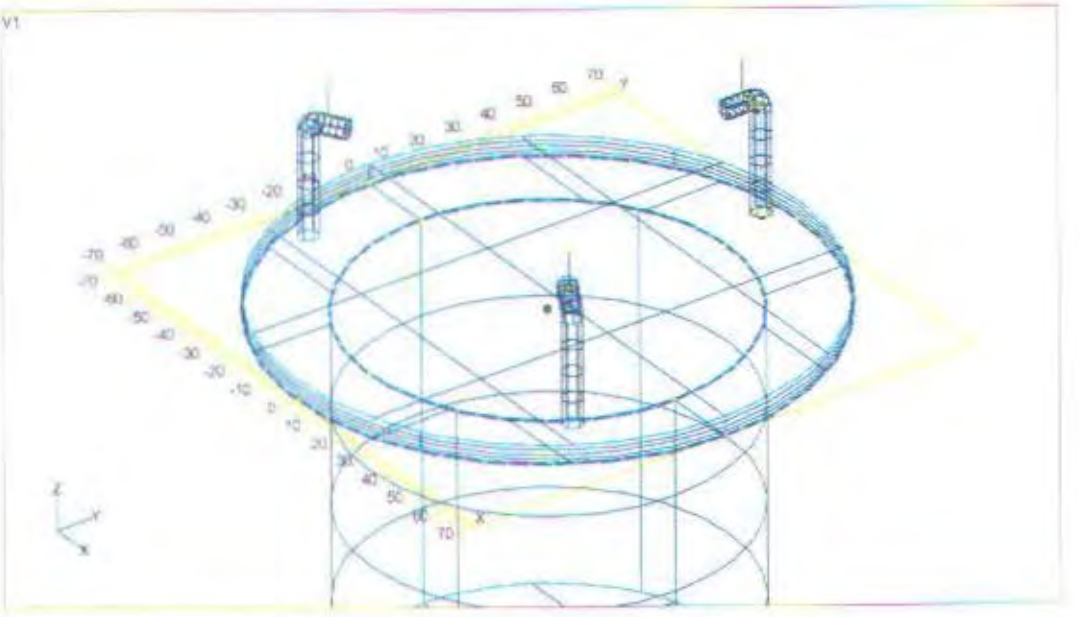


Gambar 4.1. koling karet dan model anchor.

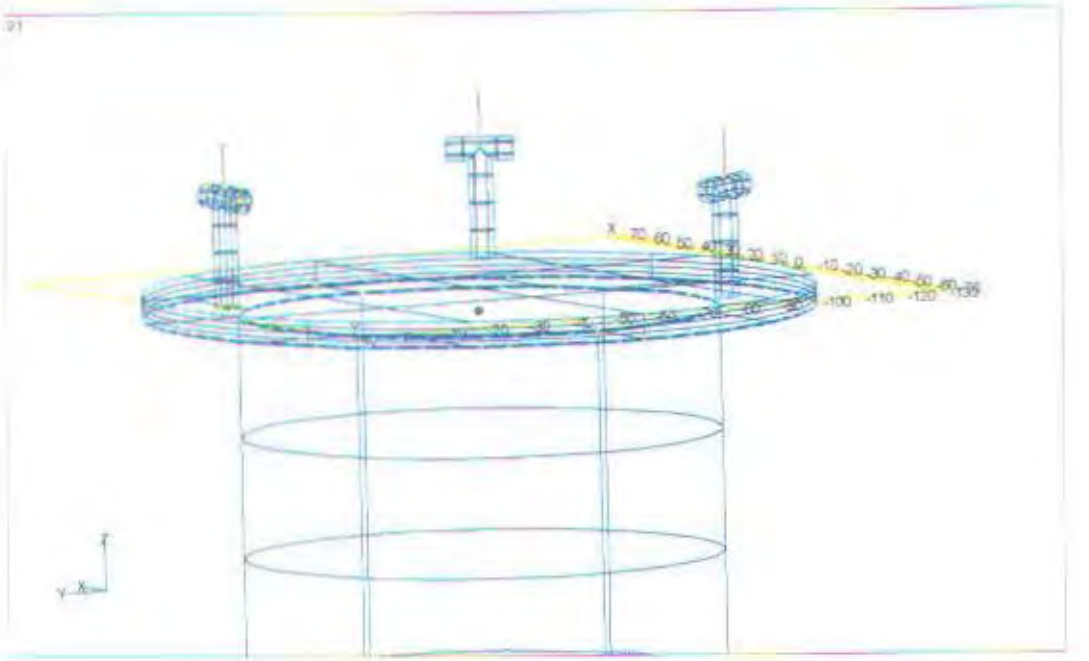
Adapun geometri kopling benda solit yang terbentuk pada program, dapat dilihat pada gambar 4.2., 4.3 dan 4.4



Gambar 4.2 Geometri kopling dan Anchor bentuk C



Gambar 4.3 Geometri kopling dan Anchor bentuk L



Gambar 4.4 Geometri kopling dan Anchor bentuk T

4.2.2. Meshing Geometri

Meshing geometri merupakan proses pembagian elemen menjadi bagian kecil atau elemen hingga atau disebut juga proses pembuatan jaring-jaring. Dimana jaring ini berupa elemen dan node tempat penentuan titik-titik gaya dan tumpuan yang bekerja dan merupakan idealisasi dari meterial dan properti yang digunakan pada kopling karet. Kopling karet yang didesain mnggunakan bahan jenis karet Polychloroprene Rubber atau biasa disebut karet ban dalam sedangkan untuk material dari anchornya menggunakn jenis besi cor abu-abu. Material properties Polychloroprene Rubber dan besi cor abu-abu adalah sebagai berikut :

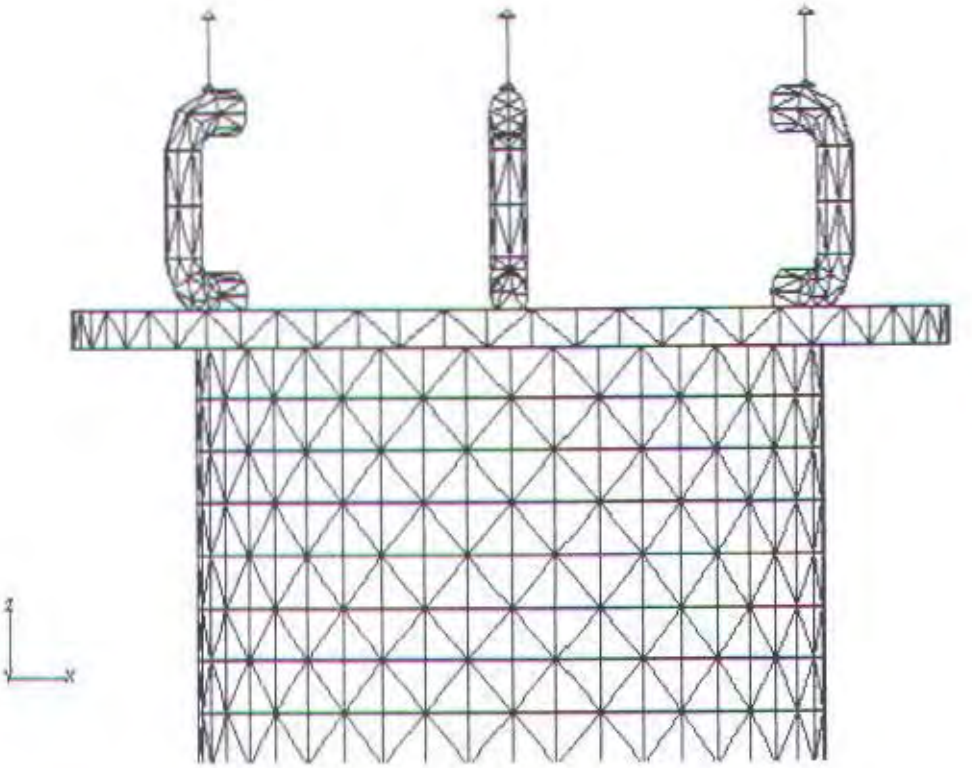
Tabel 4.1 Material properties karet

Property	CR
Density ρ, kg/mm^3	1130
Breaking Stress, Mpa	20.3
Young's Modulus E, Mpa	4.342
Shear Modulus G, Mpa	1.455
Bulk Modulus K, Gpa	1.124
Poisson's ratio v	0.499356
Stiffenes	44

Tabel 4.2. Material properties Besi cor

Property	Besi cor
Density ρ, kg/m^3	7.6400 E+6
Breaking Stress, Mpa	250
Young's Modulus E, Mpa	200000
Shear Modulus G, Mpa	83000
Poisson's ratio v	0.32

Dengan memasukkan inputan yang berupa nilai-nila dari material properties kedalam program, dilanjutkan dengan pembagian geometri menjadi bagian-bagian kecil, setelah itu menentukan titik dimana daya akan bekerja serta besaran momen yang bekerja, kemudian menentukan titik tumpu. Meshing geometri terlihat pada gambar 4.5

