

14.610/H/02

TUGAS AKHIR
(KL 1702)

PENGARUH PERILAKU *PASCA YIELD*
TERHADAP KERUNTUHAN STRUKTUR
RANGKA-2D

RSke
627.98
Sil
P-1

2000



Oleh :

PUNGU SILABAN
NRP. 4394. 100. 045

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2000



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	02/01/02
Terima Oleh	H
No. Agenda Perp.	21.4286

**PENGARUH PERILAKU *PASCA YIELD*
TERHADAP KERUNTUHAN STRUKTUR
RANGKA-2D**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Pembimbing I

9/8/2001



Dr. Ir. Daniel M Rosyid

NIP. 171 382 038

Pembimbing II



Dr. Ir. Hartanta Tarigan

NIP. 131 561 416





**DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp.5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR (OE.1701)

No. 046/K03.4.4/PP/2000

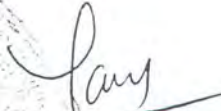
MATA KULIAH	:	TUGAS AKHIR
NOMOR MATA KULIAH	:	OE.1701
NAMA MAHASISWA	:	Pungu Silaban
NOMOR POKOK	:	4394100045
TGL.DIBERIKAN TUGAS	:	26 Januari 2000
TGL.SELESAINYA TUGAS	:	26 Juni 2000
DOSEN PEMBIMBING	:	1. Dr.Ir. Daniel M Rosyid 2. Dr.Ir. Hartanta Tarigan

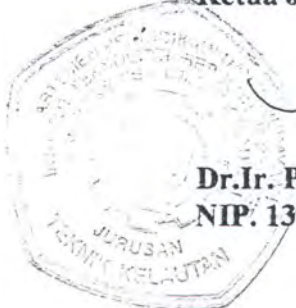
THEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN/JUDUL TUGAS AKHIR :

PENGARUH PERILAKU PASCA YIELD TERHADAP KERUNTUHAN STRUKTUR RANGKA 2 - D

Surabaya, 26 Januari 2000

Ketua Jurusan ;


Dr.Ir. P. Indiyono, MSc
NIP. 131 453 680



DIBUAT RANGKAP 4 :

- 1. Mahasiswa ybs.**
- 2. Dekan FTK-ITS**
- 3. Dosen Pembimbing I**
- 4. Dosen Pembimbing II**
- 5. Arsip Jurusan**



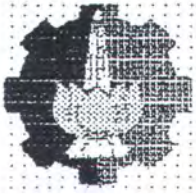
DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Pungu silaban
NOMOR POKOK : 439410045
NAMA DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. D. M. Rosyid.
TUGAS DIMULAI : Februari 2000
TUGAS DISELESAIKAN :
JUDUL TUGAS AKHIR :

Pengaruh Perilaku Pasca Yield terhadap Keruntuhan Rangka -2D

NO	TGL	MATERI KONSULTASI	TANDA TANGAN
1.	27/1/2000	- Deskripsi pada Macam-macam perilaku pasca yield untuk frame (beam/column) - Susunan Matrix kekakuan elemen.	
2	11/4/2000	- Tentukan satu basis Analisa Struktur Rangka 2D. mana. → Lab ORCD → Faktor pengaruh	
3	2/6/2000	- Identifikasi failed portion of element. Distinguisi incremental loading type	
4	3/7/2000	- Uraikan (number) user signal dan member ekuivalen; juga diteliti: jenis-jenisnya	
5	20/10/2000	- Brittle behav. pasca yield struktur dengan mekanisme buckling ductile	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Pungu silaban
NOMOR POKOK : 439410045
NAMA DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. Hartanta Tarigan M,Sc.
TUGAS DIMULAI : Februari 2000
TUGAS DISELESAIKAN :
JUDUL TUGAS AKHIR :

Pengaruh Perilaku Pasca Yield terhadap Keruntuhan Rangka -2D

NO	TGL	MATERI KONSULTASI	TANDA TANGAN
1.	22/7/2000	Baca /pelajari ideal plastic, dan fully plastic beam pada buku Popov. Baca API, masalah ultimate load.	
2	29/9/2000	Cari /pengerjaan BRITTLE < YIELD. Matriks bahan dapat diuolikan di simple program atau beam. elemen dan jalannya pty impact data dari klyan beban konduinterakhir	

Abstrak

Setiap struktur mempunyai daya layan yang berbeda-beda terhadap kondisi pembebanan tertentu dan sangat dipengaruhi oleh perilaku struktur yang akan memberikan respon tertentu terhadap kondisi pembebanan yang diberikan. Tugas akhir ini membahas tentang perilaku struktur atau bagaimana daya layan struktur terhadap jenis pembebanan yang diberikan secara kontinu. Dengan penambahan beban secara terus menerus, maka diperoleh tegangan batas mulur pada member yang mengakibatkan ditemukannya gagal pada member struktur. Proses penambahan beban terus dilakukan sampai menghasilkan gagal member-member yang lain, bahkan sampai tercapainya gagal ultimat pada member. Kegagalan ultimat menyebabkan member tidak berfungsi lagi sebagai penguat dan dengan tercapainya ultimat pada beberapa member, akan menyebabkan terjadinya keruntuhan struktur secara menyeluruh. Proses kegagalan yield dimulai pada pembebanan vertical 6500 KN dan horizontal 50 KN. Untuk gagal ultimat dimulai pada pembebanan horizontal 4025KN dengan beban vertical konstan. Proses ini terus berlangsung sampai mencapai keruntuhan struktur dengan indikasi keruntuhan ditemukannya determinan matrik nol pada matrik global struktur. Keruntuhan ini tercapai pada saat terjadinya gagal ultimate pada kaki struktur yaitu pada member 4. dari proses diatas maka ditemukan moda kegagalan struktur secara berurut dimulai dari member 4,5,6,15,13,11,9,1,8,12,14, untuk yield dan 11,13,15,4 untuk ultimat sebagai penyebab keruntuhan.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus oleh kasih dan KebaikanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pengaruh Perilaku *Pasca Yield* Terhadap Keruntuhan Struktur Rangka 2-D.**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terimakasih ini saya sampaikan kepada :

1. Mama, Abang, Kakak dan Adik yang selalu memberi dukungan Perhatian, materi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Daniel M. Rosyid, selaku Dosen wali dan dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, arahan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir maupun selama penulis menempuh studi di Teknik Kelautan ITS.
3. Bapak Dr. Ir. H. Tarigan selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Vincentius Rumawas Psi dan Ir. Murdjito MSc,Eng yang memberikan dorongan dan bantuan dalam menggunakan *software* GTStrudl.
5. Buat teman – teman seperjuangan Paul, Anggun, Anton, Dar dalam Geng “Four Little Boys”, Djoko , Teman – teman lembur di Lab Opres Soni, Doni, Royke, Naga, Ondy. sebagai tim sukses yang telah

menggoreskan kenangan – kenangan yang tak terlupakan,, Dwi yang telah meminjamkan tex books, dan semua teman – teman 4Th Floor.

6. Sahabat – sahabat kekasih dalam Tuhan Yesus, Bang Saut yang telah memberikan motivasi, Dondi, Nahason sebagai sahabat tumbuh bersama, “Pengharapan itu tidak akan sia – sia”.
7. Olive, Rein, Si Lae Jung, Eben sebagai teman diskusi dan ‘Dongan Sapartinaonan N sapakkilalaan’. Lae – lae yang lain dan semua teman – teman Green House Apartement.
8. Semua teman – teman OE '94 terimakasih atas persahabatan selama ini.
9. Pihak – pihak lain yang telah membantu penulis selama studi di Teknik Kelautan.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 8 Nopember 2000

Pungu Silaban

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan	I-2
1.4. Batasan Masalah	I-2
1.5. Metodologi Penelitian	I-2
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	II-1
2.2. Landasan Teori	II-4
2.2.1. Mekanisme Kegagalan	II-4
2.2.2. Analisa Statis Dengan Metode Elemen Hingga	II-6
2.2.2.1. Pendiskritan Sistem	II-7
2.2.2.2. Model Displasemen	II-9
2.2.2.3. Kekakuan Elemen (Stiffness Matriks)	II-9
2.2.2.4. Penggabungan Elemen	II-19
2.2.3. Perhitungan Tegangan	II-23
2.2.4. Stabilitas Elastis Pada Portal	II-25
2.2.5. Pengaruh Gaya Aksial	II-29
2.2.6. Analisa Plastis Portal	II-30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Penentuan Geometri Struktur	III-1
3.2. Penentuan Koordinat	III-2
3.3. Penentuan Struktur Yang Gagal	III-4

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Respon Struktur	IV-1
4.1.1. Respon Struktur Terhadap Pembebanan	IV-2
4.1.2. Respon yang Mengakibatkan Terjadinya Matrik Singular	IV-4
4.2. Perhitungan Kekuatan Pada API – RP2A	IV-9
4.2.1. Tegangan Tarik Aksial (<i>Axial Tension</i>)	IV-9
4.2.2. Tegangan Tekan Aksial (<i>Axial Compression</i>)	IV-9
4.2.3. Tegangan Tekuk	IV-11
4.3. Analisa Hasil Perhitungan	IV-12
4.4. Proses Urutan Keruntuhan	IV-15

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Listing Program	A
-----------------	---

DAFTAR TABEL

- Tabel 1.1.1 Tipe Perilaku Beberapa Material
- Tabel 4.1.1. Pembebanan –pembebanan yang Mengakibatkan Titik Mulur dan Patah Pada Struktur
- Tabel 4.1.2. Respon Struktur Pada Pembebanan 50 KN
- Tabel 4.2.1. Respon Struktur Pada Pembebanan 4025 KN
- Tabel 4.1.2. Respon Struktur Pada Pembebanan 5100 KN
- Tabel 4.1.2. Respon Struktur Pada Pembebanan 6140 KN
- Tabel 4.1.2. Respon Struktur Pada Pembebanan 9475 KN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Pohon Sederhana Mekanika Struktur
- Gambar 1.2 Efek Kekerasan Keruntuhan Pada Mekanisemen Kegagalan
- Gambar 1.3 Dua Tipe Kegaaln Beam
- Gambar 1.4 Moda Kegagalan Elemen
-
- Gambar 2.1 Elemen Dua Dimensi
- Gambar 2.2 Elemen Tiga Dimensi
- Gambar 2.3 Elemen Truss
- Gambar 2.4 Elemen Garis
- Gambar 2.5 Penampang Elemen
- Gambar 2.6 Elemen Bending
- Gambar 2.7 Displasemen
- Gambar 2.8 Elemen Batang
- Gambar 2.9 Transformasi Koordinat
- Gambar 2.10 Elemen Garis
- Gambar 2.11 Bentuk Tiga Dimensi
- Gambar 2.12 Tekuk Pada Portal Bidang
- Gambar 2.13 Beban Tekuk Kristis Untuk Batang Prismatis
- Gambar 2.14 Hubungan Tegangan Regangan
-
- Gambar 3.1 Jacket SWP Platform
- Gambar 3.2 Kerangka Program Analisa



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kegagalan struktur merupakan masalah yang sangat penting untuk diperhatikan karena akibat yang ditimbulkan sangat fatal baik menyangkut keselamatan jiwa maupun kerugian secara ekonomis yang besar. Kegagalan struktur ini umumnya disebabkan oleh kelalaian selama proses disain konstruksi dimana prosedur yang telah ditetapkan untuk menghindari kegagalan tidak diikuti secara lengkap, kegagalan akibat kesalahan manusianya saat pengoperasian (human error), ketidaksempurnaan proses analisa tegangan, juga penggunaan jenis material yang diproduksi tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan.

Untuk penentuan jenis material yang akan dipakai dan geometrinya harus terlebih dahulu dilakukan analisa dan pengujian, apalagi untuk suatu jenis material yang bene-benar baru, hal ini cukup sulit untuk diprediksi perilaku kegagalannya pada kondisi-kondisi tertentu, karena karakteristik material dapat berubah apabila mendapat pengaruh dari lingkungan. Selain itu perilaku material bila dibentuk menjadi suatu struktur yang kompleks dapat juga mengalami suatu perubahan perilaku terhadap pembebanan yang diterima. sehingga dengan analisa dapat diketahui perilaku struktur terhadap berbagai beban yang diberikan. Pengenalan akan properti material merupakan faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap kegagalan. Perilaku struktur tersebut merupakan respon akibat tegangan hingga perlu dilakukan penyelidikan Bagaimana jalur kegagalan elemen-elemen struktur.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan di bahas dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah

- Bagaimana pengaruh perilaku struktur terhadap terjadinya proses keruntuhan.
- Bagaimana grafik hubungan pembebanan terhadap defleksi.

1.3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai adalah

- Menentukan pengaruh perilaku struktur terhadap terjadinya proses keruntuhan.
- Membuat grafik hubungan pembebanan terhadap defleksi.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memudahkan perhitungan maka permasalahan dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Analisa yang dilakukan dibatasi hanya pada analisa statis saja.
2. Beban yang bekerja pada struktur dibatasi pada beban vertikal dan Pertambahan pada beban horizontal.
3. Struktur yang dianalisa hanya dibatasi pada rangka 2-D dianggap sebagai *truss*
4. Perilaku yang ditinjau hanya perilaku brittle dan ductile.

1.5. Metodologi penelitian

Metode analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan besaran – besaran Struktur.
2. Penentuan beban horizontal awal dan untuk selanjutnya diberi pertambahan beban dengan kenikan 10% dari beban awal.
3. Menentukan gaya-gaya yang bekerja pada struktur.

4. Pemeriksaan terhadap tegangan.
5. Membandingkan tegangan dengan tegangan mulur dan tegangan ultimate.
6. Prosedur increment load.
 - a. Dilakukan penambahan 10% beban awal.
 - b. Menghitung tegangan dan membandingkan dengan tegangan mulur dan tegangan ultimate.
 - c. Bila elemen tidak gagal kembali ke poin a.
 - d. Bila terjadi kegagalan elemen, periksa apakah terjadi keruntuhan struktur.
 - e. Bila tidak terjadi keruntuhan kembali ke poin a
 - f. Bila terjadi keruntuhan maka elemen-elemen yang mengalami kegagalan dianalisa jalur kegagalannya dan di gambarkan grafiknya.



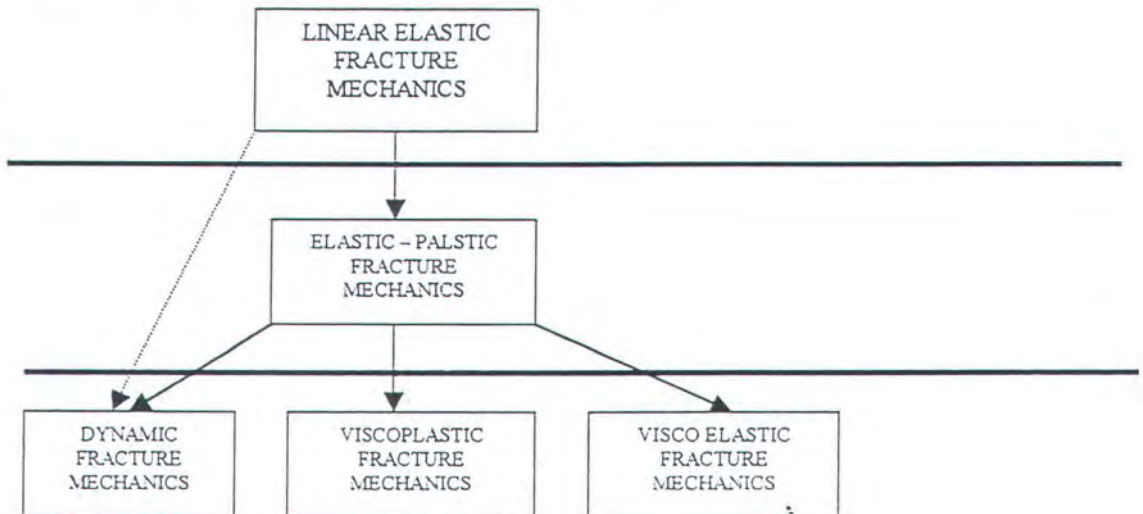
BAB II

LANDASAN TEORI

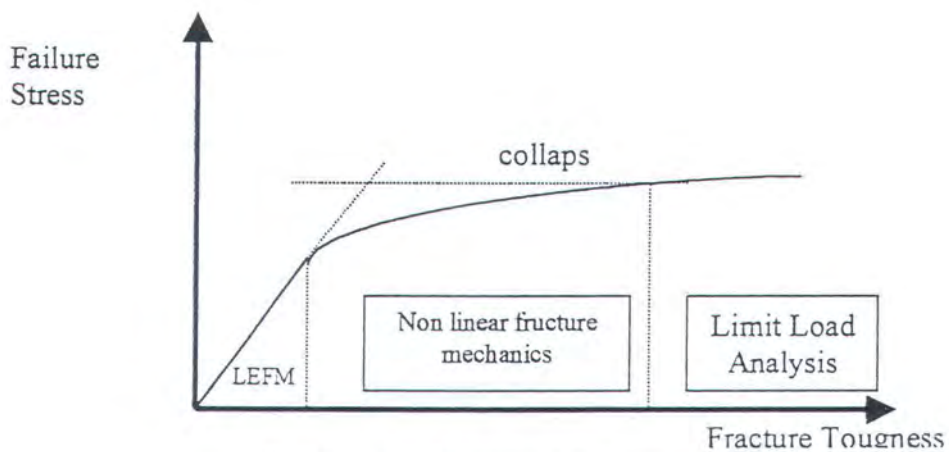
BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam melakukan desain struktur dan pemilihan material, maka kekuatan material harus lebih besar dari stress yang akan diberikan. Ada variabel penting dalam mekanika keruntuhan untuk mengetahui kekuatan struktur yaitu dengan pendekatan kekuatan material (*The strenght of material approach*) dan dengan pendekatan mekanika keruntuhan (*The fracture mechanics approach*). Pendekatan dengan metode mekanika keruntuhan melibatkan material property sehingga dapat diketahui perilaku material dengan analisa keruntuhan dan analisa mekanika. Dalam analisa ini akan digambarkan type variasi perilaku keruntuhan seperti yang ditunjukkan pada (Gambar- 1). Dimana dalam gambar ini kategori mekanika keruntuhan non linear yaitu *Elastic-plastic*, *viscoplasticity* dan *viscoelasticity*.



Plot skema antara tegangan kegagalan dengan kekerasan (K_{Ic}) seperti pada (Gambar-2) menunjukkan bahwa untuk material yang memiliki kekerasan yang rendah, keruntuhan dengan sifat brittle merupakan mekanisme kegagalannya dan tegangan kritis yang terjadi berubah secara linear terhadap K_{Ic} . Pada angka kekerasan yang tinggi mekanika keruntuhan elastis plastis kurang begitu valid, dan kegagalan ditentukan oleh kriteria properti material (Anderson,1995). Struktur yang gagal ditentukan oleh kriteria kekuatan yang diperiksa dengan menghitung tegangan yang terjadi pada komponen-komponen struktur. Tegangan yang memenuhi adalah apabila tegangan pada setiap titiknya lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin di titik tersebut (API 1980).



Gambar 2. Efek kekerasan keruntuhan pada mekanisme kegagalan (Anderson,1995)

Selain itu colap yang terjadi pada struktur dipengaruhi oleh buckling, yielding, sobekan dan kegetasan material. Mode kegagalan dipengaruhi oleh deformasi awal, tegangan sisa, korosi dan kelelahan (Bai at al, 1993). bentuk colap yang terjadi adalah bagian dari analisa kompleks pada perilaku non linear pada srtuktur bangunan lepas pantai yang timbul dari interaksi diantara dua atau lebih bentuk colap yang dapat menimbulkan mode kegagalan ketidak stabilan yang tinggi. Hal itu mungkin terjadi akibat kegagalan lokal yang harus dipertimbangkan pada struktur yang lebih besar (Ueda, 1991). Dalam daftar diatas diberikan beberapa jenis material dan sifat keruntuhannya.

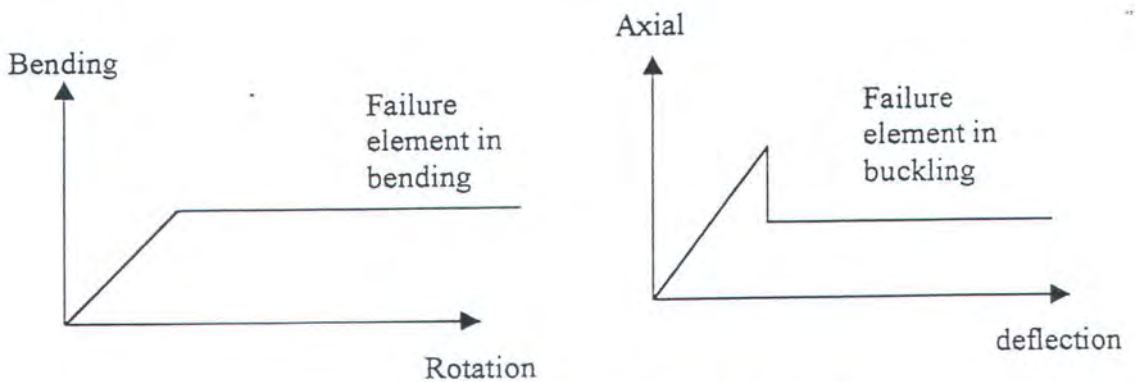
Tabel 1. Tipe perilaku keruntuhan beberapa material.

Material	Tipe Perilaku Keruntuhan
High strength steel	Linear- elastic
Low and medium strength steel	Elastic-plastic/ Fully plastic
Austenitic stainless steel	Fully plastic
Precipitation hardened aluminium	Linear elastic
Metal at high temperatures	Viscoplastic
Metals at high strain rates	Dynamic- viscopalstic

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Mekanisme Kegagalan.

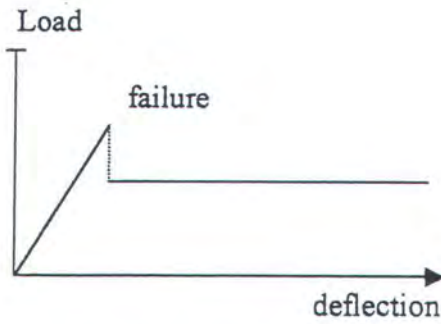
Setiap element struktur memiliki beberapa moda kegagalan. Sebuah beam dapat mengalami gagal bukling atau bending. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik material apakah brittle atau ductile. Pada Gambar 3 dibawah ini tampak perilaku kegagalan akibat bukling dan bending.



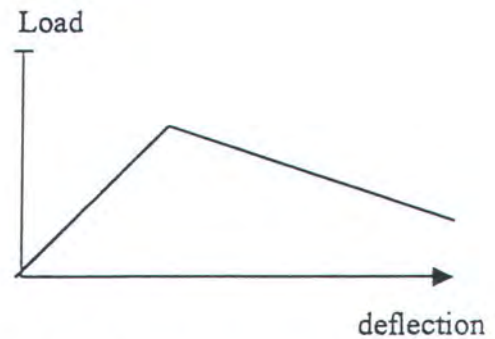
Gambar 3. Dua tipe kegagalan beam.

Kegagalan element juga dapat terjadi pada tubular joint. Umumnya moda kegagalan pada tubular joint adalah bukling pada percabangan, pada cord, atau kelelahan pada las-lasan. Dua tipe utama kegagalan element adalah *perfectly brittle failure element* dan *perfectly ductile failure element*. *Perfectly brittle failure element* terjadi apabila element tidak efektif setelah mengalami kegagalan dan tidak memiliki daya tahan pembebanan yang mengakibatkan keruntuhan. Jika kegagalan element dapat dipertahankan oleh daya dukung element setelah mengalami kegagalan, disebut

perfectly ductile failure element. Kedua jenis moda kegagalan diatas dapat dilihat seperti pada Gambar 4 dibawah ini (Palle dan Yoshisada,1986).



(a) Semi brittle single step linearized.



(b) Semi ductile post failure behavior.

Gambar 4. Moda kegagalan element.

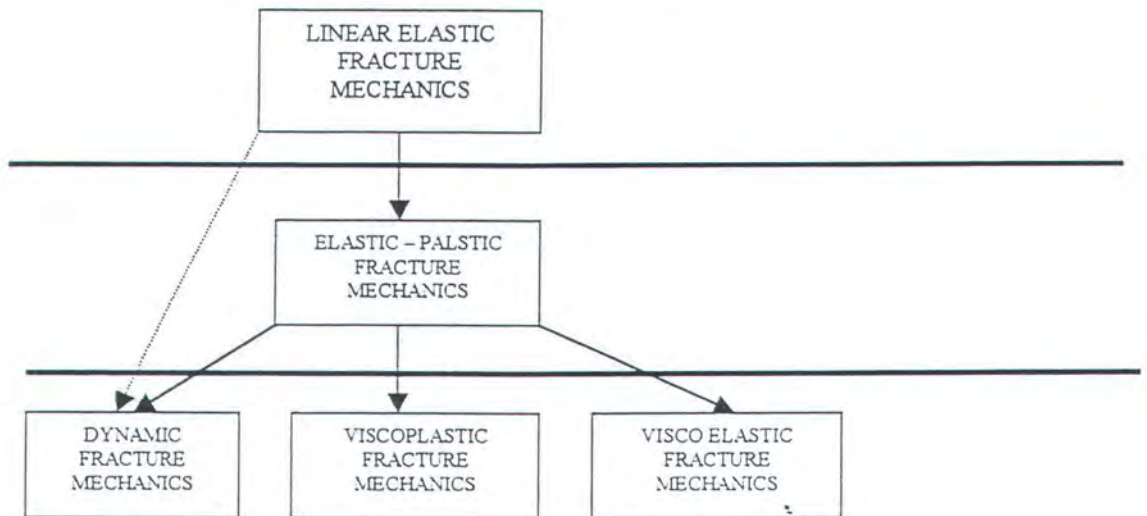
Namun dua tipe utama moda kegagalan diatas belum dapat menggambarkan perilaku semua jenis material. Menurut Rosyid ada beberapa moda kegagalan yang mungkin terjadi, yaitu *semi brittle single step linearized* dan *semi ductile post failure behavior* seperti pada gambar dibawah ini (Rosyid,D.M,1992).

Kapasitas kekuatan penahanan diberikan dengan parameter γ , dimana $0 < \gamma < 1$. Untuk $\gamma = 0$ menyatakan perilaku brittle, dan untuk $\gamma = 1$ menyatakan perilaku ductile.

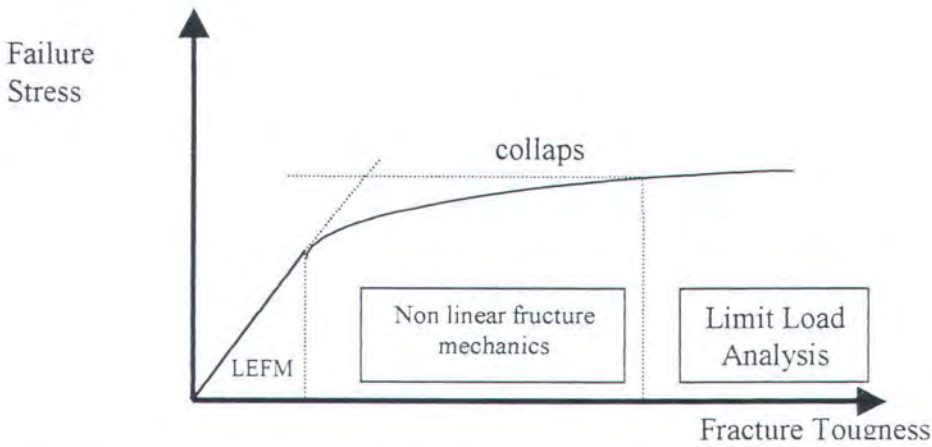
BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam melakukan desain struktur dan pemilihan material, maka kekuatan material harus lebih besar dari stress yang akan diberikan. Ada variabel penting dalam mekanika keruntuhan untuk mengetahui kekuatan struktur yaitu dengan pendekatan kekuatan material (*The strength of material approach*) dan dengan pendekatan mekanika keruntuhan (*The fracture mechanics approach*). Pendekatan dengan metode mekanika keruntuhan melibatkan material property sehingga dapat diketahui perilaku material dengan analisa keruntuhan dan analisa mekanika. Dalam analisa ini akan digambarkan type variasi perilaku keruntuhan seperti yang ditunjukkan pada (Gambar- 1). Dimana dalam gambar ini kategori mekanika keruntuhan non linear yaitu *Elastic-plastic*, *viscoplasticity* dan *viscoelasticity*.



Plot skema antara tegangan kegagalan dengan kekerasan (K_{Ic}) seperti pada (Gambar-2) menunjukkan bahwa untuk material yang memiliki kekerasan yang rendah, keruntuhan dengan sifat brittle merupakan mekanisme kegagalannya dan tegangan kritis yang terjadi berubah secara linear terhadap K_{Ic} . Pada angka kekerasan yang tinggi mekanika keruntuhan elastis plastis kurang begitu valid, dan kegagalan ditentukan oleh kriteria properti material (Anderson,1995). Struktur yang gagal ditentukan oleh kriteria kekuatan yang diperiksa dengan menghitung tegangan yang terjadi pada komponen-komponen struktur. Tegangan yang memenuhi adalah apabila tegangan pada setiap titiknya lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin di titik tersebut (API 1980).



Gambar 2. Efek kekerasan keruntuhan pada mekanisme kegagalan (Anderson,1995)

Selain itu colap yang terjadi pada struktur dipengaruhi oleh buckling, yielding, sobekan dan kegetasan material. Mode kegagalan dipengaruhi oleh deformasi awal, tegangan sisa, korosi dan kelelahan (Bai at al, 1993). bentuk colap yang terjadi adalah

bagian dari analisa kompleks pada perilaku non linear pada srtuktur bangunan lepas pantai yang timbul dari interaksi diantara dua atau lebih bentuk colap yang dapat menimbulkan mode kegagalan ketidak stabilan yang tinggi. Hal itu mungkin terjadi akibat kegagalan lokal yang harus dipertimbangkan pada struktur yang lebih besar (Ueda, 1991). Dalam daftar diatas diberikan beberapa jenis material dan sifat keruntuhannya.