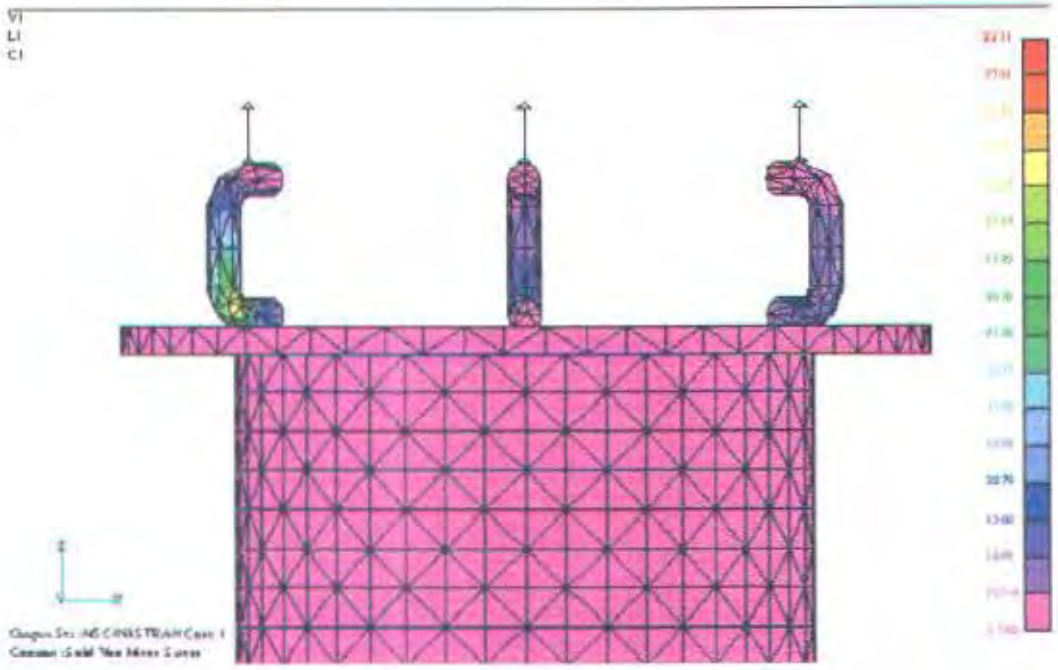


Gambar 4.5 Meshing Geometri

Ada dua jenis beban yang bekerja pada model yakni beban yang bekerja pada *body* dan pada titik simpul (*node*). Beban pada *body* adalah percepatan gravitasi yang nilainya g = 10 m/s^2. Beban pada node adalah momen puntir yang besarnya sama dengan besar moment puntir engine. Pada beban yang terbesar (maksimum) T_{max} = 25,906 N.m. Agar terjadi suatu puntiran maka bagian lain dari kopling harus diberi tumpuan (*constraint*) supaya tetap diam. Jenis *constraint* yang dipakai adalah *fixed constraint*.

4.2.3 Pengecekan Model dan Analisa

fungsi pengecekan ini adalah untuk mengetahui apakah ada kesalah dari inputan yang dimasukan sebelum dilakukan perhitungan. Pengecekan ini meliputi pengecekan terhadap material properties, beban yang dikenakan, tumpuan, elemen dan simpul. Setelah dilakukan pengecekan baru kita melakukan proses analisa oleh program nastran. Hasil analisa yang diperoleh dari program nastran berupa vector gaya, tegangan dan displacemen. Selain itu juga terlihat contour yang menujukan besarnya tegangan yang bekerja pada anchor yang berupa warna. Hasil analisa terlihat pada gambar 4.6 dan outputan seperti berikut:



Gambar 4.6 Solit Von Mises Stress Contour

4.2.4 Meshing Sensivity analysis

Dalam perhitungan dengan metode elemen hingga merupakan analisa numeris dimana nilai hasil perhitunganya merupakan suatu pendekatan. Pendekatan dari nila yang sebenarnya, yang ditentukan dari kehalusan jaring-

jaring yang dibuat. Tahap penghalusan mesh ini disebut dengan meshing sensivity analysis. Pada langkah ini akan dibuat empat dan lima pola jaring dengan panjang elemen yang berbeda, yang nantinya akan menghasilkan nilai tegangan yang konstan yang akan digunakan sebagai perhitungan berikutnya.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisa

5.1.1 Meshing Sensivity Analysis.

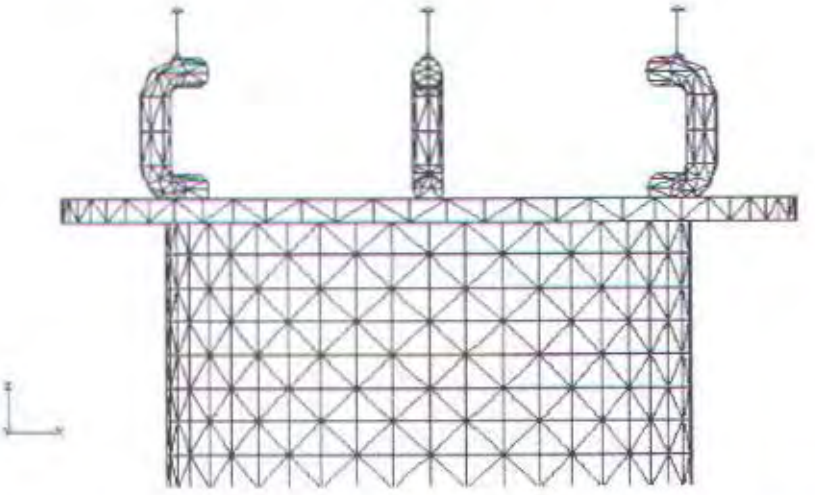
Pada langkah ini akan dibuat beberapa pola jaring dengan panjang dan jumlah elemen yang berbeda-beda. Dari beberapa pola jaring ini didapat nilai besaran tegangan yang konstan dan yang nantinya digunakan sebagai data perhitungan berikutnya.

- Meshing sensivity analysis anchor bentuk C dengan diameter 6.

  Pengamatan dilakukan pada point 11 yakni pada koordinat kartesius (-48.85614, -28.20711, 10.58579)

  - Meshing 1 dengan panjang elemen 7 mm

  Pada meshing dengan panjang elemen 7mm ini terdapat 19470 node dan 11854 elemen, seperti terlihat pada gambar 5.1.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

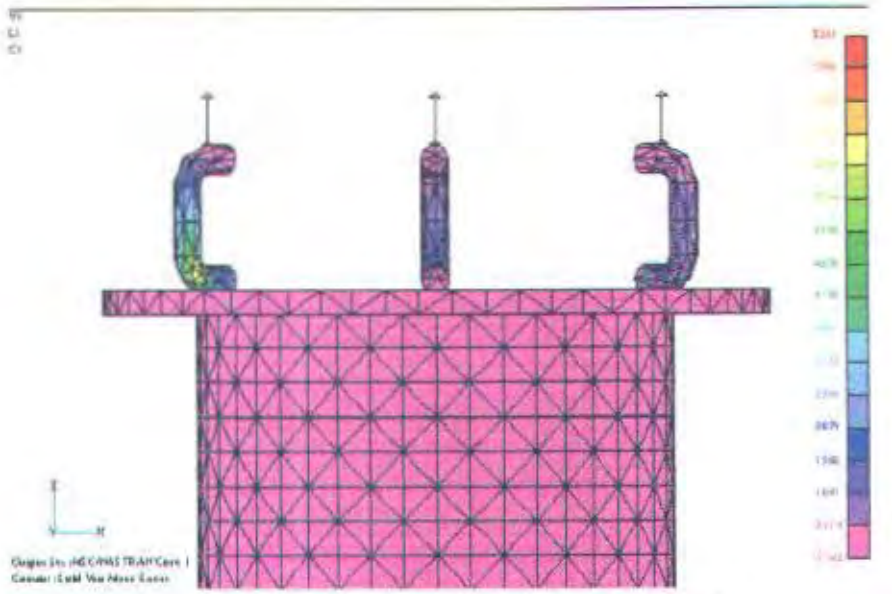
Gambar 5.1 Meshing geometri dengan panjang elemen 7 mm bentuk C

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 No elemen dan tegangan hasil meshing 1 bentuk C

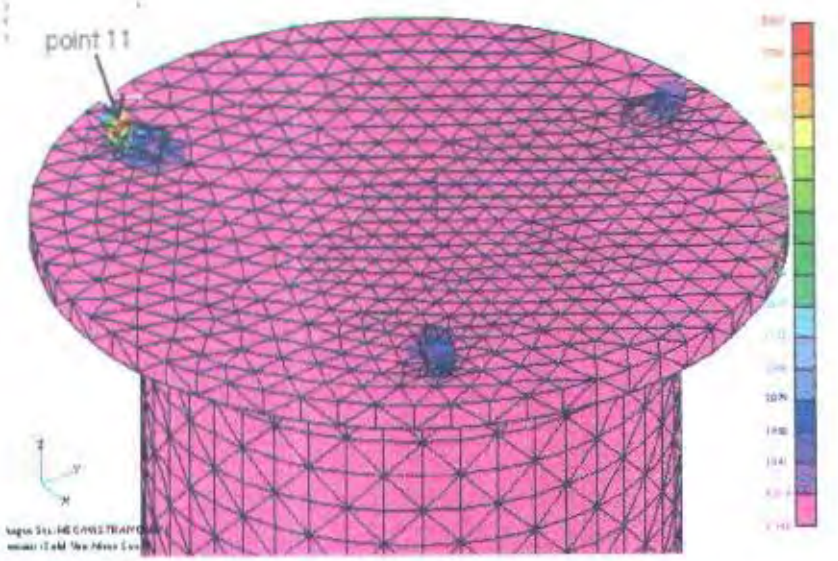
No	No Elemen	Von mises Stress
1	7895	5191.92
2	8499	3768.92
3	8926	2890.2
4	11817	3233.79
5	10278	2667.3
6	7908	4890.17
7	13978	6850.62
8	11343	3878.3
9	13148	1517.73

Countur tegangan vonmises stress hasil analisa pada meshing 1terlihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 solit von mises stress countur 1

Untuk melihat tegangan yang ada dibagian dalam kita bisa memotong bagian yang kita kehendaki yaitu point 11. Seperti terlihat pada gambar 5.3 berikut ini :



Gambar 5.3 solit von mises stress countur bentuk C yang dipotong

• Meshing 2 dengan panjang elemen 6.8 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.8 mm ini terdapat 19448 node dan 11647 elemen,

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2 No elemen dan tegangan hasil meshing 2 bentuk C

No	No Elemen	Von mises Stress
1	15393	205.521
2	9655	132.531
3	15197	185.503
4	11408	81.8323

5	11427	144.594
6	8787	294.487
7	8829	150.253
8	8842	143.652
9	9162	76.9073
10	8834	63.993

- Meshing 3 dengan panjang elemen 6.6 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.6 mm ini terdapat 19743 node dan 11748 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.3 No elemen dan tegangan hasil meshing 3 bentuk C.