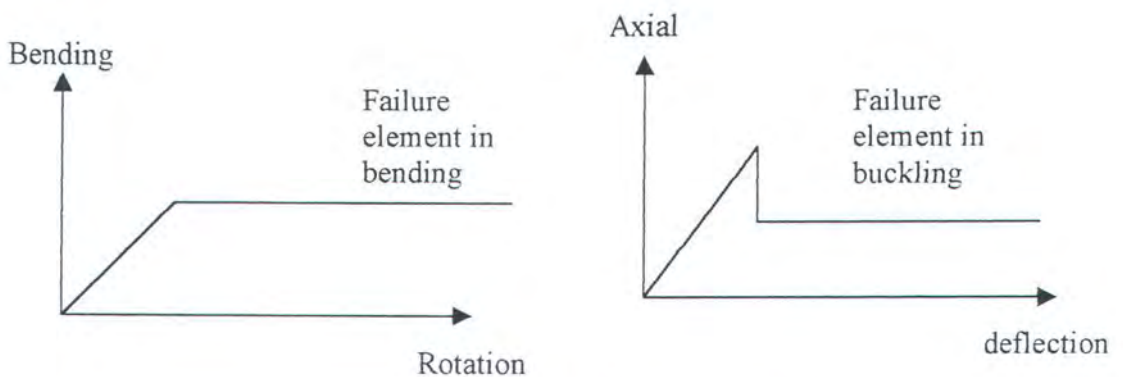
Tabel 1. Tipe perilaku keruntuhan beberapa material.

Material	Tipe Perilaku Keruntuhan
High strength steel	Linear- elastic
Low and medium strength steel	Elastic-plastic/ Fully plastic
Austenitic stainless steel	Fully plastic
Precipitation hardened aluminium	Linear elastic
Metal at high temperatures	Viscoplastic
Metals at high strain rates	Dynamic- viscopalstic

2.2. Landasan Teori

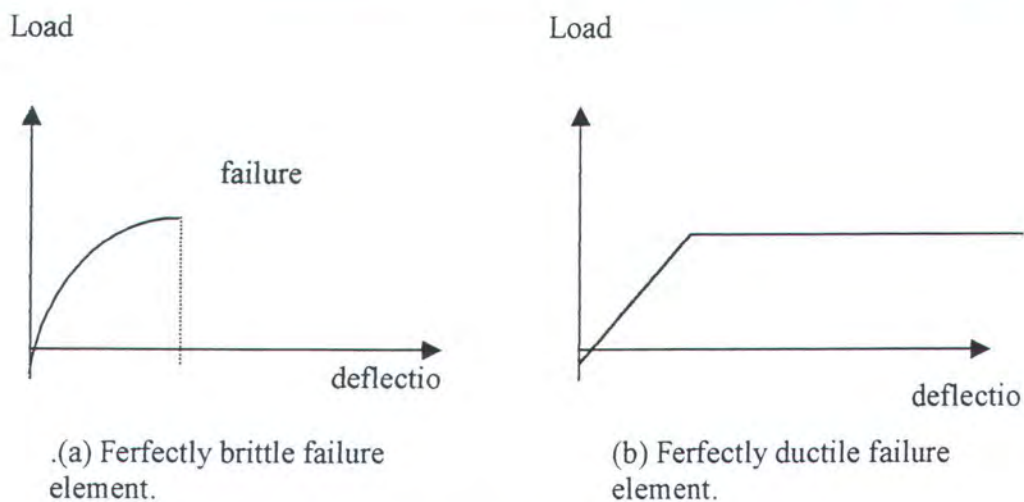
2.2.1. Mekanisme Kegagalan.

Setiap element struktur memiliki beberapa moda kegagalan. Sebuah beam dapat mengalami gagal bukling atau bending. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik material apakah brittle atau ductile. Pada Gambar 3 dibawah ini tampak perilaku kegagalan akibat bukling dan bending.



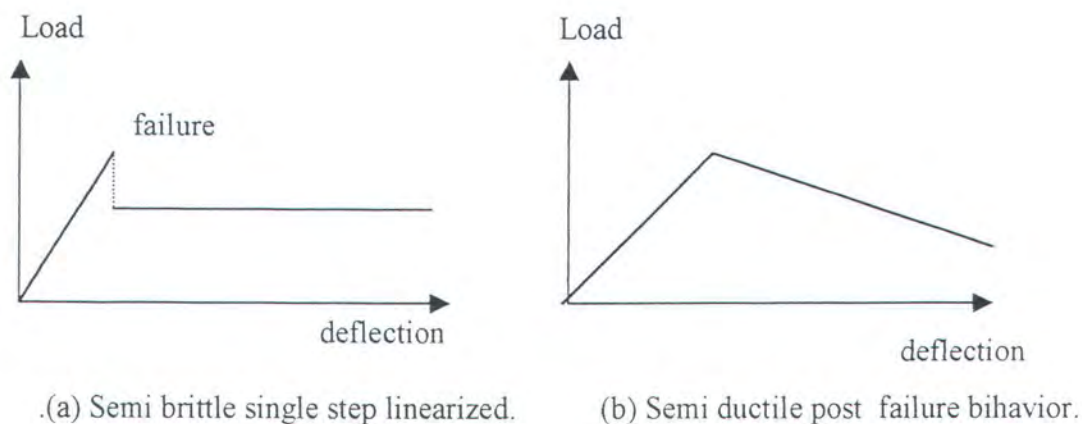
Gambar 3. Dua tipe kegagalan beam.

Kegagalan element juga dapat terjadi pada tubular joint. Umumnya moda kegagalan pada tubular joint adalah bukling pada percabangan, pada cord, atau kelelahan pada las-lasan. Dua tipe utama kegagalan element adalah *perfectly brittle failure element* dan *perfectly ductile failure element*. *Perfectly brittle failure element* terjadi apabila element tidak efektif setelah mengalami kegagalan dan tidak memiliki daya tahan pembebanan yang mengakibatkan keruntuhan. Jika kegagalan element dapat dipertahankan oleh daya dukung element setelah mengalami kegagalan,



Gambar 4. Dua tipe utama perilaku kegagalan element.

disebut perfectly ductile failure element. Kedua jenis moda kegagalan diatas dapat dilihat seperti pada Gambar 4 dibawah ini (Palle dan Yoshisada,1986).



Gambar 4. Moda kegagalan element.

Namun dua tipe utama moda kegagalan diatas belum dapat menggambarkan perilaku semua jenis material. Menurut Rosyid ada beberapa moda kegagalan yang mungkin terjadi, yaitu *semi brittle single step linearized* dan *semi ductile post failure behavior* seperti pada gambar dibawah ini (Rosyid,D.M,1992).

Kapasitas kekuatan penahanan diberikan dengan parameter γ , dimana $0 < \gamma < 1$. Untuk $\gamma = 0$ menyatakan perilaku brittle, dan untuk $\gamma = 1$ menyatakan perilaku ductile.

2.2.2. Analisa Statis Dengan Metoda Elemen Hingga

Masalah-masalah engineering model matematik jarang sekali dapat diselesaikan dengan cara analitik atau close form, kecuali persoalan yang sangat sederhana sekali. Masalah-masalah teknik biasanya akan menghasilkan suatu ekspresi matematik yang rumit yang melibatkan keadaan batas (boundary condition), sifat material, ketidaklinearan, dan sebagainya sehingga memaksa orang-orang teknik (engineer) untuk menggunakan analisa numerik, yang meskipun hasilnya hanya perkiraan tapi dianggap cukup dapat diterima.

Pendekatan-pendekatan numerik ini berdasarkan sifatnya selalu menggunakan informasi-informasi pada titik-titik diskret. Proses pemilihan dari titik-titik diskret ini disebut "pendiskritan" (discretization). Salah satu cara untuk pendiskretan ini adalah dengan membagi body menjadi bagian-bagian atau elemen-elemen yang lebih kecil. Gabungan dari elemen-elemen ini akan mewakili sistem yang sedang diselidiki.

2.2.2.1. Pendiskritan Sistem

pendiskretan dari suatu sistem yang dianalisa adalah suatu proses dimana sistem yang akan dianalisa dibagi menjadi bagian-bagian kecil. Elemen ini bisa berupa segitiga, atau quadrilateral untuk analisa dua dimensi. Untuk tiga dimensi, elemen yang sering dipakai adalah tetrahedra, rektanguler prisma atau hexahedra. Beberapa usaha telah dilakukan untuk membagi elemen ini secara otomatis, akan tetapi dalam banyak hal tergantung dari kecakapan individu yang melakukan analisa, termasuk menentukan model apa yang akan dipakai sebagai elemennya, berapa jumlah dan ukurannya yang dianggap memenuhi syarat untuk suatu jenis masalah tertentu. meskipun demikian dalam praktek, suatu sistem biasanya sangat kompleks dan besar sehingga untuk keperluan finite elemen metode hanya bagian tertentu saja yang perlu diselidiki sebab itu perlu pendiskretan.

Dilangkah pertama pada pendiskreditan dari suatu sistem adalah pemilihan bentuk elemen. Pemilihan ini didasarkan pada bentuk geometri dari sistem yang dianalisa dan juga dari koordinat yang digunakan (x,y,z)

Elemen-elemen ini biasanya termasuk dalam kategori satu dimensi, dua dimensi dan tiga dimensi sedangkan batas (boundary) biasanya digunakan garis lurus.

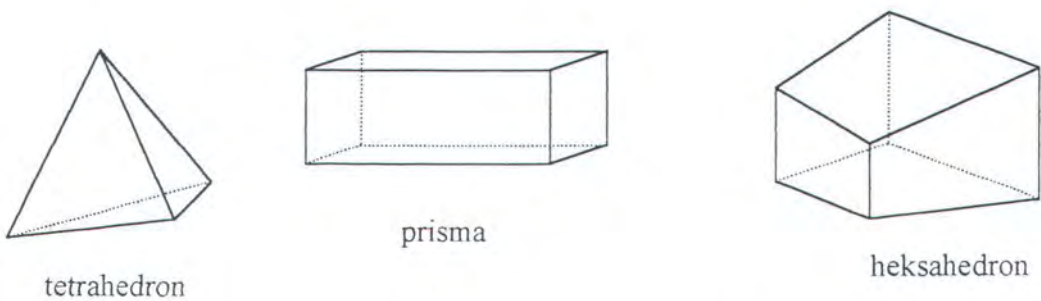
Apabila geometri bahan maupun variabel tak bebas (misalnya displasemen) bisa ditulis sebagai fungsi dari satu variabel bebas, maka kita cukup menggunakan variabel satu dimensi. Biasanya koordinat untuk variabel bebas ini diukur sepanjang sumbu elemen. Contoh elemen satu dimensi ini adalah elemen garis yang merupakan pengidealan dari kerangka konstruksi atau "truss". Biasanya apabila orang berbicara tentang analisa kerangka, maka biasanya digunakan elemen garis ini.

Beberapa masalah dalam engineering tidak dapat diselesaikan dengan elemen garis, dan harus digunakan elemen dua dimensi. Contoh yang termasuk dari kategori ini adalah plane strain, plane stress dan bending dari plat. Bentuk elemen yang sering digunakan adalah elemen segitiga, segi empat dan kuadrilateral.



Gambar 2.1. Elemen Dua Dimensi

Elemen tiga dimensi digunakan untuk benda/sistem yang tak dapat dianalisa dengan menggunakan elemen satu dan dua dimensi. Elemen-elemen itu adalah tetrahedron, Prisma, dan Heksahedron.



Gambar 2.2. Elemen Tiga Dimensi

2.2.2.2. Model Displasemen

Pemilihan dari displacement model atau displacement function. Model dari displacement yang dipilih tentu saja hanyalah perkiraan saja akan tetapi harus memenuhi persyaratan pokok tertentu (admissible function). Dalam polinomial dengan derajat kebebasan tak terbatas semakin menghasilkan nilai eksak namun pertimbangan-pertimbangan praktis harus membatasi jumlah derajat kebebasan.

Pada metode elemen hingga fungsi displasemen adalah untuk elemen, yaitu pada metode elemen hingga dilakukan pendekatan "piecewise" (sepotong demi sepotong).

kendatipun banyak model yang dapat dipakai, namun yang paling umum digunakan adalah polinomial. Ada dua alasan utamam mengapa digunakan bentuk polinomial. Pertama, karena mudah ditangani secara matematis maupun dimanipulasi secara digital dengan komputer (yaitu mudah didiferensialkan dan diintegalkan). Kedua, dengan menggunakan polinomial maka secara fisik dapat diperkirakan apakah pendekatan tersebut masuk akal. Penyelesaian yang eksak bisa didapat apabila polinomial yang digunakan mempunyai orde tak terhingga. Namun untuk alasan praktis orde ini harus dibatasi.

$$u(x) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 x^2 + \alpha_4 x^3 + \dots + \alpha_{n+1} x^n \quad 2.4.1$$

2.2.2.3. Kekakuan Elemen (Stiffness Matriks)

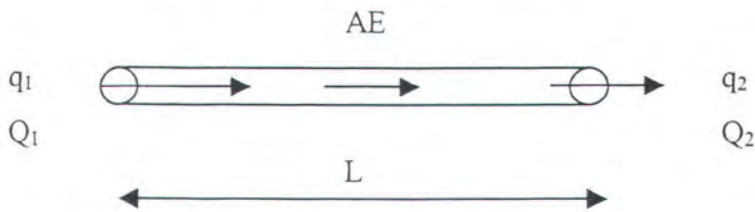
Penurunan kekakuan elemen (stiffnes matrik). Stiffnes pada dasarnya menghubungkan displacement pada nodal point dengan gaya-gaya luar (external force)

yang bekerja pada nodal points tersebut. Gaya-gaya luar ini dirubah dari bentuknya yang uniform (distributed forces) kebentuk diskret pada nodal forces dan disebut sebagai "equivalent nodal force" atau nodal force saja. persamaan keseimbangan yang melibatkan stiffnes matrix $[k]$, vektor dari stiffnes matrix $\{Q\}$ dan vektor dari displacemen $\{q\}$ dapat ditulis dengan persamaan:

$$[k]\{q\} = \{Q\} \quad 2.5.1$$

Untuk memberi gambaran, dapat kita lihat dalam contoh seperti dibawah ini:

Sebuah balok (beam) dengan luas penampang A dan modulus elastis E dengan gaya compresi Q_1 dan Q_2 yang bekerja pada kedua ujungnya (lihat gambar),



Gambar 2.3. elemen truss

Dimana:

Q_1 & Q_2 = Gaya-gaya luar yang bekerja pada node 1 dan 2

q_1 & q_2 = displacement pada node 1 dan 2

A = Luas penampang batang

E = modulus young

L = Panjang batang

Dari mekanika teknik didapatkan,

$$Q1 = \sigma A = \varepsilon EA/L = (q1 - q2)EA/L \quad 2.5.2$$

Dari prinsip keseimbangan,

$$Q2 = -Q1 = (-q1 + q2)EA/L \quad 2.5.3$$

Persamaan 2.5.2 dan 2.5.3 dalam bentuk matrik dapat ditulis sebagai berikut:

$$\{Q\} = [k] \{q\} \quad 2.5.4$$

$$\text{dimana } \{Q\} = \begin{Bmatrix} Q1 \\ Q2 \end{Bmatrix}$$

$$[k] = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\{q\} = \begin{Bmatrix} q1 \\ q2 \end{Bmatrix}$$

dapat dilihat bahwa stiffness matrix tergantung pada model dari displacemen yang dipakai, geometri dari elemen-elemennya dan sifat material lokal atau lazimnya disebut constitutive relations. Metode ini memungkinkan untuk memecahkan persoalan yang mempunyai sifat material yang berbeda.