No	No Elemen	Von mises Stress
1	15407	451.477
2	9994	224.855
3	11181	244.628
4	9743	253.743
5	10476	366.151
6	9973	102.176
7	9976	160.223
8	9014	165.485
9	14401	246.298
10	9012	333.518

• Meshing 4 dengan panjang elemen 6.4 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.4 mm ini terdapat 22445 node dan 13564 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.4 No elemen dan tegangan hasil meshing 4 bentuk C

No	No Elemen	Von mises Stress
1	15124	320.512
2	11908	146.175
3	10907	239.947
4	13355	124.253
5	13726	153.83
6	10369	308.136
7	9398	390.486
8	7321	396.132
9	8779	111.968
10	9389	60.0194

• Meshing 5 dengan panjang elemen 6.2 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.2 mm ini terdapat 23075 node dan 13986 elemen

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 5 No elemen dan tegangan hasil meshing 5 bentuk C

No	No Elemen	Von mises Stress
1	9472	187.418
2	12601	95.4592
3	12916	96.5286
4	17730	140.745
5	8702	168.881
6	15423	149.519
7	17089	157.554
8	9483	116.169
9	15158	124.285
10	10300	117.488
11	8230	93.2813
12	8892	115.708
13	6607	77.4648
14	7550	107.186

Tabel 5.6 No Elemen dan tegangan hasil meshing keseluruhan bentuk C

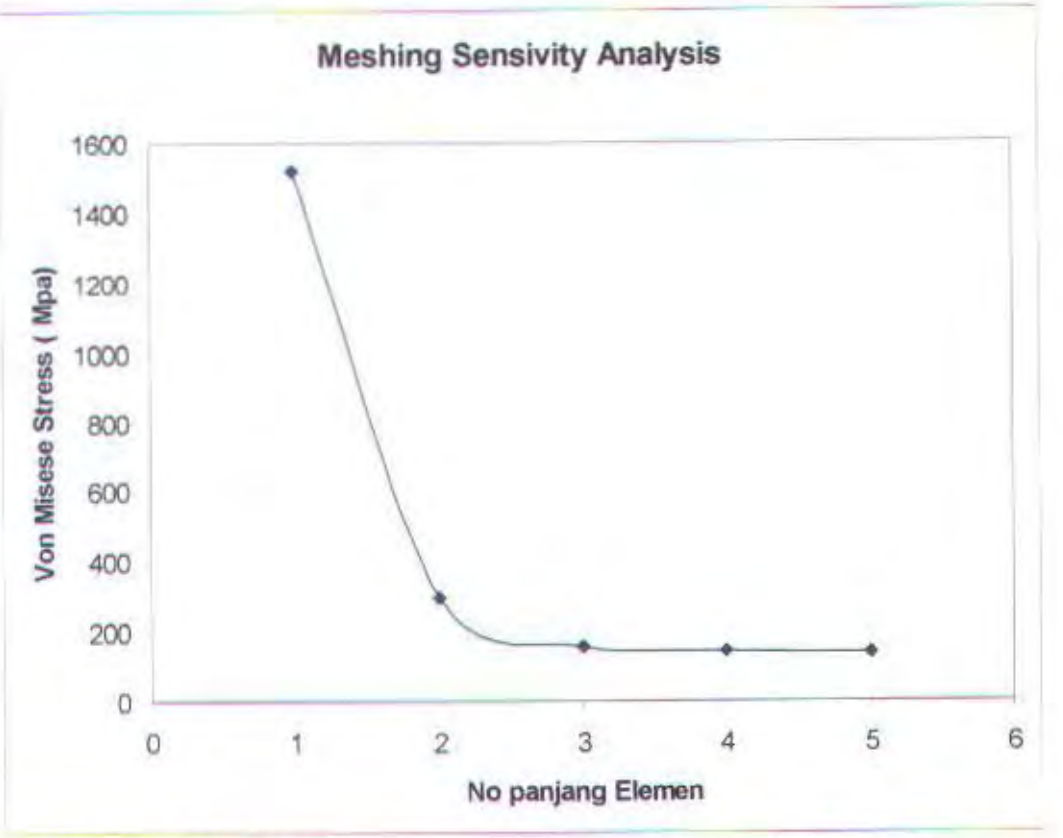
No	Panjang Elemen (mm)	No Elemen	Von mises Stress (Mpa)	No	Panjang Elemen (mm)	No Elemen	Von mises Stress (Mpa)
1	7	7895	5191.92	30	6.4	15124	320.512
2		8499	3768.92	31		11908	146.175
3		8926	2890.2	32		10907	239.947
4		11817	3233.79	33		13355	124.253
5		10278	2667.3	34		13726	153.83
6		7908	4890.17	35		10369	308.136
7		13978	6850.62	36		9398	390.486
8		11343	3878.3	37		7321	396.132
9		13148	1517.73	38		8779	111.968
10	6.8	15393	205.521	39		9389	60.0194
11		9655	132.531	40	6.2	9472	187.418
12		15197	185.503	41		12601	95.4592
13		11408	81.8323	42		12916	96.5286
14		11427	144.594	43		17730	140.745
15		8787	294.487	44		8702	168.881
16		8829	150.253	45		15423	149.519
17		8842	143.652	46		17089	157.554
18		9162	76.9073	47		9483	116.169
19		8834	63.993	48		15158	124.285
20	6.6	15407	451.477	49		10300	117.488
21		9994	224.855	50		8230	93.2813
22		11181	244.628	51		8892	115.708
23		9743	253.743	52		6607	77.4648
24		10476	366.151	53		7550	107.186
25		9973	102.176				
26		9976	160.223				
27		9014	165.485				
28		14401	246.298				
29		9012	333.518				

❖ Grafik Sensivity Analysis

Tahap meshing geometri menghasilkan out-put sebagai berikut :

Tabel 5.7 Hasil Mesh sensivity bentuk C

No	Panjang Elemen	Von Mises Stress
1	7	1517.73
2	6.8	294.487
3	6.6	160.223
4	6.4	146.175
5	6.2	140.745



Gambar 5.4 Grafik Mesh sensivity pada bentuk C dengan diameter 6 mm

Dari data yang ada diatas dapat dibuat kesimpulan bahwa pada mesh 5 dengan panjang elemen 6.2 mm tercapai nilai yang relatif konstan. Perhitungan yang telah dilakukan oleh program NASTRAN pada jaring-jaring/mesh dengan panjang elemen 6.2 mm didapat data sebagai tersebut :

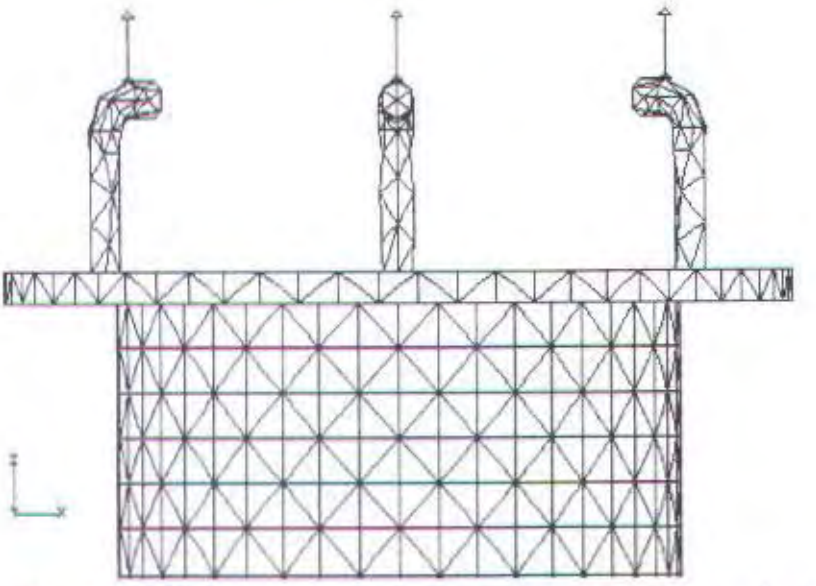
1. Jumlah node 23075
2. Jumlah elemen 13986
3. Solid Von Mises Stress :
    - Maximum terjadi pada elemen 9472 sebesar 187.4182 Mpa
    - Minimum terjadi pada elemen 16830 sebesar 0.0811076 Mpa
    - Nilai rata-rata 3.59539 Mpa

- Meshing sensivity analysis anchor bentuk L dengan diameter 6

  Pengamatan dilakukan pada point 139 yakni pada koordinat kartesius (49.36345, -28.5, 12.33333)

  • Meshing 1 dengan panjang elemen 7 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 7 mm ini terdapat 14691 node dan 8624 elemen, seperti terlihat pada gambar 5.5



Gambar 5.5 Meshing geometri dengan panjang elemen 7 mm bentuk L

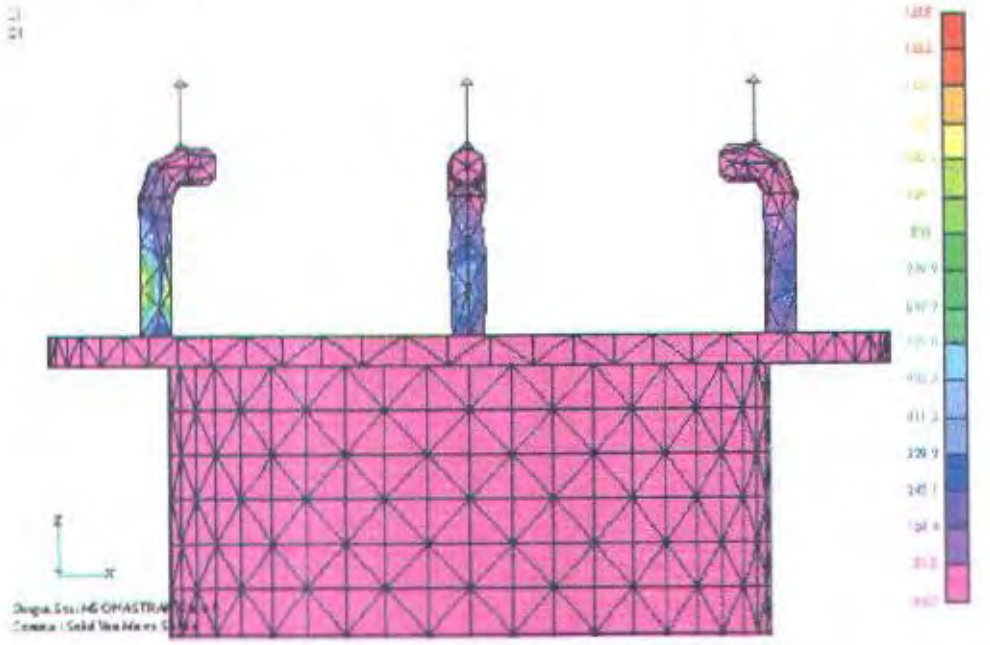
Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 139 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.8 No elemen dan tegangan hasil meshing 1 bentuk L