2.2.2.3.1. Konsep Stiffnes Matrix

Matrik kekakuan elemen garis

mari kita tinjau elemen garis yang mempunyai luas penampang yang tidak konstan



Gambar 2.4. elemen garis

Arti fisik dari matrik kekakuan (K) ditulis sebagai berikut

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & \cdots & k_{1N} \\ \vdots & & \\ k_{N1} & \cdots & k_{NN} \end{bmatrix}$$

dengan k_{ij} = Gaya pada titik i akibat unit displasemen dititik j, dan semua displasemen yang lain (baik translasi maupun rotasi) dianggap nol.

dengan demikian k_{11} berarti gaya yang bekerja pada titik 1 akibat unit displasemen pada titik 1(displasemen lainnya samadengan nol)

Dari keseimbangan didapat:

$$q_1 = -q_2 \quad 2.5.5$$

demikian pula dari hukum tegangan regangan (stres-strain law)

$$\sigma = E \varepsilon \quad 2.5.6$$

dan dari hukum regangan-displacemen (Strain-displacemen law)

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} \quad 2.5.7$$

fungsi $\frac{du}{dx}$ kita ganti sebagai fungsi sembarang $u(x)$ yang memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu. $u(x)$ ini disebut model displacemen (displacement model atau displacement field). Karena itu cara ini juga disebut juga sebagai 'metode displasemen'.

Karena penampang yang tidak konstan maka tegangan yang dihasilkan juga tidak konstan. Karena tegangan tidak konstan maka regangan juga tidak konstan. Untuk model displasemen $u(x)$ kita anggap sebagai bentuk polinomial

$$u(x) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 x^2 + \alpha_4 x^3 + \dots \quad 2.5.8$$

atau dengan interpolasi displasemen antara simpul-simpulnya (nodes)

$$u(x) = q_1 \left(1 - \frac{x}{L}\right) + q_2 \frac{x}{L} \quad 2.5.9$$

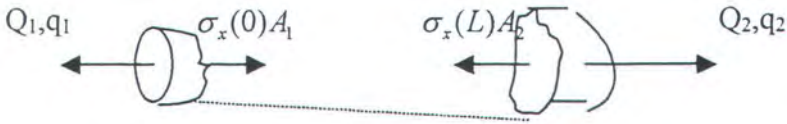
$\left(1 - \frac{x}{L}\right)$ dan $\frac{x}{L}$ disebut fungsi bentuk (shape function) atau fungsi interpolasi (interpolation function)

Apabila terdapat dua koordinat simpul (nodal coordinate), maka displasemen hanya mempunyai dua konstanta yang independen. Selain itu $\alpha_1 + \alpha_2$ Tak dapat dihilangkan, maka displasemennya menjadi:

$$u(x) = \alpha_1 + \alpha_2 x \quad 2.5.10$$

sehingga:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{du}{dx} = \frac{d}{dx} (\alpha_1 + \alpha_2 x) \\ &= \alpha_2 \text{ (konstan)} \end{aligned} \quad 2.5.11$$



Gambar 2.5. penampang elemen

$$Q1 = -\sigma_x(0) A_1$$

$$= -E \frac{du(0)}{dx} A_1$$

dengan menggunakan fungsi bentuk (shape function) diatas, maka

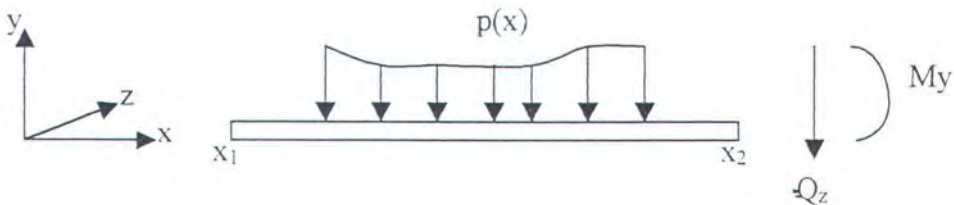
$$Q1 = -E \left(\frac{q_2 + q_1}{L} \right) A \quad \text{dan } Q2 = -Q1 \quad 2.5.11$$

hal ini menghasilkan

$$\begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix} = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{Bmatrix} \quad 2.5.12$$

model inilah yang digunakan untuk elemen garis

2.2.2.3.2. Elemen Bending (Beam Bending Elemen)



Gambar 2.6. elemen bending

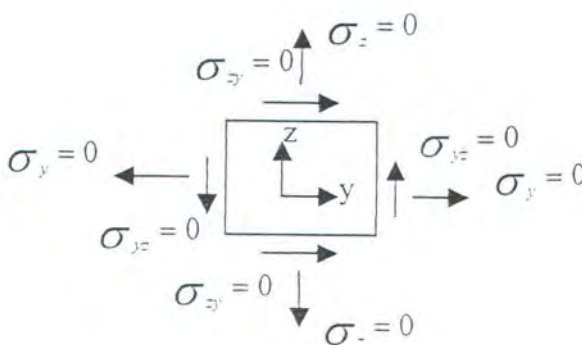
Balok elastis diatas memiliki penampang relatif kecil dibanding dengan panjangnya (slenderness). Gerakan balok ini hanya dibatasi pada bidang X-Z . Gaya yang bekerja adalah gaya lateral $p(x)$, gaya geser Q_z dan momen M_y dan tanpa gaya aksial. Teori Euler-Bernauli untuk lengkung murni (pure bending) mempunyai grakan dari sumbu netral beam dengan assumsi sebagai berikut:

- Bahan elastis dan linear
- Defleksi (lenturan) dan slope (rotasi) kecil.
- Penampang melintang beam tetap tegak lurus setelah deformasi.
- Tak ada ketergantungan terhadap regangan dan tegangan pada sumbu y.

Hubungan “Strain-displasemen” didapatkan dari assumsi c diatas, didapat:

$$\varepsilon_x = -z \frac{\partial^2 w(x,0)}{\partial x^2} \quad 2.6.1$$

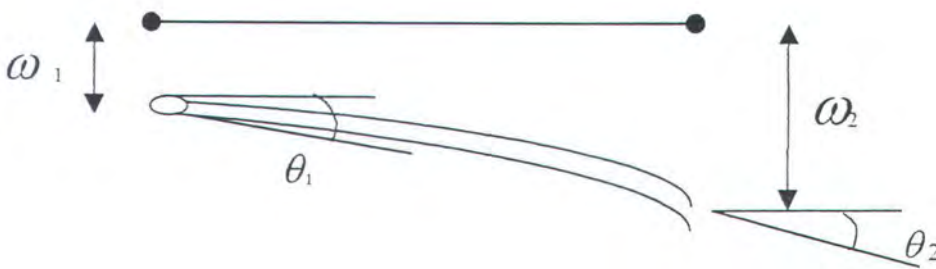
Perhatikan tegangan yang bekerja pada penampang melintang balok berikut :



Semua tegangan permukaan sama dengan nol, asumsi c , berarti juga $J_{zx} = J_{xy} = 0$ sehingga satu-satunya tegangan yang ada adalah :

$$\sigma_x(x, z) = E \epsilon_x(x, y) \tag{2.6.2}$$

Banyaknya derajat kebebasan untuk elemen balok (beam) pada setiap simpul adalah dua, yaitu rotasi dan translasi. Dengan Demikian untuk elemen dengan dua simpul maka terdapat empat derajat kebebasan, yaitu $\omega_1, \theta_1, \omega_2, \theta_2$



Gambar 2.7. displasemen

Hubungan antara 'nodal forces' (gaya simpul) dan displacemen adalah :

$$\begin{Bmatrix} P1 \\ M1 \\ P2 \\ M2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma_x(x,t) \\ \epsilon_x(x,t) \\ \omega(x,0) \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \omega1 \\ \theta1 \\ \omega2 \\ \theta2 \end{Bmatrix} \tag{2.6.3}$$

Displasemen model adalah fungsi dari x saja, karena anggapan dasar dari “Euler-Bernoulli” adalah mempelajari gerakan sumbu netral dari beam (balok)

$$w(x,0) = w(x)$$

Model displasemen yang kita pilih harus mempunyai tiga koordinat general :

$$w(x) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 x^2 + \alpha_4 x^3 + \dots \tag{2.6.4}$$

karena terdapat empat derajat kebebasan, maka diperlukan koordinat keempat.

Seperti kita ketahui, hubungan tegangan –regangan (Stress-Strain) adalah:

$$\sigma_x(x,z) = E \epsilon_x(x,y) \tag{2.6.5}$$

sedangkan regangan-displasemen adalah:

$$\epsilon_x(x,t) = \left[-z \frac{d^2}{dx^2} \right] \{w(x)\} \tag{2.6.6}$$

matrik Φ didapat dari:

$$w(x) = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \end{bmatrix}}_{\Phi} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{Bmatrix} \tag{2.6.7}$$

Matriks [A] didapat dengan menggunakan definisi $\theta = \frac{dw}{dx}$ dan menggunakan koordiant

$$\text{lokal } x_1 = 0, x_2 = L. \quad \begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & L & L^2 & L^3 \\ 0 & 1 & 2L & 3L^2 \end{bmatrix} \underbrace{\begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{Bmatrix}}_A \tag{2.6.8}$$

Invers [A],

$$[A]^{-1} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} L^3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L^3 & 0 & 0 \\ -3L & -2L & 3L & -L \\ 2 & L & -2 & L \end{bmatrix} \quad 2.6.9$$

fungsi bentuk (shape function)

$$[N] = [\Phi] [A]^{-1} \quad 2.6.10$$

$$= \frac{1}{L^3} [L^3 - 3Lx^3 + 2x^2, \quad L^2x - 2L^2x^2 + Lx^3, \quad 3Lx^2 - 2x^3, \quad -L^2x^2 + Lx^3]$$

Matriks [B]:

$$\begin{aligned} [B] &= [S - D][N] \\ &= \left[-Z \frac{d^2}{dx^2} \right] [N] \\ &= \frac{-Z}{L^3} [6L + 12x, \quad -4L^2 + 6Lx, \quad 6L - 12x, \quad -2L^2 + 6Lx] \end{aligned} \quad 2.6.11$$

Matriks kekuannya adalah :

$$[k] = \int_0^L \int_{-b_2}^{\frac{b_1}{2}} \int_{-b_2}^{b_2} [B]^T [C] [B] dx dy dz \quad 2.6.12$$

Jika harga [B] diatas dimasukkan dan di integralkan, kemudian defenisikan $I = \frac{1}{12} bh^3$

maka didapat:

$$[k] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ & & 12 & -6L \\ \text{symetris} & & & 4L \end{bmatrix} \quad 2.6.13$$

2.2.2.4. Penggabungan Elemen

Penggabungan elemen-elemen. Proses ini didasarkan pada anggapan kontinuitas di nodal point yang menghubungkan antara satu elemen dengan elemen lain. persamaan yang diperoleh adalah seperangkat persamaan aljabar simultan. Persamaan global ini adalah :

$$[K] \{r\} = \{R\} \quad 2.6.1$$

dimana: K = Global stiffness matrix

R = global load vector

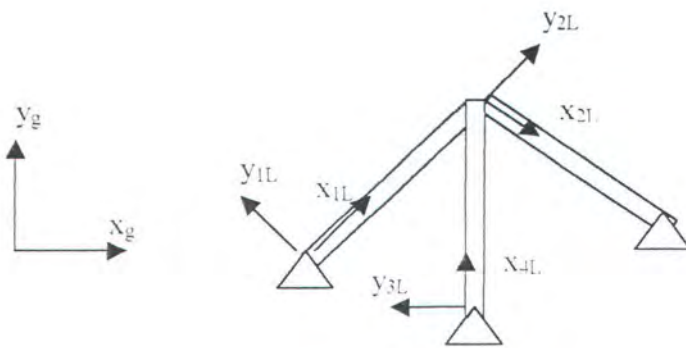
r = vektor dari displacemen untuk seluruh sitem yang dianalisa.

Untuk menyelesaikan persoalan yang kompleks, konstruksi sistem dibagi menjadi elemen-elemen dan elemen-elemen itu kemudian digabungkan.

Penggabungan elemen ini harus memenuhi hukum gabungan. Secara umum hukum ini berbunyi : karena displasemen harus sama pada node /simpul yang sama, maka pada lokasi-lokasi tersebut beban dan matrik kekakuan harus ditambahkan.

2.2.2.4.1. Transformasi koordinat

Apabila beberapa elemen terletak pada posisi sedemikian rupa sehingga penggunaan satu sistem koordinat tidak memungkinkan lagi sehingga digunakan koordiant lokal untuk setiap elemen dan koordinat global untuk gabungan elemen (lihat gambar) :

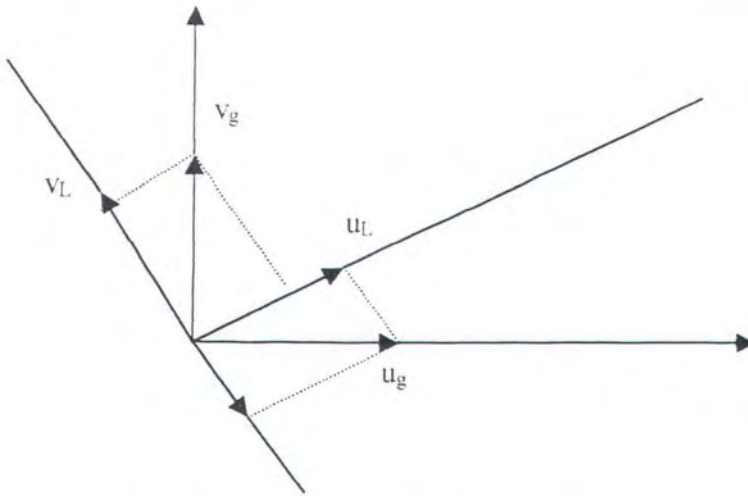


Gambar 2.8. elemen batang

Bila vektor displasemen pada koordianat global $\begin{bmatrix} u_g \\ v_g \end{bmatrix}$ dan kita ingin merubahnya

kekoordinat lokal $\begin{Bmatrix} u_l \\ v_l \end{Bmatrix}$. Dalam hal ini kita hanya memperhatikan rotasi koordinat saja,

karena translasi tidak mempengaruhi kekakuan.