No	No Elemen	Von mises Stress
1	10847	77.7209
2	10839	17.7821
3	11137	53.1797
4	6314	14.1583

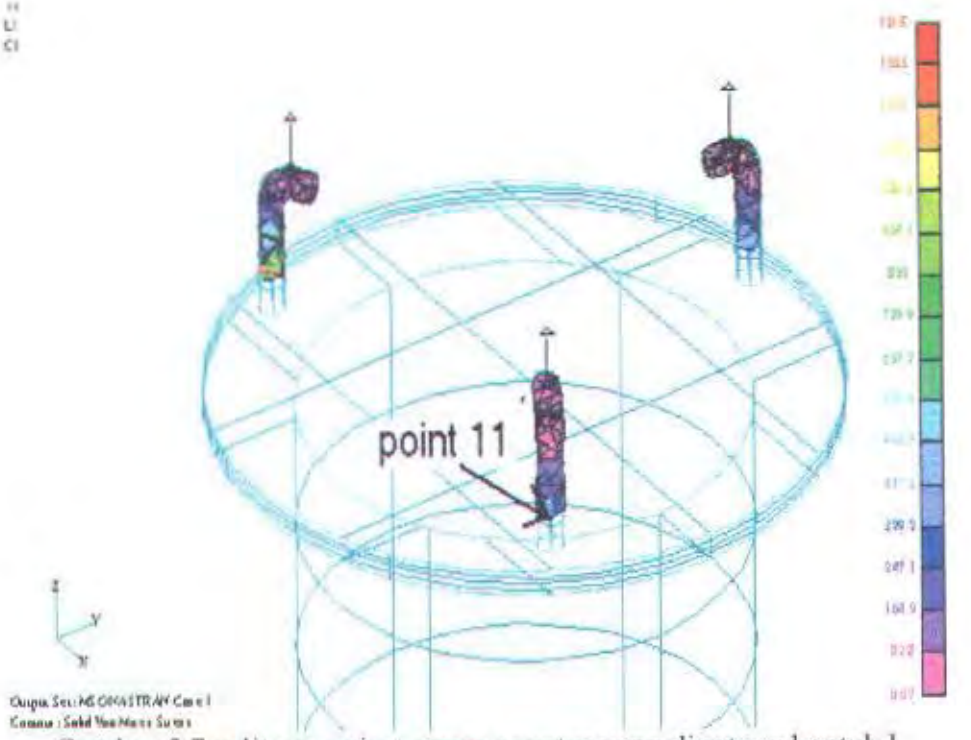
5	10835	156.128
6	10842	135.953
7	11136	168.364

Countur tegangan vonmises stress hasil analisa pada meshing 1terlihat pada gambar 5.6



.Gambar 5.6 solit von mises stress countur 2

Untuk melihat tegangan yang ada dibagian dalam kita bisa memotong bagian yang kita kehendaki yaitu point 11. Seperti terlihat pada gambar 5.7 berikut ini :



Gambar 5.7 solit von mises stress countur yang dipotong bentuk L

- Meshing 2 dengan panjang elemen 6.8 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.8 mm ini terdapat 16602 node dan 9850 elemen,

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagaiberikut:

Tabel 5.9 No elemen dan tegangan hasil meshing 2 bentuk L

No	No Elemen	Von mises Stress
1	11302	13.4887
2	12574	3.36643
3	9173	8.21023
4	12164	2.75737
5	8376	18.2639
6	6386	14.9275

- Meshing 3 dengan panjang elemen 6.6 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.6 mm ini terdapat 17831 node dan 10653 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10 No elemen dan tegangan hasil meshing 3 bentuk L

No	No Elemen	Von mises Stress
1	7502	66.9157
2	9579	10.2139
3	7794	67.0852
4	10033	18.2143
5	9116	34.347
6	12222	6.41997
7	7794	67.0852
8	8179	24.5272

- Meshing 4 dengan panjang elemen 6.4 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.4 mm ini terdapat 20619 node dan 12517 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.11 No elemen dan tegangan hasil meshing 4 bentuk L

No	No Elemen	Von mises Stress
1	14084	24.4331
2	14804	34.3926
3	13866	5.18616

4	14360	17.0972
5	13870	17.4133
6	13181	4.29792

Tabel 5.12 No Elemen dan tegangan hasil meshing keseluruhan bentuk L

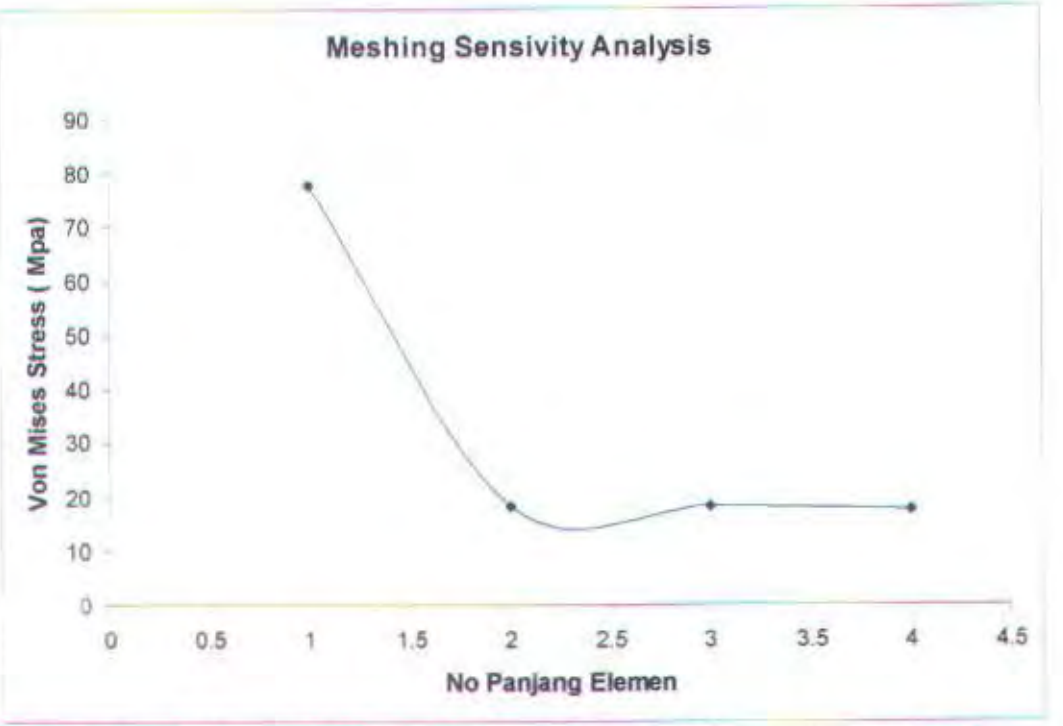
No	Panjang Elemen (mm)	No Elemen	Von mises Stress (Mpa)
1	7	10847	77.7209
2		10839	17.7821
3		11137	53.1797
4		6314	14.1583
5		10835	156.128
6		10842	135.953
7		11136	168.364
1	6.8	11302	13.4887
2		12574	3.36643
3		9173	8.21023
4		12164	2.75737
5		8376	18.2639
6		6386	14.9275
1	6.6	7502	66.9157
2		9579	10.2139
3		7794	67.0852
4		10033	18.2143
5		9116	34.347
6		12222	6.41997
7		7794	67.0852
8		8179	24.5272
1	6.4	14084	24.4331
2		14804	34.3926
3		13866	5.18616
4		14360	17.0972
5		13870	17.4133
6		13181	4.29792

❖ Grafik Sensivity Analysis

Tahap meshing geometri menghasilkan out-put sebagai berikut :

Tabel 5.13 Hasil Mesh sensivity bentuk L

No	Panjang Elemen	Von Mises Stess
1	7	77.7209
2	6.8	18.2639
3	6.6	18.2143
4	6.4	17.4133



Gambar 5.8 Grafik Mesh sensivity pada bentuk L dengan diameter 6 mm

Dari data yang ada diatas dapat dibuat kesimpulan bahwa pada mesh 4 dengan panjang elemen 6.4 mm tercapai nilai yang relatif konstan. Perhitungan yang telah dilakukan oleh program NASTRAN pada jaring-jaring/mesh dengan panjang elemen 6.4 mm didapat data sebagai tersebut :