Gambar 2.9. Transformasi koordinat

$$u_L = u_g \cos \alpha + v_g \sin \alpha \quad 2.6.2$$

$$v_L = -u_g \sin \alpha + v_g \cos \alpha \quad 2.6.3$$

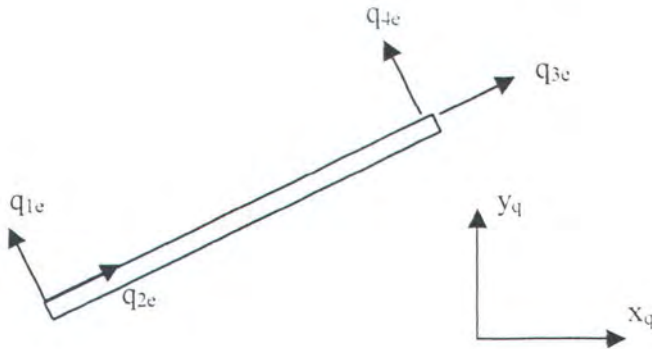
atau

$$\begin{Bmatrix} u_L \\ v_L \end{Bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}}_{[t]} \begin{Bmatrix} u_g \\ v_g \end{Bmatrix} \quad 2.6.4$$

Matrik [t] disebut matrik transformasi untuk node simpul tertentu.

Perlu dicatat bahwa kita sering harus merubah bentuk/ukuran matrik agar sesuai dengan bentuk global.

Misalnya untuk elemen garis satu dimensi



Gambar 2.10. elemen garis

Pada koordinat lokal x_L, y_L , matriks kekakuan ini dapat ditulis dalam bentuk dua dimensi sebagai berikut.

$$\begin{Bmatrix} Q_{1L} \\ Q_{2L} \\ Q_{3L} \\ Q_{4L} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & EA/L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -EA/L & 0 & EA/L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_{1L} \\ q_{2L} \\ q_{3L} \\ q_{4L} \end{Bmatrix} \quad 2.6.5$$

Demikian pula elemen garis satu dimensi ini dapat ditulis dalam bentuk tiga dimensi sebagai berikut :



Gambar 1.11. bentuk tiga dimensi

$$\begin{Bmatrix} Q_{1l} \\ Q_{2l} \\ Q_{3l} \\ Q_{4l} \\ Q_{5l} \\ Q_{6l} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 & EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -EA/L & 0 & 0 & EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_{1L} \\ q_{2L} \\ q_{3L} \\ q_{4L} \\ q_{5L} \\ q_{6L} \end{Bmatrix} \quad 2.6.6$$

2.2.3. Perhitungan Tegangan

Tegangan –tegangan ijin untuk silinder:

*tegangan tarik axial (axial tension)

$$F = 0,6 F_y \quad \text{dimana } F_y \text{ adalah tegangan yield,ksi(mpa)}$$

*tegangan tekan axial (axial compression)

$$\text{column buckling} \quad F = \frac{\left(1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8Cc} - \frac{3(KL/r)^3}{8Cc^3}} \cdot F_y$$

Untuk $Kl/r < C_c$

$$F_c = \frac{42a^2E}{23(KL/r)^2} \quad \text{untuk } Kl/r \leq C_c$$

$$\text{dimana } C_c = \left[\frac{2a^2E}{F_y} \right]^{\frac{1}{2}}$$

E=modulus young Ksi (mpa)

I = panjang umbraceed (m)

K = faktor panjang efektif

T = jari-jari girasi

Local buckling

Elastis local buckling stress

$$F_{xc} = C_{et}/D$$

Dimana C = koefisien buckling elastis kritis = 0.3-0.6

D= diameter terluar (m)

T = tebal (m)

Inelastis local buckling stress

$$F_{xc} = F_y [1,64 - 0,23(D/t)^{1/4}] \leq F_{xc}$$

$$F_{xc} = F_y \text{ for } (D/t) \leq 60$$

2.2.2.7.1. Tegangan Tekuk

Tegangan tekuk (bending)

$$F_b = 0,75 F_y \quad \text{untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y} \text{ dalam SI}$$

$$F_b = [0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{Et}] F_y \quad \text{untuk } \frac{10340}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \text{ dalam SI}$$

$$F_b = [0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{Et}] F_y \quad \text{untuk } \frac{20680}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq 300 \text{ dalam SI}$$

2.2.3.1. Tegangan Geser

Tegangan geser maksimum

$$F_v = \frac{V}{0,5A} \quad \text{dimana: } V = \text{gaya geser memanjang, kips(MN)}$$

$A = \text{Luasan in}^2 \text{ (m}^2\text{)}$

Tegangan geser ijin

$$F_v = 0.4 F_y$$

Tegangan geser torsional maksimum

$$F_{vt} = \frac{Mt(D/2)}{I_p} \quad \text{dimana: } f_{vt} = \text{tegangan torsi geser maksimum, ksi (Mpa)}$$

$M_t = \text{momen torsi, Kips-in (MN.m)}$

$I_p = \text{momen polar inertia, in}^4 \text{ (m}^4\text{)}$

Tegangan geser torsional ijin:

$$F_{vt} = 0.4 F_y$$

2.2.3.2. Tegangan Majemuk Tekan Dan Tekuk

Tegangan majemuk tekan dan tekuk

$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0$$

apabila $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$, maka digunakan

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0$$

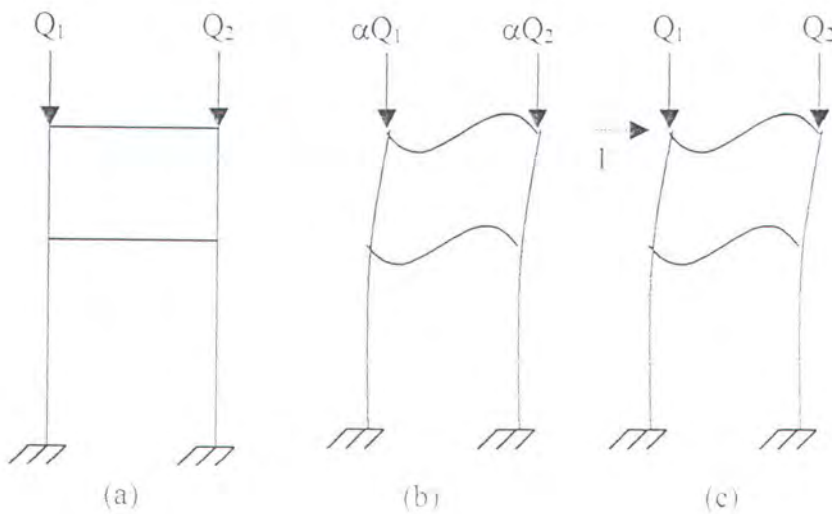
2.2.4. Stabilitas Elastis Pada Portal

Dalam perencanaan dengan factor beban yang tertentu, beban runtuh harus diketahui. Secara umum keruntuhan dapat terjadi karena melelehnya bahan

disejumlah lokasi yang cukup untuk membentuk suatu mekanisme, atau karena tekuk akibat tekanan aksial dengan tegangan yang belum melewati batas elastis.

Dalam bagian ini kita akan membahas tekuk pada portal bidang bertitik kumpul kaku yang batang-batangnya hanya dibebani gaya aksial.

Tinjau portal bidang dengan beban suatu sistem gaya $\{Q\}$ (gambar 2.12a) yang menimbulkan tekanan aksial di beberapa batang. beban tekuk atau kritis $\alpha \{Q\}$ didefinisikan sebagai harga skalar α yang sedenikian rupa hingga struktur bisa mengalami perpindahan yang kecil tanpa memberikan gangguan. Dengan kata lain bila beban tekuk $\alpha \{Q\}$ bekerja, kita mungkin mempertahankan struktur dengan konfigurasi berpindah tanpa memberikan beban tambahan, seperti diperlihatkan gambar 2.12b.



Gambar 2.12. Tekuk pada portal bidang

Jika Portal yang ditinjau kita taksir harga α dan kita hitung gaya aksial $\{p(\alpha)\}$ yang selaras, maka kita bisa mencari matriks keakuan $[S(\alpha)]$ dari struktur yang selaras dengan sistem koordinat yang dipilih. elemen matriks ini adalah fungsi dari harga α . Sembarang sistem gaya $\{F\}$ pada perpindahan $\{D\}$ dikoordinat dihubungkan dengan persamaan

$$[S(\alpha)] \{D\} = \{F\}$$

jika α selaras dengan harga tekuk kritis, maka kita bisa membiarkan struktur mengalami perpindahan yang kecil $\{\delta D\}$ tanpa memberikan gaya sehingga persamaan terakhir menjadi

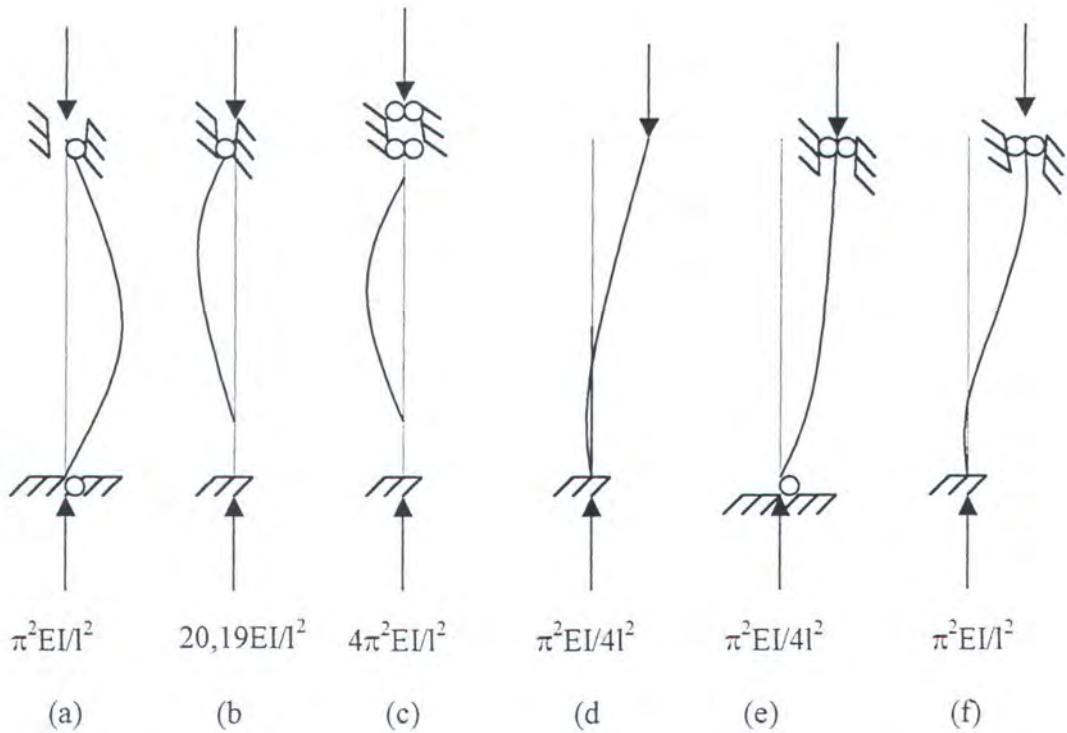
$$[S(\alpha)] \{\delta\} = \{0\}$$

Agar kita mendapat persamaan yang berarti (non-trivial), matrik kekakuan $[S(\alpha)]$ harus singular-yaitu determinan

$$[S(\alpha)] = \{0\}$$

beban runtuh didapat dari harga α yang terkecil yang memenuhi persamaan diatas. umumnya terdapat lebih dari satu harga α yang memenuhi persamaan ini, dan setiap α berhubungan dengan harga $\{\delta D\}$ yang sembarang tetapi mempunyai perbandingan tertentu untuk menentukan ragam (mode) kritis yang sesuai.

Untuk memperoleh α dari persamaan diatas, determinan dihitung dalam harga α dan besar α yang menghasilkan determinan nol diperoleh dengan interpolasi. setelah α dihitung, vektor perpindahan yang sesuai dapat ditentukan secara serupa dengan yang digunakan dalam perhitungan eigenvektor. Perhitungan diatas mungkin melibatkan perhitungan yang amat banyak, sehingga penggunaan komputer tidak dapat dihindari.



Gambar 2 .13. Beban tekuk kritis untuk batang prismatis

2.2.5. Pengaruh Gaya Aksial

Secara umum, bila gaya aksial suatu batang portal relatif besar, dua macam pengaruh bisa menjadi penting: perubahan geometri akibat panjang batang, dan perubahan kekakuan akibat lenturan yang ditimbulkan gaya aksial.

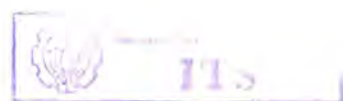
Pengaruh pertama menunjukkan bahwa gaya aksial mengakibatkan perubahan panjang batang dan memberikan kontribusi pada perpindahan titik kumpul. Pengaruh ini dapat diperhitungkan dalam analisa metode gaya atau perpindahan yang umum dan biasanya memperbanyak jumlah perhitungan. Akan tetapi pengaruh ini bisa juga disertakan dalam analisis pendekatan dengan distribusi momen; misalnya pada suatu

portal kita taksir besarnya gaya aksial, kemudian kita hitung translasi titik kumpul dan lakukan distribusi momen dengan momen primer awal yang didasarkan pada perpindahan ini dan beban transversal pada batang. Jika diperlukan perhitungan dapat diulangi dengan besar gaya aksial yang lebih tepat dari hasil analisa sebelumnya. Pada rangka batang dengan titik kumpul yang kaku, gaya batang dan translasi titik kumpul yang pertama ditentukan dengan menganggap seluruh titik kumpul bersifat sendi. kemudian kita kembali ke titik kumpul yang kaku dan menghitung momen ujung pada batang akibat perpindahan titik kumpul yang didapat pada analisa pertama. Distribusi momen adalah salah satu cara untuk menghitung distribusi momen tersebut..

Pengaruh kedua dari gaya aksial adalah perubahan kekakuan pada suatu batang akibat lenturan yang ditimbulkan gaya aksial. Gaya yang dibutuhkan untuk putaran sudut atau translasi satu satuan dalam arah transversal disalah satu ujung batang, akan berkurang jika batang ini memikul gaya aksial tekan, dan sebaliknya bertambah apabila gaya aksial bersifat tarik. Pengaruh gaya aksial ini akan berarti penting untuk batang langsing, dan disebut pengaruh *balok-kolom*.

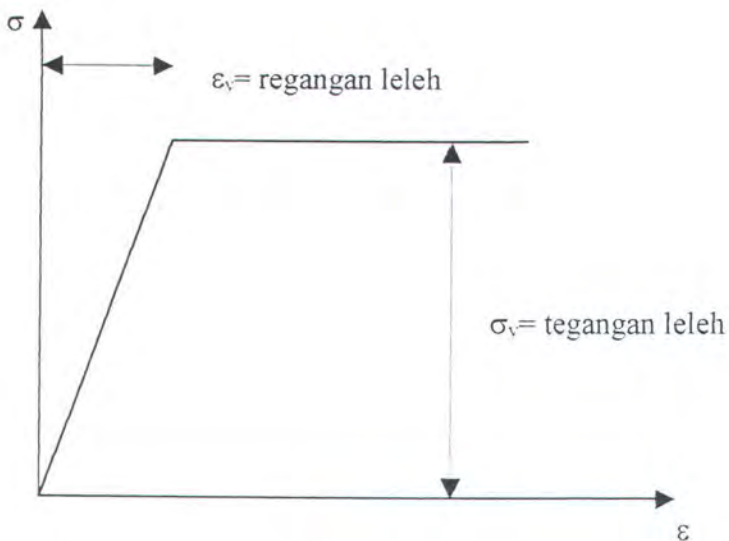
2.2.6. Analisa Plastis Portal

Analisa elastis bermanfaat untuk mengetahui penempilan suatu struktur, terutama daya layanannya (*service ability*) terhadap pembebanan yang direncanakan. akan tetapi bila beban diperbesar sehingga struktur meleleh, (yield) disejumlah lokasi, struktur akan mengalami perubahan bentuk elastis-plastis dan bila beban terus diperbesar, keadaan plastis penuh akan tercapai. Dalam keadaan ini sejumlah sendi plastis akan terbentuk dan struktur berada dalam keadaan yang meruntuhkannya bila beban



ditambah. Pengkajian mekanisme keruntuhan dan pengetahuan akan besarnya beban runtuh diperlukan untuk menentukan beban dalam analisa. Alternatifnya, jika koefisien beban ditentukan, struktur dapat direncanakan sedemikian hingga beban runtuhnya sama dengan atau lebih dari hasil kali beban dengan beban kerja (service load).