1. Jumlah node 20619

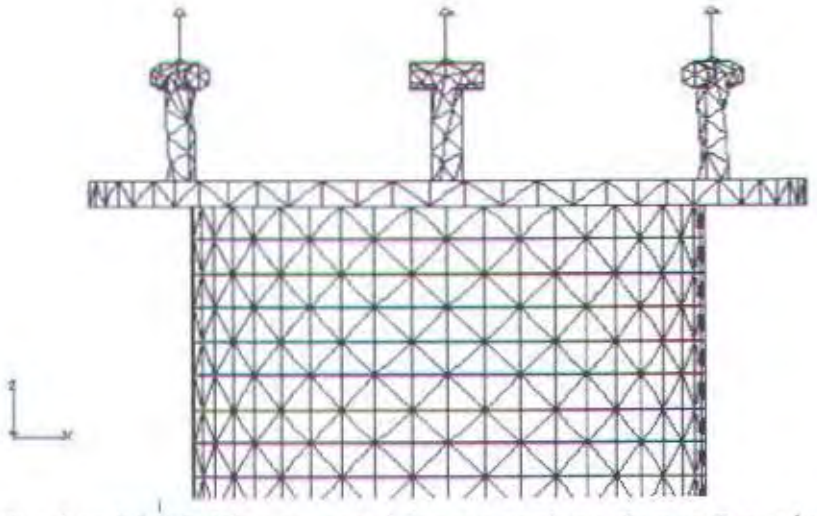
2. Jumlah elemen 12517
3. Solid Von Mises Stress
    - Maximum terjadi pada elemen 12858 sebesar 45.76779 Mpa
    - Minimum terjadi pada elemen 15087 sebesar 0.01687 Mpa
    - Nilai rata-rata 0.58299 Mpa

➢ Meshing sensivity analysis anchor bentuk T dengan diameter 6

Pengamatan dilakukan pada point 11 yakni pada koordinat kartesius (52.65924, -31.69159, 10.01476)

• Meshing 1 dengan panjang elemen 7 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 7 mm ini terdapat 21862 node dan 131301 elemen, seperti terlihat pada gambar 5.9



Gambar 5.9 Meshing geometri dengan panjang elemen 7 mm bentuk T

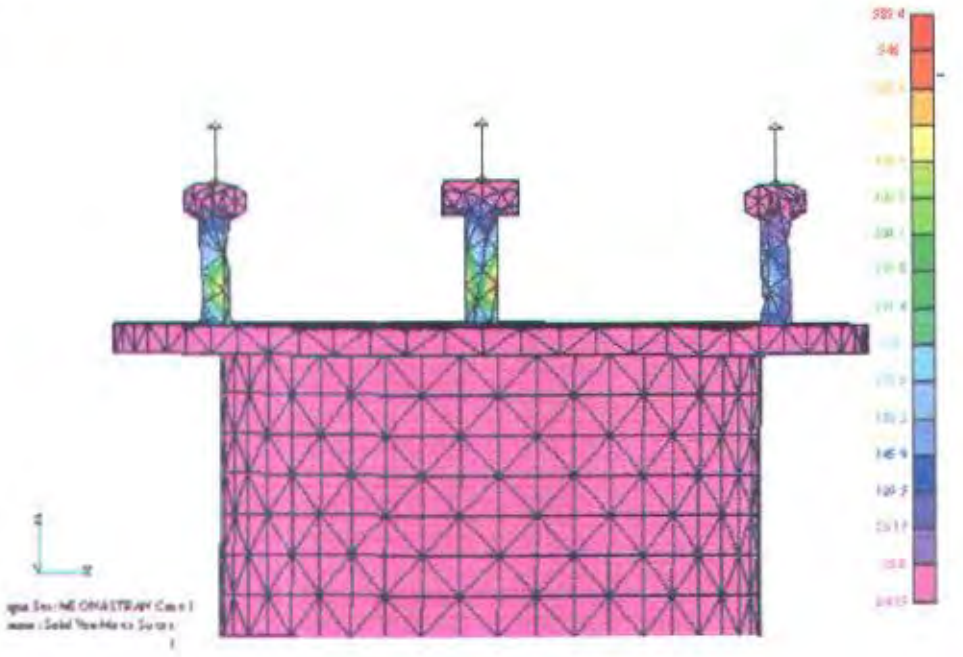
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH – NOPEMBER

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.14 No elemen dan tegangan hasil meshing 1 bentuk T

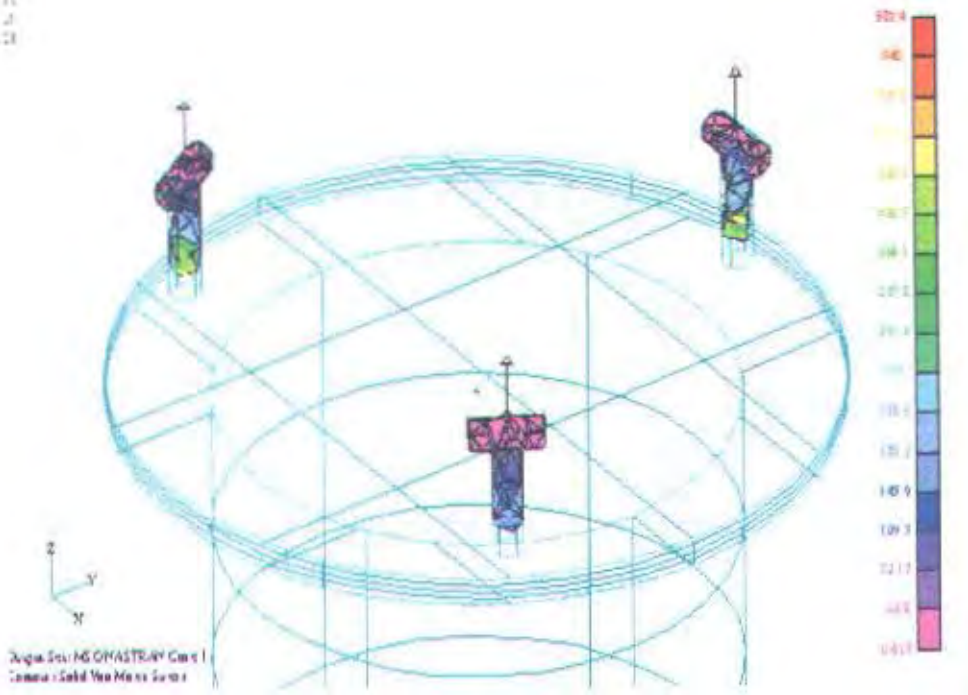
No	No Elemen	Von Mises Stress
1	9471	46.326
2	15847	98.5439
3	13530	127.974
4	8942	136.795
5	16130	54.0153
6	12222	342.512

Countur tegangan vonmises stress hasil analisa pada meshing 1terlihat pada gambar 5.10



Gambar 5.10 solit von mises stress countur 3

Untuk melihat tegangan yang ada dibagian dalam kita bisa memotong bagian yang kita kehendaki yaitu point 11. Seperti terlihat pada gambar 5.11 berikut ini :



Gambar 5.11 solit von mises stress countur yang dipotong bentuk T

- Meshing 2 dengan panjang elemen 6.8 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.8 mm ini terdapat 23945 node dan 14421 elemen,

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.15 No elemen dan tegangan hasil meshing 2 bentuk T

No	No Elemen	Von Mises Stress
1	10281	135.954
2	10768	39.3912
3	16704	81.6708
4	17679	57.2938
5	15486	315.467
6	17910	131.632
7	13725	105.225
8	9796	75.4338
9	13725	105.225

- Meshing 3 dengan panjang elemen 6.6 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.6 mm ini terdapat 25408 node dan 15378 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.16 No elemen dan tegangan hasil meshing 3 bentuk T

No	No Elemen	Von Mises Stress
1	18280	12.7073
2	12744	12.1241
3	6378	14.2854
4	13406	55.6871
5	11370	45.5277
6	8996	47.0964
7	12950	35.9378
8	13594	26.0206

- Meshing 4 dengan panjang elemen 6.4 mm

Pada meshing dengan panjang elemen 6.4 mm ini terdapat 27724 node dan 16883 elemen.

Nilai displacemen, gaya dan tegangan yang terjadi pada point 11 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.17 No elemen dan tegangan hasil meshing 4 bentuk T

No	No Elemen	Von Mises Stress
1	21837	153.315
2	10465	89.9215
3	14128	78.3736
4	21074	146.524
5	10386	33.0545
6	14511	23.5523
7	13158	53.8452
8	19181	79.4173

Tabel 5.18 No Elemen dan tegangan hasil meshing keseluruhan bentuk T

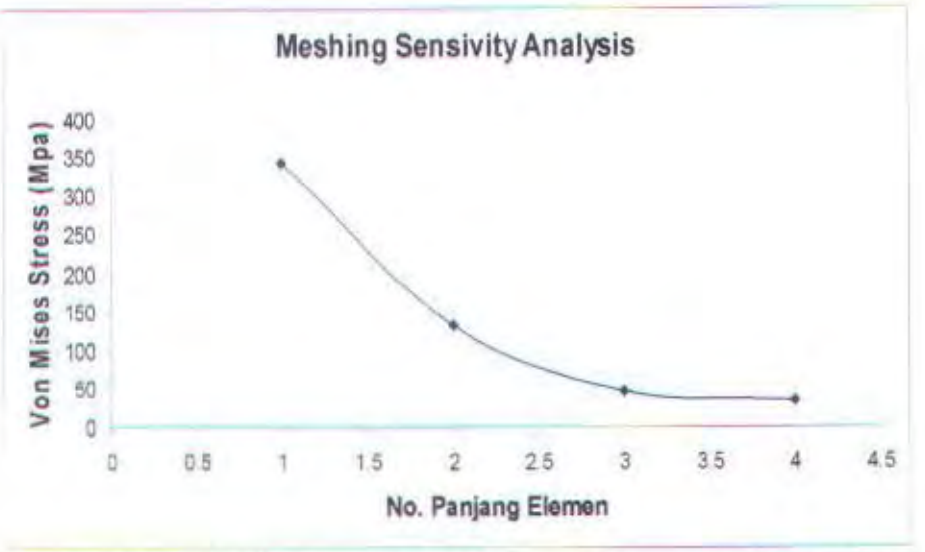
No	Panjang Elemen (mm)	No Elemen	Von Mises Stress
1	7	9471	46.326
2		15847	98.5439
3		13530	127.974
4		8942	136.795
5		16130	54.0153
6		12222	342.512
7	6.8	10281	135.954
8		10768	39.3912
9		16704	81.6708
10		17679	57.2938
11		15486	315.467
12		17910	131.632
13		13725	105.225
14		9796	75.4338
15		13725	105.225
16	6.6	18280	12.7073
17		12744	12.1241
18		6378	14.2854
19		13406	55.6871
20		11370	45.5277
21		8996	47.0964
22		12950	35.9378
23		13594	26.0206
24	6.4	21837	153.315
25		10465	89.9215
26		14128	78.3736
27		21074	146.524
28		10386	33.0545
29		14511	23.5523
30		13158	53.8452
31		19181	79.4173

❖ Grafik Sensivity Analysis

Tahap meshing geometri menghasilkan out-put sebagai berikut :

Tabel 5.13 Hasil Mesh sensivity bentuk T

No	Panjang Elemen	Von Mises Stres
1	7	342.512
2	6.8	131.632
3	6.6	47.0964
4	6.4	33.0545



Gambar 5.8 Grafik Mesh sensivity pada bentuk T dengan diameter 6 mm

Dari data yang ada diatas dapat dibuat kesimpulan bahwa pada mesh 4 dengan panjang elemen 6.4 mm tercapai nilai yang relatif konstan. Perhitungan yang telah dilakukan oleh program NASTRAN pada jaring-jaring/mesh dengan panjang elemen 6.4 mm didapat data sebagai tersebut :

1. Jumlah node 27724
2. Jumlah elemen 16883
3. Solid Von Mises Stress :

a. Maximum terjadi pada elemen 21837 sebesar 153.3151 Mpa

b. Minimum terjadi pada elemen 10417 sebesar 0.384006 Mpa

c. Nilai rata-rata 5.86936 Mpa.

5.2 Perhitungan Tegangan Ijin

5.2.1 Perhitungan pada Model Anchor C

Tegangan Von Mises terbesar yang terjadi pada model anchor bentuk C terletak pada elemen 9472 yakni sebesar 187.4182 Mpa dinode 2418, 2389, 2426, dan 2427; dan nilai tegangan Von Mises rata-ratanya adalah 3.59539 Mpa.

Tegangan ijin σ_{ijin} untuk material besi cor adalah 80 % dari nilai tegangan luluh materialnya. Tegangan luluh dari besi cor sebesar 250 Mpa sedangkan tegangan maksimum yang terjadi pada kopling sebesar 187.4182 Mpa, atau 74.8% dari nilai tegangan luluhnya.

5.2.2 Perhitungan pada Model Anchor L

Tegangan Von Mises terbesar yang terjadi pada model anchor bentuk L terletak pada elemen 12858 yakni sebesar 45.76779 Mpa dinode 1717, 2240, 2248, dan 2226; dan nilai tegangan Von Mises rata-ratanya adalah 0.58299 Mpa.

Tegangan ijin σ_{ijin} untuk material besi cor adalah 80 % dari nilai tegangan luluh materialnya. Tegangan luluh dari besi cor sebesar 250 Mpa sedangkan tegangan maksimum yang terjadi pada kopling sebesar 45.76779 Mpa, atau 19.8 % dari nilai tegangan luluhnya.

5.2.3 Perhitungan pada Model Anchor T

Tegangan Von Mises terbesar yang terjadi pada model anchor bentuk T terletak pada elemen 21837 yakni sebesar 153.315 Mpa dinode 2905, 2915, 2924, dan 2914; dan nilai tegangan Von Mises rata-ratanya adalah 5.86936 Mpa.

Tegangan ijin σ_{ijin} untuk material besi cor adalah 80 % dari nilai tegangan luluh materialnya). Tegangan luluh dari besi cor sebesar 250 Mpa sedangkan tegangan maksimum yang terjadi pada kopling sebesar 153.315 Mpa, atau 61.1 % dari nilai *breaking stress*-nya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada babkesimpulan dan saran ini memberikan hasil suatu anaisa yang telah dilakukan dan merupakan interaksi dari permasalan yang ada, disamping itu juga akan membei suatu saran . Adapun kesimpulan dan saran adalah sebagai berikut :

Berdasarkan analisa konsentrasi tegangan pada bentuk anchor yang sudah ada dengan menggunakan pendekatan metode elemen hingga dan program NASTRAN maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Pemodelan geometri kopling berbentuk solid serta berdimensi sesuai dengan benda sebenarnya, untuk constrain menggunakan fix dan pinned yang mewakili propertis dari karet yang dipakai pada fleksibel kopling sehingga dapat mewakili benda sebenarnya.
2. Meskipun dari ketiga bentuk anchor tersebut nilai tegangan masih dibawah nilai tegangan ijin, lebih baik kita menggunakan bentuk yang L dimana nilai tegangan maksimumnya lebih kecil dibanding dengan kedua bentuk lainnya.
3. Dengan dimensi anchor yang ada di pasaran dan sering digunakan yaitu berdiameter 6 mm dan pembebanan sebesar 8 Hp atau dengan momen puntir sebesar 25906 N.mm,
   - Bentuk C mengalami tegangan maksimum sebesar 187.4182 Mpa
   - Bentuk L mengalami tegangan maksimum sebesar 45.76779 Mpa

- Bentuk T mengalami tegangan maksimum sebesar 153.3154 Mpa

4. Dari ketiga bentuk tersebut tegangan maksimumnya masih dibawah nilai tegangan ijin yaitu 80 % dari tegangan luluh dari propertis material yang digunakan sebesar 250 Mpa.
5. Dari ketiga bentuk anchor yang terbaik untuk digunakan pada fleksibel kopling ukuran diameter 140 mm dengan beban 8 Hp 2200 Rpm adalah anchor berbentuk L dengan panjang 30 mm, diameter 6 mm dan sejumlah 3 buah.

Berdasarkan hasil analisa diatas maka untuk mencegah kumungkinan terjadinya kepatahan pada anchor dan sobekan pada karetnya haruslah dihindari. Adapun saran dan pertimbangan yang dapat diberikan untuk permasalan ini adalah :

1. Pemilihan bentuk anchor dapat dilakukan dengan menganalisa konsentrasi tegangan pada bentuk anchor tersebut, dengan menggunakan metode elemen hingga dan dibantu program komputer yaitu NASTRAN.
2. Untuk anchor berdiameter 6 mm sebaiknya jangan digunakan digunakan pada daya di atas 8 Hp karena kemungkinan terjkadinya kepatahan bisa terjadi.
3. Untuk anchor bentuk C sebaiknya digunakan pada daya kurang dari 8Hp mengingat bentuk ini ada dua tekukan yang kemungkinan rawan terjadi kepatahan
4. untuk menambah kekuatan ikat atau cengkram antara plat dan karet selain menggunakan anchor sebaiknya juga diberi lem.

5. Untuk mengetahui kepastian pada beban berapa anchor pada fleksibel kopling itu mengalami kepatahan bisa dinalisa lebih lanjut dengan menggunakan variasi daya dan bentuk lain yang masih belum pernah di gunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka

1. A. Ghali A.M. Neville, "Analisa Struktur" Gabungan Metode Klasik Dan Matriks, Edisi II Erlangga 1986
2. C.S. Desai, "Dasar –Dasar Metode Elemen Hingga"Erlangga 1988
3. Egor P. Popov, "Mekanika Teknik", Erlangga
4. G. Niemann (1999),"Elemen Mesin", Jilid I Desain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan dan Poros, Erlangga.
5. Ir. Jac. STOLK & Ir. C. KROS, "Elemen – Elemen Mesin" Elemen Konstruksi Dari Bangunan Mesin, Erlangga 1994
6. Ir. Rudy Walujo P, MT, Diktat kuliah "Metode Elemen Hingga" Surabaya
7. Priyatna H, "Perencanaan Kopling Karet Ban Untuk Perahu Nelayan Tradisional Dengan Sistem Out Board Engine", Tugas Akhir Teknik Sistem Perkapalan 2002.
8. Robert D. Cook (1998), " Konsep Dan Aplikasi Metode Elemen Hingga" Refika Aditama.
9. R.J. Astley, "Finite Elemen in Solids and Structures", New Zealand 1992.
10. T.Y. Yang, "Finite Element Structural Analysis", Printice Hall New Jersey 1986
11. The MacNeal-Schwendler Corp, "MSC/NASTRAN for WINDOWS Instalasion And Application Manual Version 1.0"

INSTITUT TEKNOLOGI

LAMPIRAN

Diameter 6 Bentuk C

Panjang Elemen 7
List Output Query
1.Element 7895
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 184.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 3136.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 840.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 2216.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1196.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -491.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4746.48
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1013.72
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 427.244
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2880.1
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1386.67
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 5191.92
2. Element 8499
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 216.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1636.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 3559.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 792.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1016.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -508.438
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4155.39
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -138.458
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1394.56
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2146.93
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1803.83
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 3768.92
3. Element 8926
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -368.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1212.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -1267.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 786.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -564.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 523.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1575.82
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1756.93
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -241.89
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 1666.37
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 141.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 2890.2
4. Element 11817
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -94.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1532.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 942.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 1150.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1162.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -368.125
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 2877.47
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -726.319
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 228.85
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 1801.89
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -793.333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 3233.79
5. Element 10278
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 108.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1332.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -102.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 737.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1108.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 12.75

Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 2141.97
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -864.878
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 60.9089
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 1503.42
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -446.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 2667.3

. Element 7908
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 212.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1232.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 3816.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 599.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1984.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -474.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4995.21
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -165.786
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 430.572
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2580.5
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1753.33
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 4890.17

. Element 13978
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -233.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -60.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 6477.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 159.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -980.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -153.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 6625.71
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -356.93
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -84.7793
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 3491.32
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -2061.33
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 6850.62

8. Element 11343
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -321.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1096.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -1782.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 974.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 208.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 1396.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1809.25
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2658.42
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -157.827
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2233.83
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 335.667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 3878.3

9. Element 13148
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -169.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 746.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 554.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 630.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -368.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -52.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1247.43
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -504.971
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 388.537
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 876.203
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -377.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 1517.73

Panjang elemen 6.8
List Output Query
1.Element 15393
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -27.

Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -99.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -79.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -68.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 77.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 44.875
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 14.4444
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -204.417
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -15.5274
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 109.431
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 68.5
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 205.521

2. Element 9655
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -41.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -41.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -40.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -56.875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 43.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 27.375
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 19.1606
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -127.003
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -14.6578
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 73.0817
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 40.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 132.531

3. Element 15197
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -34.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -67.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -184.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -41.6875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 51.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 30.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = -5.88437
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -214.015
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -66.1011
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 104.065
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 95.3333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 185.503

4. Element 11408
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -6.0625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -44.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 16.875
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -32.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 14.7109
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -5.52344
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 27.6067
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -63.7242
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 2.92991
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 45.6655
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 11.0625
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 81.8323

5. Element 11427
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -14.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -29.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -140.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -26.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 35.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 18.375
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 5.55246
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -154.892
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -34.6609
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 80.222
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 61.3333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 144.594

6. Element 8787

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -13.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -2.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -296.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 17.5625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 28.7188
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = -0.65052
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -299.91
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -10.4395
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 149.63
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 103.667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 294.487

7. Element 8829
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -15.75
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -41.75
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -123.594
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -23.75
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 58.75
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 18.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.48688
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -159.526
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -23.0546
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 80.5065
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 60.3646
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 150.253

8. Element 8842
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 7.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -50.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -43.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -19.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 70.9375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 22.625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 25.128
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -124.332
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 12.7041
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 74.7301
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 28.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 143.652

9. Element 9162
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -15.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -40.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 0.0625
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -37.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 12.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -3.125
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 17.5631
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -68.0265
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.72413
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 42.7948
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 18.3958
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 76.9073

10. Element 8834
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -24.75
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -54.125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -18.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 16.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 7.875
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 8.72101
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -65.0047
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -23.8413
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 36.8629
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 26.7083

Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 63.993

Panjang elemen 6.6
List Output Query
1.Element 15407
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 406.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 16.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 50.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 83.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -13.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -119.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 457.925
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -6.27316
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 20.3477
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 232.099
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -157.333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 451.477
2. Element 9994
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 134.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -32.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -114.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 2.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 26.3438
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -9.35938
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 134.858
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -122.339
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -24.5193
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 128.598
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 4.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 224.855
3. Element 11181
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 198.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -6.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 98.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 43.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -15.9375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -86.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 255.459
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -14.9212
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 49.462
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 135.19
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -96.6667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 244.628
4. Element 9743
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 191.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 46.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 254.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 26.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -31.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -91.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 325.659
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 40.1883
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 125.778
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 142.735
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -163.875
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 253.743
5. Element 10476
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 190.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 27.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 218.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 30.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -46.625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -176.

Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 388.803
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 12.664
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 33.5328
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 188.07
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -145.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 366.151

6. Element 9973
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 115.75
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 9.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 26.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 11.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -8.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 116.909
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 4.77778
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 29.0634
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 56.0655
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -50.25
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 102.176

7. Element 9976
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 69.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 99.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 17.75
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -13.75
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -74.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 162.455
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -4.81961
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 10.3647
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 83.6373
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -56.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 160.223

8. Element 9014
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 92.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 22.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 88.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 4.75
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 20.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -84.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 175.312
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -6.24828
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 32.9363
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 90.7801
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -67.3333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 165.485

9. Element 14401
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 48.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -8.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -66.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -10.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 74.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -106.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 129.497
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -154.586
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.91168
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 142.042
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 8.66667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 246.298

10. Element 9012
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 42.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -16.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -272.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -23.

Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 51.0625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -77.625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 73.8502
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -297.261
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -22.5896
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 185.555
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 82.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 333.518

Panjang elemen 6.4
List Output Query
Element 15124
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 68.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 132.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 123.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 108.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -119.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -84.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 320.714
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -13.0256
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 15.3116
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 166.87
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -107.667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 320.512
2. Element 11908
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 80.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 79.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 14.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 71.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -20.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -13.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 155.111
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 4.18021
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 14.2089
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 75.4653
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -57.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 146.175
3. Element 10907
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 66.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 105.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 239.063
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 65.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -61.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -54.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 288.728
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 17.4176
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 104.416
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 135.655
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -136.854
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 239.947
4. Element 13355
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 10.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 77.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 36.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 57.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -27.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 116.786
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -25.8513
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 32.0649
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 71.3188
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -41.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 124.253
5. Element 13726

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 29.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 73.625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 98.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 46.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -56.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -37.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 167.66
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.19336
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 33.4085
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 83.9266
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -66.9583
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 153.83

. Element 10369
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 41.75
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 79.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 284.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 31.625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -94.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -68.375
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 340.131
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 21.8015
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 43.3172
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 159.165
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -135.083
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 308.136

. Element 9398
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 20.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 8.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 386.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 8.3125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -35.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -57.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 398.359
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 3.5977
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 12.2936
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 197.381
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -138.083
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 390.486

8. Element 7321
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 25.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 4.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 392.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 1.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -19.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -65.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 404.339
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 2.60015
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 14.0612
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 200.869
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -140.333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 396.132

9. Element 8779
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 52.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -21.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 40.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 2.75
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 33.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 77.3388
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -51.537
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 3.94816
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 64.4379
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -9.91667

Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 111.968

10. Element 9389

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 5.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 36.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 1.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 27.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -5.0625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 9.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 51.6341
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -16.7292
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 7.59509
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 34.1817
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -14.1667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 60.0194

Panjang elemen 6.2

List Output Query

1.Element 9472

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 3.70313
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.54688
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -181.438
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -2.07813
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 18.4063
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -14.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 6.86175
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -184.293
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.84978
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 95.5775
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 59.4271
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 187.418

2. Element i2601

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -15.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -32.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -88.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -21.1875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 33.6563
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -2.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4.46799
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -104.581
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -36.1373
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 54.5244
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 45.4167
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 95.4592

3. Element 12916

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -7.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -34.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -8.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -24.1875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 47.7188
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 31.6216
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -77.6927
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.17892
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 54.6571
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 16.75
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 96.5286

4. Element 17730

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -15.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -41.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -103.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -13.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 66.0938
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 3.

Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 5.39313
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -146.072
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -19.3212
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 75.7325
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 53.3333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 140.745

. Element 8702
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -2.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -83.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -56.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -53.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 64.9844
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 27.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 24.6276
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -158.171
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -7.9568
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 91.3992
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 47.1667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 168.881

. Element 15423
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 28.5625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -58.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -51.8125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -28.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 58.0684
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 30.9375
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 40.1689
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -124.426
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 3.00747
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 82.2976
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 27.0833
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 149.519

MILIK PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

7. Element 17089
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 14.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -53.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -93.625
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -16.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 61.1533
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 35.8203
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 25.3799
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -147.138
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -10.8666
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 86.2591
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 44.2083
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 157.554

8. Element 9483
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -26.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -47.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 7.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -59.625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 14.2188
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 28.0353
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -98.2107
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 4.17542
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 63.123
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 22.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 116.169

9. Element 15158
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -12.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -51.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -110.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -29.9375

Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 42.1172
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 5.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 6.51794
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -135.21
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -44.808
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 70.864
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 57.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 124.285

10. Element 10300
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -51.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -40.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 10.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -56.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 5.03503
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -18.1523
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 26.9604
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -103.147
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.81333
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 65.0537
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 27.
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 117.488

11. Element 8230
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -20.5938
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -43.4219
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 17.2969
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -34.9063
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 27.2188
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 31.2529
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -74.4256
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -3.54609
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 52.8392
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 15.5729
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 93.2813

12. Element 8892
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -39.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -47.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 21.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -49.6875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 16.875
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -17.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 39.3319
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -93.1206
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -11.7113
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 66.2263
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 21.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 115.708

13Element 6607
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -15.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -36.875
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 11.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -34.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 14.6694
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -5.24219
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 24.2239
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -62.834
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -1.5149
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 43.529
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 13.375
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 77.4648

14. Element 7550
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -8.6875
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -53.75

Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -14.5625
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -41.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 36.9219
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 12.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 19.7299
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -96.1559
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.57407
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 57.9429
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 25.6667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 107.186

DIAMETER 6 BENTUK L
Panjang elemen 7
List Output Query
1.Element 10847
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 4.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -33.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -20.7407
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 34.0469
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 28.9731
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -58.7021
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.72901
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 43.8376
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 9.33333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 77.7209
2. Element 10839
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.96276
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.70816
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 2.25565
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.50572
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -5.48438
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 8.625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 12.3843
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -8.07117
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.61342
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 10.2277
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1.64219
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 17.7821
3. Element 11137
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -6.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 40.125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 1.3125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 10.168
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -14.1875
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 46.0535
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -12.0024
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.30115
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 29.0279
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -11.25
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 53.1797
4. Element 6314
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -3.19843
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.18211
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 7.19561
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.33595
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -3.57813
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 5.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 10.7363
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -5.21493
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.34204
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 7.97559

Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1.72643
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 14.1583

5. Element 10835
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.75
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.375
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 145.875
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 18.7266
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 24.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 152.132
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -8.14416
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.51213
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 80.1381
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -48.1667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 156.128

6. Element 10842
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -3.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 126.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 5.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 2.59375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 26.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 132.077
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -8.05089
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.72402
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 70.0639
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -41.5833
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 135.953

7. Element 11136
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -3.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -163.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -5.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -23.4844
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -7.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 5.23357
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -167.298
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -3.43595
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 86.2656
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 55.1667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 168.364

Panjang elemen 6.8
List Output Query
1.Element 11302
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.4375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.03125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 13.0156
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1.98438
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.33984
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 13.4572
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.3715
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.33622
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 6.91432
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -4.47396
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 13.4887

2. Element 12574
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.34375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 1.70313
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.046875
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1.27276

Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.07377
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 2.74306
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1.04733
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.10115
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 1.89519
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.59896
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 3.36643

3. Element 9173
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.072266
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 5.59375
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.09375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -3.05547
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.60818
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 7.21127
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1.77734
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.10708
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 4.4943
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -1.84701
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 8.21023

4. Element 12164
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.03125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.1875
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 1.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.16797
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -0.94658
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -0.67201
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 2.27472
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.81872
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.075249
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 1.54672
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.51042
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 2.75737