Perencanaan struktur yang berdasarkan pendekatan plastis (perencanaan batas /limit design) semakin banyak dipakai dan diterima oleh pelbagai peraturan praktis, terutama untuk konstruksi baja. Bahan dianggap berubah bentuk secara ideal seperti ditunjuk pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Hubungan tegangan-regangan ideal

Regangan dengan tegangan sebanding satu dengan yang lainnya sampai tegangan leleh, dan regangan selanjutnya bertambah sampai tak terhingga tanpa pertambahan tegangan.

Jenis tegangan regangan ini tidak berbeda jauh dengan yang dijumpai pada baja lunak. Namun sesungguhnya terdapat kekuatan cadangan akibat pengerasan regangan (*strain hardening*) tetapi hal itu tidak diperhitungkan dalam analisa ini. Dalam banyak hal, perhitungan beban runtuh melibatkan cara *trial and error*.



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. PENENTUAN GEOMETRI STRUKTUR

Metode penentuan ukuran geometri dan data – data geometri dapat dilakukan dengan dua cara pertama dengan mengambil langsung data struktur jacket platform yang sudah ada dan kedua dengan menentukan ukuran geometri sendiri yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Untuk tugas akhir ini penulis mengambil data dari struktur yang sudah ada yaitu model struktur jacket platform empat kaki P.T Guna Nusa yaitu jacket Satellite Wellhead platform (SWP). Data-data geometri dan material adalah sebagai berikut :

Density	= 7850kg/m
Modulus Young	= 210.000 MN/m
Modulus Geser	= 77.000 MN/m
Poisson ratio	= 0.3
Beban vertical	= 6500 KN
Tegangan yield	= 235 Mpa
Tegangan ultimate	= 400 Mpa

Geometri struktur jacket platform SWP adalah sebagai berikut :

Kaki jenis P64x255

Diameter luar	= 1.6256 m
Diameter dalam	= 1.6066 m
Ketebalan pipa	= 0.0095 m

Bracing vertical P30x70

Diameter luar	= 1.016 m
Diameter dalam	= 1.002 m
Ketebalan pipa	= 0.0079 m

Bracing horizontal

Diameter luar = 0.7112 m

Diameter dalam = 0.6985 m

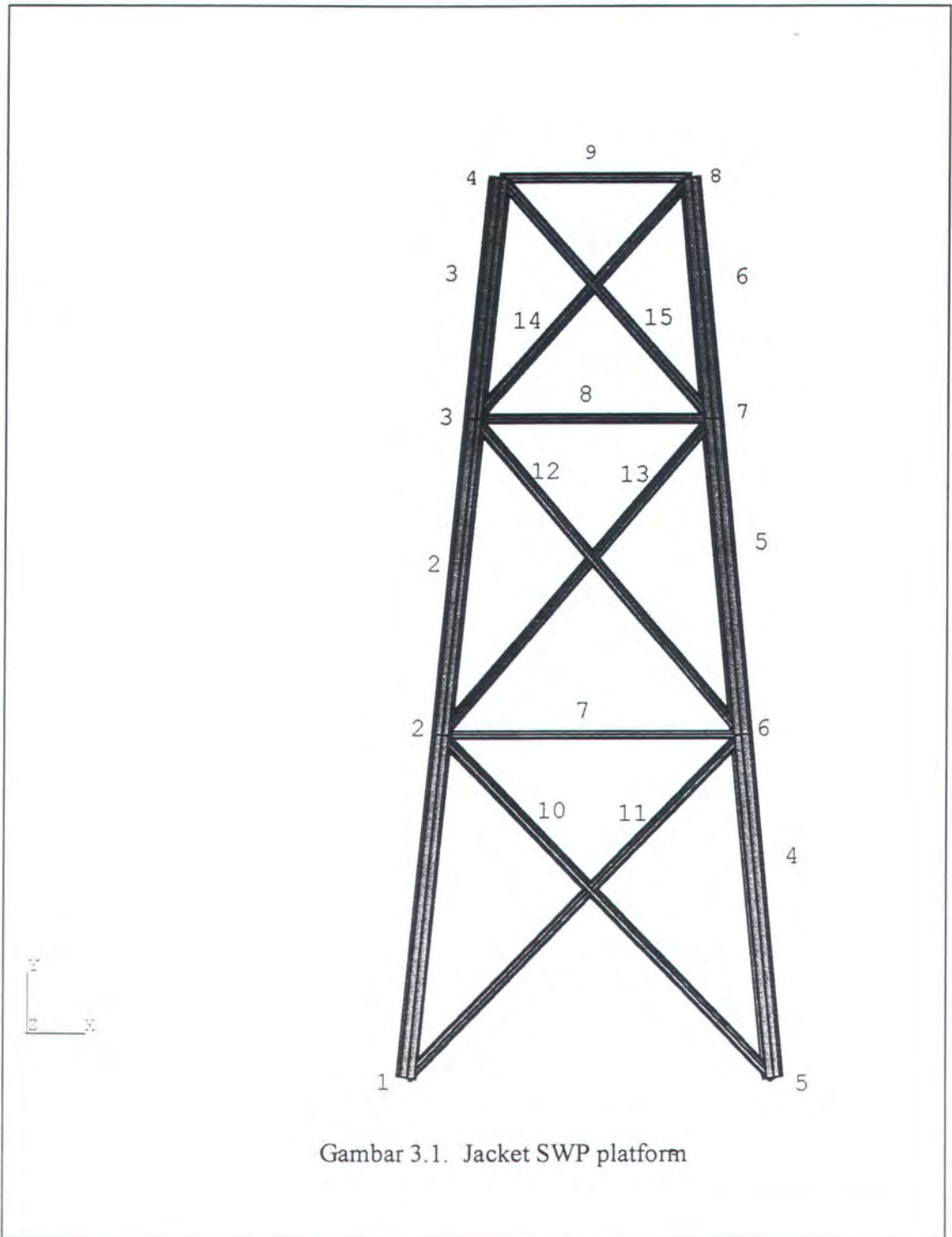
Ketebalan pipa = 0.0063 m

Untuk kondisi beban horizontal diambil beban sembarang sebagai beban awal, dan untuk penelitian ini nilai awalnya adalah sebesar 50 KN yang nantinya akan dilakukan penambahan beban.

3.2 PENENTUAN KOORDINAT

Dalam melakukan pemodelan pertama ditentukan koordinat yang bersesuaian dengan ukuran struktur. Koordinat model yang dimasukkan adalah sebagai berikut :

ID	X	Y	Z
1	0.00	0.00	0.00
2	2.49	2.49	0.00
3	4.78	4.79	0.00
4	6.54	6.55	0.00
5	2.73	0.00	0.00
6	2.48	2.49	0.00
7	2.25	4.79	0.00
8	2.07	6.55	0.00



Gambar 3.1. Jacket SWP platform

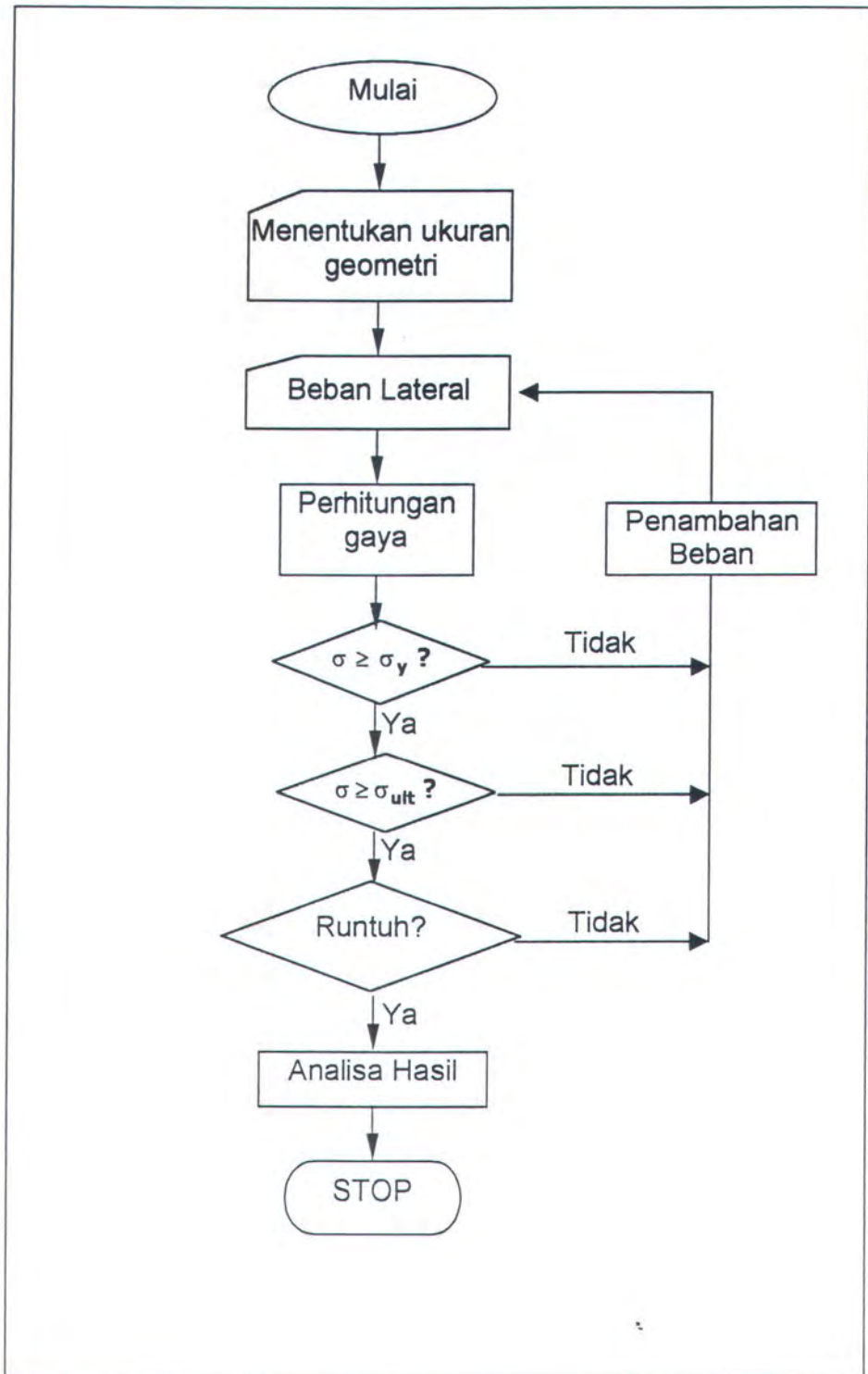
3.3 Penentuan Struktur yang gagal

Struktur yang mendapat pembebanan dari arah vertical dan horizontal akan menghasilkan respons tiap member pada struktur yaitu dapat berupa tegangan, displacemen, gaya dan momen. Perhitungan respons struktur dilakukan dengan menggunakan software GTStrudl yang menghasilkan tegangan yang terjadi pada tiap member. Adapun proses untuk menentukan struktur yang gagal adalah sebagai berikut:

1. Setelah koordinat ditentukan maka langkah selanjutnya adalah :
 - menentukan nomor member dengan menghubungkan join-join yang telah ditentukan melalui koordinat.
 - Memilih material yang digunakan beserta nilai propertis materialnya.
 - Menentukan tumpuan yang digunakan struktur dalam hal ini tumpuannya adalah fix pada kedua ujung bawah kaki struktur.
 - Memasukkan beban vertical dan beban horizontal sebagai beban join.
2. Melakukan analisa dengan metode analisa statis
3. Setelah di running, selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap kekuatan tiap member pada struktur dengan menggunakan kode standart Allowable Stress Design ninth edition (ASD9).
4. Pengecekan dilakukan pada tiga lokasi pengecekan yaitu pada panjang nol, panjang setengah dari member dan selanjutnya pada titik paling ujung dari panjang member.
5. Setelah running check dilakukan maka diperiksa interaksi rasio yang terjadi pada tiap-tiap member antara tegangan yang terjadi (actual) dengan tegangan ijin (allowable)
6. Bila tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin maka akan menghasilkan interaksi ratio yang lebih kecil dari 1 yang artinya member tidak mengalami kegagalan sehingga harus dilakukan penambahan beban.
7. Bila tegangan yang diberikan samadengan atau lebih besar dari tegangan ijin maka akan menghasilkan interaksi ratio yang satu atau lebih dari satu yang

mengindikasikan bahwa member telah mengalami kegagalan (gagal member). Member yang telah mengalami kegagalan dicatat, demikian juga besar beban yang menyebabkan terjadinya gagal tersebut. Lalu diperiksa apakah dengan kegagalan satu member akan menyebabkan keruntuhan secara menyeluruh.

8. Selanjutnya apabila ditemukan determinan matriks diagonal struktur secara global samadengan nol maka dikatakan struktur telah mengalami keruntuhan secara menyeluruh dan sebaliknya jika determinan matrik global struktur lebih besar atau samadengan nol berarti struktur masih stabil, sehingga harus dilakukan penambahan beban sampai ditemukan determinan matrik diagonal samadengan nol.
9. Apabila pada penambahan beban tertentu menghasilkan determinan matrik global samadengan nol maka telah terjadi ketidakstabilan struktur (rigid body motion) dan pada tahap ini proses selesai. Dalam tahapan akhir ini dicatat urutan member yang gagal akibat perubahan pertambahan beban.



Gambar 6. Kerangka Program Analisa



BAB IV
ANALISA HASIL PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Respon Struktur

Berikut ini adalah Spesifikasi material yang digunakan pada semua struktur rangka -2D yang di analisa :

Material	=	ASTM A36
E	=	$2 \cdot 10^5$ Mpa
G	=	$75842 \cdot 10^6$ Mpa
Rasio Poisson	=	0.32
Tension Limit	=	450 Mpa
Fy	=	280 Mpa

Perhitungan respon struktur akibat beban luar yang bekerja pada struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer dengan perangkat lunak GTStrudl.

Berikut ini adalah respon struktur untuk tiap pembebanan yang menghasilkan kegagalan / patah pada kaki atau bracing

4.1. RESPON STRUKTUR TERHADAP PEMBEBANAN KRITIS

No.	Pembebanan (KN)	Member yang mulur (yield)	Tegangan (Kpa)
1	50	4	127545.1
2	100	5	127028.6
3	600	6	126830.9
4	2160	15	107596.9
5	2700	13	113462.5
6	2850	11	117282.4
7	3925	9	196316.5
8	5600	1	213977.3
9	6900	8	154929.1
10	7500	12	174025.2
11	8579	14	149571
12	8580	2	177019.7

No.	Pembebanan (KN)	Member yang patah	Tegangan (Kpa)
13	4025	11	119099.6
14	5100	13	168683.7
15	6140	15	261486.1
16	9475	4	587255.7

Tabel 4.1.1. Pembebanan – pembebanan yang mengakibatkan terjadinya titik mulur dan patah pada struktur.

MEMBER	TEGANGAN (Kpa)		
	MAX-NORMAL	MIN-NORMAL	LOKASI
1	-111613.2	-120464	1
2	-116723.1	-121838	0
3	-112947.1	-121535.4	1
4	-119541.6	-129983.9	0
5	-123126	-127028.6	0
6	-115300.7	-123270.1	1
7	88415.27	87382.35	1
8	90562.54	86091.09	0
9	10680.05	5931.687	0
10	-31285.95	-44666.5	0
11	-34702.41	-47773.46	1
12	-17073.02	-43809.35	1
13	-20971.3	-48637.58	1
14	-28872.55	-52737.09	1
15	-33713.07	-58435.31	1

JOINT	GAYA (KN)		MOMEN	DISPLACEMENT (m)		Z-ROT
	AXIAL	Y-GESER	BENDING	X-DISP	Y-DISP	
1	5717.049	-6.778	-86.009	0.0000	0.0000	0.0000
2	5837.768	0.855	47.159	-0.0045	-0.0145	0.0004
3	5698.730	8.248	63.406	-0.0026	-0.0287	-0.0152
4	-5698.730	-8.248	81.664	0.0018	-0.0396	-0.0123
5	5927.996	-7.036	-96.378	0.0000	0.0000	0.0000
6	5977.932	0.731	41.272	0.0053	-0.0149	-0.0036
7	5748.157	7.712	56.975	0.0052	-0.0293	0.0101
8	-5748.157	-7.712	78.659	0.0025	-0.0401	0.0067

Tabel 4.1.1. Respon struktur pada pembebanan 50 KN yang merupakan gagal pertama pada kaki.

5

4.2. Respon yang mengakibatkan terjadinya matrik singular

Pada bagian berikut ini adalah respon – respon struktur akibat pembebanan yang mengakibatkan terjadinya patah (*failure*) pada komponen – komponen struktur. Patah yang terjadi ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur dimana kondisi ini mungkin dapat mengakibatkan struktur mengalami runtuh atau tidak dapat beroperasi. Perlu diingat bahwa kondisi yang diinginkan disini adalah seberapa kuat struktur untuk tetap eksis dalam arti tidak runtuh secara teori (bukan berdasarkan aplikasi atau kondisi yang diatur dalam standarisasi) sehingga pada saat pembebanan tertentu dinyatakan bahwa struktur tidak memiliki lagi kekuatan sisa (*redundancy*) dengan ditemukannya matrik kekakuan nol atau matrik singular. Sebelum terjadi keruntuhan struktur secara menyeluruh, proses keruntuhan dimulai dari gagalnya beberapa elemen struktur. Kriteria gagal yang diperoleh disini adalah patah atau elemen memiliki kekuatan samadengan nol. Respon yang mengakibatkan element mengalami patah dan elemen – elemennya dapat kita lihat pada tabel berikut serta dalam gambar – gambar berikut sesuai urutannya.

MEMBER	TEGANGAN (Kpa)		
	MAX-NORMAL	MIN-NORMAL	LOKASI
1	72692.44	37909.7	0
2	6257.227	-19201.92	0
3	-48562.77	-91537.94	0
4	-270264.9	-321428.4	0
5	-228126.9	-251460.8	0
6	-147164.5	-157490.6	0
7	98328.72	74145.59	1
8	124702.9	83212	0
9	-74194.89	-138399.9	0
10	37551.32	13831.66	0
11	-92085.34	-119099.6	1
12	70836.08	44391.58	0
13	-93138.57	-142873.8	1
14	49581.45	38968.92	1
15	-145249.2	-190384.7	1

JOINT	GAYA(KN)		MOMEN	DISPLACEMENT(m)		Z-ROT
	AXIAL	Y-GESER	BENDING	X-DISP	Y-DISP	
1	-2674.299	4.767	337.812	0.0000	0.0000	0.0000
2	312.995	1.159	247.260	0.0304	0.0040	-0.1267
3	3387.558	36.266	417.377	0.1013	-0.0039	-0.2248
4	-3387.558	-36.266	220.476	0.1797	-0.0180	-0.2563
5	14306.817	-15.978	-496.902	0.0000	0.0000	0.0000
6	11596.164	-8.781	-226.619	0.0400	-0.0334	-0.1351
7	7366.391	-6.923	-100.287	0.1105	-0.0542	-0.1876
8	-7366.391	6.923	-21.474	0.1721	-0.0615	-0.2001

Tabel 4.2.1. Respon struktur pada pembebanan 4025 KN

MEMBER	TEGANGAN(Kpa)		
	MAX-NORMAL	MIN-NORMAL	LOKASI
1	125520.7	78936.3	0
2	39939.73	8908.593	0
3	-30709.56	-83541.34	0
4	-311545.8	-373862.2	0
5	-255816.2	-286609.8	0
6	-154024.7	-168729.8	0
7	101043.9	70520.24	1
8	134053.5	82423.45	0
9	-97440.91	-177930.2	0
10	56404.84	29853.46	0
11	-107801.7	-138634.8	1
12	95194.5	68267.1	0
13	-112904.1	-168683.7	1
14	71068.84	64085.84	1
15	-175797.3	-226523.7	1

JOINT	GAYA(KN)		MOMEN	DISPLACEMENT(m)		Z-ROT
	AXIAL	Y-GESER	BENDING	X-DISP	Y-DISP	
1	-4943.657	7.889	452.430	0.0000	0.0000	0.0000
2	-1181.126	1.242	301.376	0.0398	0.0089	-0.1611
3	2762.524	43.843	513.105	0.1294	0.0028	-0.2815
4	-2762.524	-43.843	258.016	0.2278	-0.0121	-0.3223
5	16572.787	-18.396	-605.220	0.0000	0.0000	0.0000
6	13115.562	-11.353	-299.068	0.0494	-0.0384	-0.1706
7	7804.026	-10.881	-142.817	0.1390	-0.0609	-0.2410
8	-7804.026	10.881	-48.554	0.2180	-0.0672	-0.2561

Tabel 4.2.2. Respon struktur pada pembebanan 5100 KN

MEMBER	TEGANGAN(Kpa)		
	MAX-NORMAL	MIN-NORMAL	LOKASI
1	176628.9	118627.1	0
2	72525.59	36103.87	0
3	-13437.62	-75805.12	0
4	-351482.7	-424588.9	0
5	-282604.1	-320614.3	0
6	-160661.5	-179603.2	0
7	103670.6	67012.91	1
8	143099.6	81660.59	0
9	-119930.1	-216173.5	0
10	74644.52	45353.6	0
11	-123006.3	-157533.9	1
12	118759.9	91365.29	0
13	-132026.2	-193653.2	1
14	92304.38	87937.29	0
15	-205350.9	-261486.1	1

JOINT	GAYA(KN)		MOMEN	DISPLACEMENT(m)		Z-ROT
	AXIAL	Y-GESER	BENDING	X-DISP	Y-DISP	
1	-7139.129	10.910	563.316	0.0000	0.0000	0.0000
2	-2626.600	1.322	353.730	0.0489	0.0138	-0.2353
3	2157.840	51.173	605.716	0.1565	0.0093	-0.3364
4	-2157.840	-51.173	294.334	0.2743	-0.0065	-0.3861
5	18764.982	-20.736	-710.011	0.0000	0.0000	0.0000
6	14585.488	-13.842	-369.158	0.0585	-0.0432	-0.2050
7	8227.413	-14.709	-183.963	0.1665	-0.0674	-0.2927
8	-8227.413	14.709	-74.752	0.2623	-0.0728	-0.3102

Tabel 4.2.3. Respon struktur pada pembebanan 6140 KN

MEMBER	TEGANGAN(Kpa)		
	MAX-NORMAL	MIN-NORMAL	LOKASI
1	340519.3	245905	0
2	177019.7	123311.8	0
3	41948.87	-50997.08	0
4	-479549.5	-587255.7	0
5	-368505.4	-429658	0
6	-181944.1	-214471.2	0
7	112093.9	55765.88	1
8	172108	79214.28	0
9	-192046.7	-338809.4	0
10	133134.3	95058.42	0
11	-171763.5	-218138.5	1
12	194327.6	165435	0
13	-193345.4	-273724	1
14	170576.7	154246.8	0
15	-300121.1	-373601.1	1

JOINT	GAYA(KN)		MOMEN BENDING	DISPLACEMENT(m)		Z-ROT
	AXIAL	Y-GESER		X-DISP	Y-DISP	
1	-14179.417	20.596	918.899	0.0000	0.0000	0.0000
2	-7261.850	1.577	521.614	0.0782	0.0292	-0.3010
3	218.781	74.680	902.696	0.2437	0.0301	-0.5122
4	-218.781	-74.680	410.796	0.4235	0.0117	-0.5907
5	25794.760	-28.238	-1046.048	0.0000	0.0000	0.0000
6	19299.150	-21.823	-593.917	0.0876	-0.0586	-0.3152
7	9585.103	-26.988	-315.905	0.2548	-0.0883	-0.4586
8	-9585.103	26.988	-158.763	0.4046	-0.0907	-0.4837

Tabel 4.2.4. Respon struktur pada pembebanan 9475 KN

4.3. Perhitungan Kekuatan Dalam API-RP2A

Tegangan – tegangan ijin untuk silinder:

4.3.1. Tegangan tarik axial (axial tension)

$$F = 0,6 F_y$$

$$F = 0,6 \times 280 \text{ Mpa}$$

$$F = 168 \quad \text{dimana } F_y \text{ adalah tegangan yield,ksi(mpa)}$$

4.3.2. Tegangan tekan axial (axial compression)

Tegangan tekan :

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8Cc} - \frac{3(KL/r)^3}{8Cc^3}} \cdot F_y \quad \text{Untuk } KL/r < C_c$$

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{(0,8.17/0,68)^2}{2Cc^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3(0,8.17/0,68)}{8 \times 116,67} - \frac{3(0,8.17/0,68)^3}{8 \times 116,67^3}} \cdot F_y$$

$$F_a = 165,138$$

$$F_a = \frac{12p^2E}{23(KL/r)^2} \quad \text{untuk } KL/r \leq C_c$$

$$F_a = \frac{12 \times 3,14^2 \times 10^{11}}{23(0,8 \times 17 / 0,68)^2}$$

$$F_a = 2575 \text{ Mpa}$$

dimana $C_c = \left[\frac{2\sigma^2 E}{F_y} \right]^{\frac{1}{2}}$

$$C_c = \left[\frac{2 \times 3,14^2 \times 10^{11}}{280} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$C_c = 116,676$$

Dan $k.L/r = 0,8 \times 17 / 0,68$

$$k.L/r = 19,999$$

E=modulus young = 2.10^5 (mpa)

I = panjang umbraced (m) = 17 m

K = faktor panjang efektif

r = jari-jari girasi = 0,68 m

Local buckling

Elastis local buckling stress

$$F_{xc} = C_e t / D$$

$$F_{xc} = 0,4 \times 0,0095 / 1,62$$

$$F_{xc} = 0,0022$$

Dimana C = koefisien buckling elastis kritis = 0.3-0.6

D= diameter terluar (m)

T = tebal (m)

4.3.4. . Tegangan Tekuk

Tegangan tekuk (bending)

$$F_b = 0,75 F_y \quad \text{untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y} \text{ dalam SI}$$

$$F_b = 215,5 \text{ Mpa} \quad \text{untuk } \frac{D}{t} \leq 35,66 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y \quad \text{untuk } \frac{10340}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \text{ dalam SI}$$

$$F_b = 210,54 \text{ Mpa} \quad \text{untuk } 35,66 \leq \frac{D}{t} \leq 71,31 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y \quad \text{untuk } \frac{20680}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq 300 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = 197,98 \text{ Mpa} \quad \text{untuk } 71,31 \leq \frac{D}{t} \leq 300 \text{ dalam SI}$$

4.3. Analisa Hasil Perhitungan

Setelah melalui tahap-tahap metodologi penelitian yang dilakukan maka selanjutnya adalah pembahasan hasil perhitungan. Dari analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan program GTSTRUDL ditemukan beberapa member yang mengalami kegagalan mulur yang masih mempunyai kekuatan (*redundancy*) untuk beroperasi tetapi dengan penambahan beban secara terus menerus maka akan ditemukan member yang mengalami kegagalan patah atau member tidak dapat melakukan fungsinya lagi. Jumlah kegagalan member tersebut menghasilkan suatu mekanisme kegagalan struktur. Kegagalan struktur diketahui dengan memakai standart AISC *Allowable Steel Design (ASD9)* yang telah ada pada Strudl. Dalam hal ini Strudl akan melakukan pengecekan secara otomatis, dan bila ada yang gagal maka ratio interaksi sama dengan atau lebih dari satu. Selain itu Strudl juga akan memberi tanda asterik (*) pada member yang mengalami gagal. Gagal mulur pertama sekali terjadi pada member 4 dengan beban vertical yang konstan sebesar 6500 KN dan beban horizontal 50 KN dan berikutnya diikuti oleh member 5,6, 15,13,11,9,1,8,12,14,2 dengan pembebanan masing masing 100, 600, 2160, 2700, 2850, 3925, 5600, 6900, 7500, 8579, 8580.