5. Element 8376
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.0039063
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 17.7422
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.29688
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -0.28125
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.75391
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 17.9174
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.69948
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.028203
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 9.30842
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -5.7487
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 18.2639

6. Element 6386
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.53906
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -14.7656
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.027344
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1.80469
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.50781
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 0.34187
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -14.999
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.52252
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 7.67045
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 5.0599
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 14.9275

Panjang Elemen 6.6
List Output Query
1.Element 7502
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.1875
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.90625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -65.8594
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.53125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 1.40625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.37627
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -66.1924
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.050521
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 33.7843
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 21.5885
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 66.9157
2. Element 9579
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.46875
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.375
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 1.09375
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.28125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 3.49654
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.7241
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 6.7798
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -4.98153
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.13924
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 5.88066
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.64583
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 10.2139
3. Element 7794
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.0625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.015625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 67.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.09375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 3.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.26563
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 67.4841
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.17249
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.9853
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 33.8283
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -22.7656
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 67.0852
4. Element 10033
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.8125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -15.1875
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.09375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 4.97656
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.28906
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.55167
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -17.7678
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.90889
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 9.65973
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 5.70833
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 18.2143
5. Element 9116
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 2.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 35.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.26563
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 3.51971
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.539
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 35.7967
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 0.69126

Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 2.26204
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 17.5527
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -12.9167
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 34.347

6. Element 12222
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.053049
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.47087
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 0.54187
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.043334
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 1.76563
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 3.21875
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 3.87129
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -3.51828
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.33507
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 3.69479
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.0059827
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 6.41997

7. Element 7794
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.0625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.015625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 67.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.09375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 3.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.26563
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 67.4841
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.17249
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.9853
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 33.8283
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -22.7656
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 67.0852

8. Element 8179
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.0625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.0625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 20.1563
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.4375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 6.48438
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.78125
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 23.0292
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2.43866
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.4343
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 12.7339
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -6.71875
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 24.5272

Panjang Elemen 6.4
List Output Query
1.Element 14084
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.94531
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -1.3125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 23.5938
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 1.48438
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -0.54705
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.60022
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 23.8941
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2.15842
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.4909
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 13.0263
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -7.74219
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 24.4331

2. Element 14804
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.4375
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 34.5625

Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.17969
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 0.15625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.85938
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 34.8026
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = 0.24324
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.57918
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 17.2797
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -11.875
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 34.3926

3. Element 13866
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.0625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.0625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 0.078125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.15625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 0.081637
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.98902
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 3.06875
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2.91966
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.054037
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2.99421
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.067708
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 5.18616

4. Element 14360
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.59375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.15625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 16.125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.42188
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 0.125
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.53906
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 16.5042
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1.13395
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.0047846
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 8.81906
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -5.125
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 17.0972

5. Element 13870
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -15.8125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.23438
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -0.77344
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 3.78906
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.44743
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -16.6794
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.08049
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 9.06344
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 5.10417
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 17.4133

6. Element 13181
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.1875
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.25
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 0.15625
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.15625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -0.24591
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.45451
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 2.4469
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2.51132
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.21683
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 2.47911
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 0.09375
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 4.29792

Bentuk T diameter 6
Panjang Elemen 7
List Output Query
1.Element 9471
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -3.59375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 2.75
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -34.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 16.8281
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 5.83203
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 9.33634
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -41.8567
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -2.82336
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 25.5965
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 11.7813
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 46.326
2.Element 15847
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 2.375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 7.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 75.625
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -2.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -34.1055
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 19.6738
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 93.6401
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -10.5039
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.86386
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 52.072
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -28.3333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 98.5439
3.Element 13530
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 5.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -20.25
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.16406
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 5.625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 2.67969
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 6.77018
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -21.7173
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.44713
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 14.2438
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 4.5
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 26.2342
Output Vector 70831 - SolidC5 Von Mises Stress = 127.974
4.Element 8942
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -4.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -138.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 2.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1.46676
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 9.09103
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 0.96766
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -138.635
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.8326
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 69.8014
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 47.5
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 136.795
5.Element 16130
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 50.3125
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -2.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 11.875
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 1.34375

Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 53.0364
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -3.33901
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.7401
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 28.1877
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -17.1458
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 54.0153

6.Element 12222
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -5.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -2.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -344.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -7.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -3.36286
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 18.1857
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4.52325
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -345.498
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -11.025
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 175.011
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 117.333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 342.512

Panjang Elemen 6,8
List Output Query
1.Element 10281
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 4.375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.75
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 135.156
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -5.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -13.9338
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 8.55193
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 137.205
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -3.55799
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 6.63385
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 70.3817
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -46.7604
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 135.954

2.Element 10768
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.63987
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.47093
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 36.6256
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.57819
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -4.9375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -7.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 38.6894
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -3.02788
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 2.13306
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 20.8586
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -12.5982
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 39.3912

3.Element 16704
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 4.125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -10.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -76.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.09375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 9.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -16.625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 7.57281
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -81.135
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -9.06276
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 44.3539
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 27.5417
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 81.6708

4.Element 17679
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -8.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -5.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 37.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 1.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 10.0313
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -18.3594
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 45.828
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -16.4647
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.6133
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 31.1463
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -8.25
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 57.2938

Element 15486
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 6
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 317.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 7.
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 1.30245
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -15.7529
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 317.799
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -4.92106
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 10.1224
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 161.36
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -107.667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 315.467

Element 17910
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -3.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 121.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 13.625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -23.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 127.27
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -8.59833
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.32835
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 67.9342
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -39.6667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 131.632

7.Element 13725
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -5.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -103.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 3.625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 10.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -9.5625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 3.34589
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -105.74
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.85572
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 54.543
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 35.75
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 105.225

8.Element 9796
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -2.4375
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.5625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -74.375
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.25
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 8.0625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 5.5
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.54255
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -75.6611
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -2.1314
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 38.6018
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 25.4167
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 75.4338

9.Element 13725
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -5.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -103.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 3.625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 10.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -9.5625
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 3.34589
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -105.74
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -4.85572
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 54.543
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 35.75
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 105.225

Panjang Elemen 6,6
List Output Query
1.Element 18280
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 1.5625
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 11.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.32813
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 3.89063
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 1.62305
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 12.4199
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1.56598
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 1.58354
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 6.99296
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -4.14583
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 12.7073
2.Element 12744
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.99219
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.46875
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -11.2969
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.0625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 0.26172
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -2.79297
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 0.49337
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -12.0097
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.30394
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 6.25156
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 3.9401
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 12.1241
3.Element 6378
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 2.32813
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.875
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -10.1719
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.82813
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -1.95313
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 4.09766
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 4.14241
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -11.6114
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.50028
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 7.87693
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 2.32292
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 14.2854
4.Element 13406
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.3125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 55.375
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.10938
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 2.34375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.5

Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 55.4779
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.44912
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.033739
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 27.9635
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -18.3542
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 55.6871

5.Element 11370
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.03125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -0.125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 44.4063
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.0625
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 5.375
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 1.13281
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 45.068
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -1.64967
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.83167
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 23.3588
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -14.75
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 45.5277

6.Element 8996
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.57813
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.5625
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -46.1719
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.92969
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 5.23438
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.62891
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.49585
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -46.7624
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.92093
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 24.1291
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 15.3958
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 47.0964

7.Element 12950
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0.78125
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.3125
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -35.0313
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.24219
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 2.90625
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = 0.11719
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 0.94206
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -35.2689
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.38934
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 18.1055
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 11.3125
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 35.9378

8.Element 13594
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.4375
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 21.0156
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.63281
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -6.57031
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -5.14063
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 23.9619
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -2.97419
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -1.03458
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 13.468
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -6.65104
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 26.0206

Panjang Elemen 6,4
List Output Query
1.Element 21837
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 5.

Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 5.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -144.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -10.25
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -18.125
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 7.18027
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -146.873
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 5.69288
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 77.0267
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 44.6667
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 153.315

2.Element 10465

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -2.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -1.6875
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -86.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 2.04688
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -18.5215
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -1.06641
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 3.08654
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -89.8938
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -3.38027
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 46.4902
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 30.0625
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 89.9215

3.Element 14128

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -1.25
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 0.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 75.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = 0.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 5.
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -10.75
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 76.7995
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -3.13102
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 0.081549
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 39.9652
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -24.5833
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 78.3736

4.Element 21074

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = 143.75
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.125
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 17.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -3.
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 145.932
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -0.82999
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.35247
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 73.3812
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -48.25
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 146.524

5.Element 10386

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -0.25616
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 6.78243
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -5.72546
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -2.65889
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 4.5
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -17.25
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 16.9074
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -20.5641
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 4.45744
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 18.7358
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = -0.26694
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 33.0545

6.Element 14511

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 5.5
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.5
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -13.
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.375
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = -5.6875
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -7.59375
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 8.63217
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -17.3221
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = 2.68996
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 12.9772
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 2
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 23.5523 7.Element 13158
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = -6.
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = -1.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -29.375
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -1.10938
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 12.875
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -23.875
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 13.6083
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -46.6661
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -3.31714
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 30.1372
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 12.125
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 53.8452
8.Element 19181
Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1
Output Vector 60010 - Solid X Normal Stress = 0
Output Vector 60011 - Solid Y Normal Stress = 1.
Output Vector 60012 - Solid Z Normal Stress = -78.5
Output Vector 60013 - Solid XY Shear Stress = -0.5
Output Vector 60014 - Solid YZ Shear Stress = 0.68487
Output Vector 60015 - Solid ZX Shear Stress = -4.58972
Output Vector 60016 - Solid Max Prin Stress = 1.28957
Output Vector 60017 - Solid Min Prin Stress = -78.7728
Output Vector 60018 - Solid Int Prin Stress = -0.016763
Output Vector 60028 - Solid Max Shear Stress = 40.0312
Output Vector 60029 - Solid Mean Stress = 25.8333
Output Vector 60031 - Solid Von Mises Stress = 79.4173