Semua beban dan member diatas adalah untuk kondisi mulur. Disamping terjadinya proses mulur member-member diatas ada beberapa member lain yang mengalami titik patah dimana member itu tidak berfungsi sama sekali. Untuk kasus ini Strudl mengindikasikan dengan komentar error telah terjadi bakling dan dengan ditandai dengan nilai (-99) pada ratio interaski. Dan apabila tanda ini diberikan, maka proses analisa untuk member tersebut diabaikan. Adapun mekanisme patah yang terjadi

adalah sebagai berikut : Patah pertama sekali terjadi pada member 11 dengan beban 4025 KN yaitu percabangan pada join 5 dengan 2. Meskipun member 13 sudah tidak berfungsi kembali namun struktur masih dapat beroperasi dengan baik karena masih ditopang oleh struktur utama. Proses patah berikutnya secara berurut terjadi pada member 13 ,15 dengan pembebanan masing-masing 5100 KN, 6140KN dan mekanisme kegagalan akhir tercapai pada member 4 sebagai struktur utama mengalami patah sehingga keseluruhan struktur tidak beroperasi lagi atau runtuh karena terjadi pergerakan struktur (*rigid body motion*).Terjadinya keruntuhan ini diindikasikan oleh SRUDL dengan ditemukannya determinan matrik nol atau dibawah nol. Adapun komentar erro dari GTSTRUDL adalah seperti yang tercantum dibawah ini :

- Tanda yang dikeluarkan GTSTRUDL bila terjadi gagal

** CODE UNITS ARE USED FOR ALL SECTION FORCES **
 ** MEMBERS WHICH FAIL ARE MARKED BY TWO ASTERISKS (**) **
 ** SECTION FORCES SHOWN ARE FOR FIRST LOADING AND SECTION **

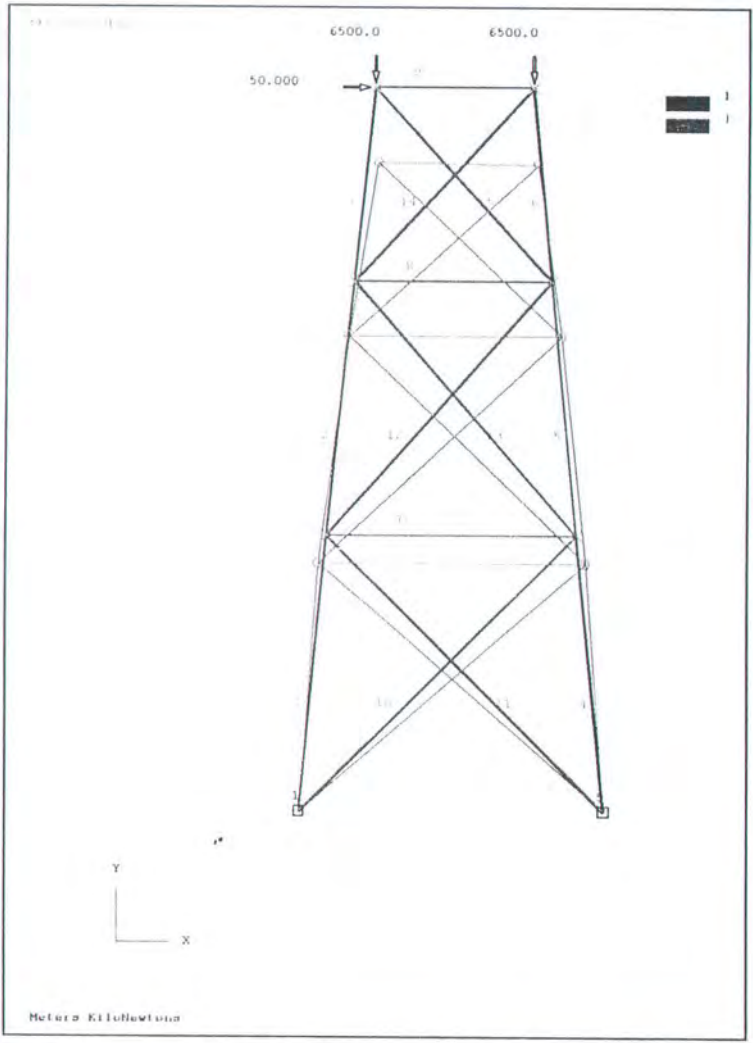
MEMBER CODE	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ALLOWABLE	SECTION FORCES FX/MT	FY/MY
1 3.627 0.95661	P60X239 0.000	1 ASD9	25.124 0.000	H1-1 COM WSPIPE	0.95704 1	-5423.474 0.000	H1-1 COM
2 0.408 0.000	P60X239 ASD9 0.000	1 WSPIPE	0.000 1	H1-1 COM 1	0.96333 1.557	-5492.920 0.96131	-
3 3.988 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 17.588	H1-1 COM H1-1 COM	0.95228 0.94976	-5430.799 0.000	- 0.000
** 4 4.073 ASD9 0.000	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 25.124	H1-1 COM H1-1 COM	1.00730 0.99956	-5676.663 0.000	

- Komentar GTSTRUDL pada saat terjadinya patah

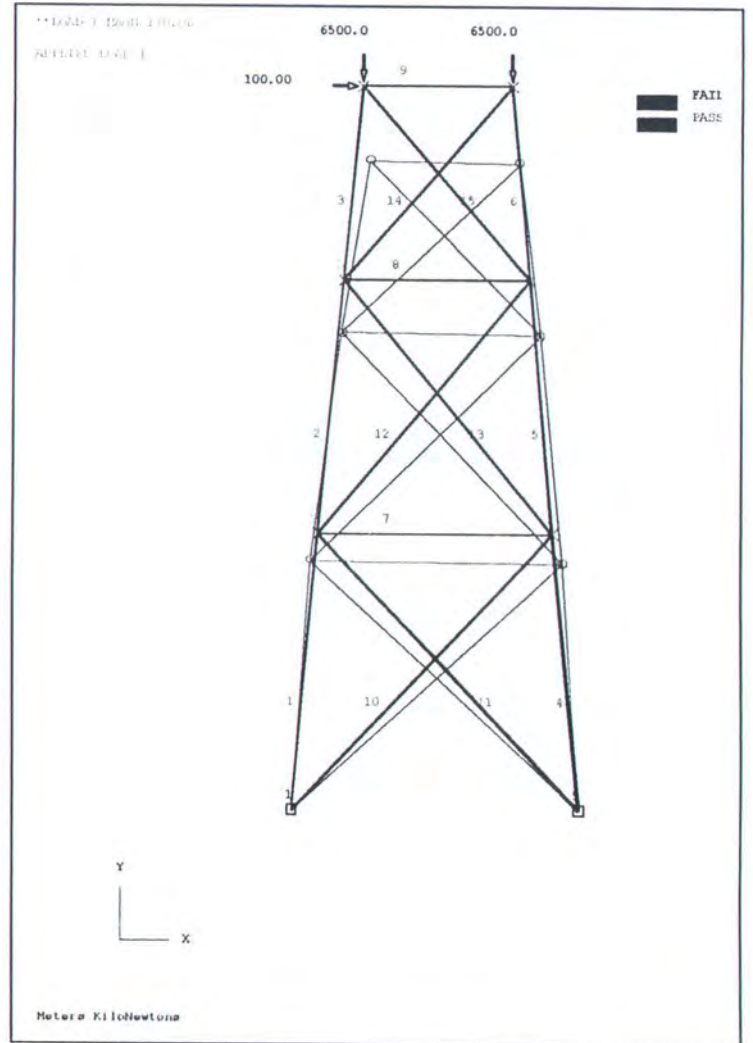
**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC

4.4. Urutan Proses Keruntuhan

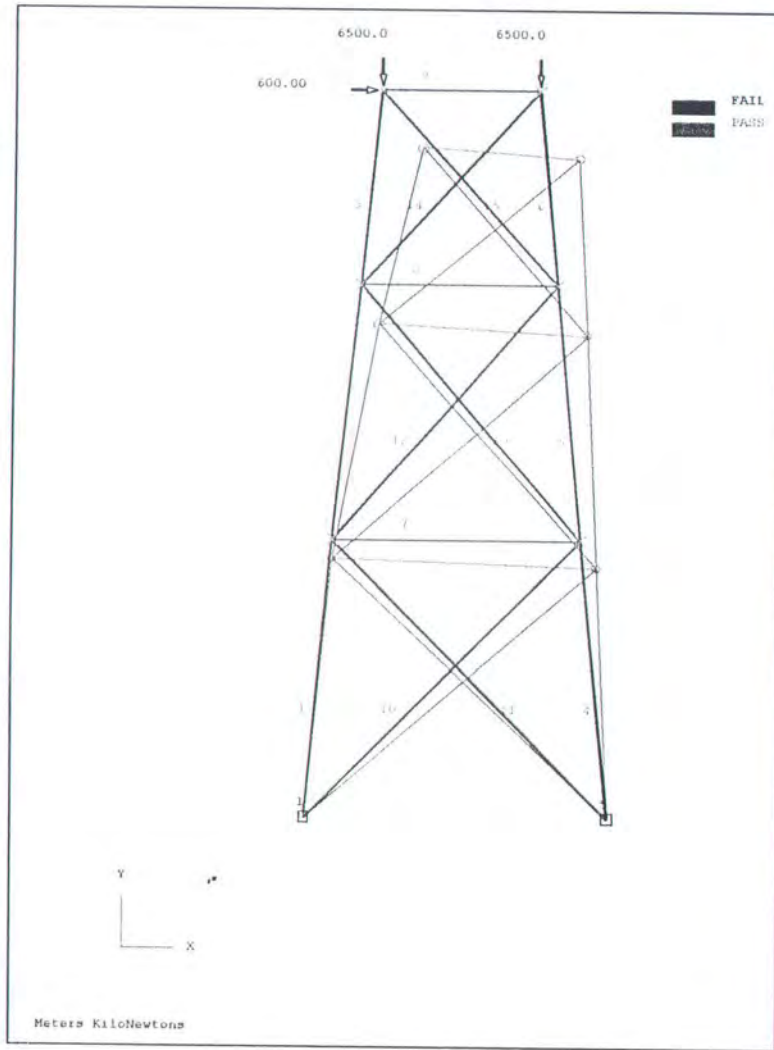
Untuk lebih mudah memahami dan melihat secara jelas urutan urutan terjadinya kegagalan akibat penambahan beban yang mengakibatkan terjadinya keruntuhan pada struktur maka disini ditampilkn gambar –gambar yang dimulai dari proses kegagalan pertama. Disini dapat kita lihat elemen – elemen yang mendapat stress paling besar dan kemampuan elemen tersebut untuk tetap memiliki kekuatan yaitu kekuatan sisa yang dimiliki elemen pada daerah plastis. Kekuatan pada daerah batas yield ini sangat besar dimana kemampuan regangnya bisa mencapai dua puluh kali kemampuan regang pada daerah elastis. Namun keadaan elemen sangat kritis dan tidak bisa diharapkan lagi sebagai penopang kekuatan karena saat elemen melampui batas yield maka elemen tersebut cacat atau sudah gagal dan sangat berbahaya bila tidak segera diatasi. Oleh sebab itu gambaran visual proses keruntuhan dapat dilihat pada halaman berikut.



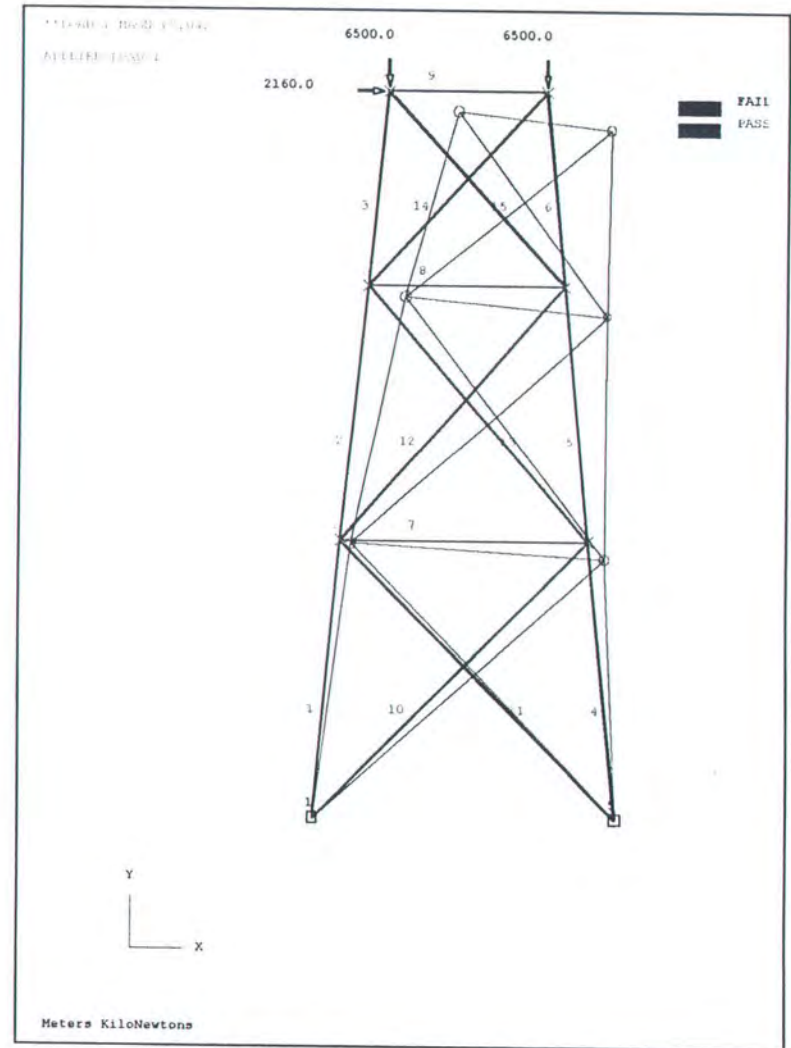
Gambar 4.1. Kegagalan pada member 4



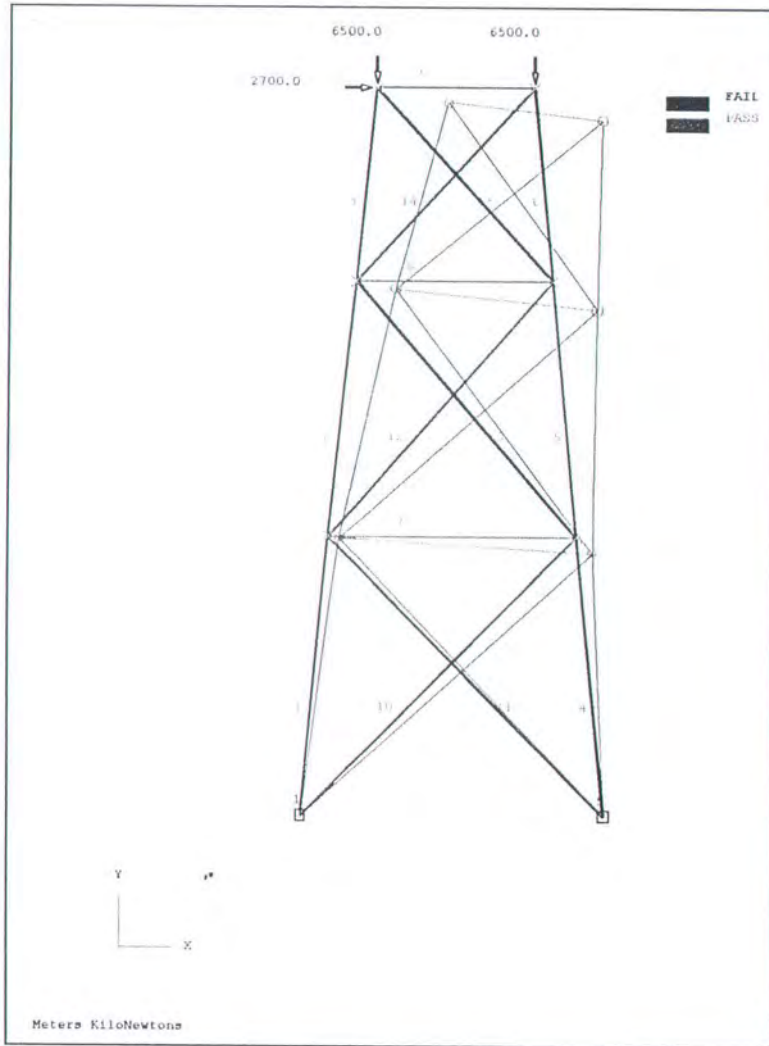
Gambar 4.2. Kegagalan pada member 5



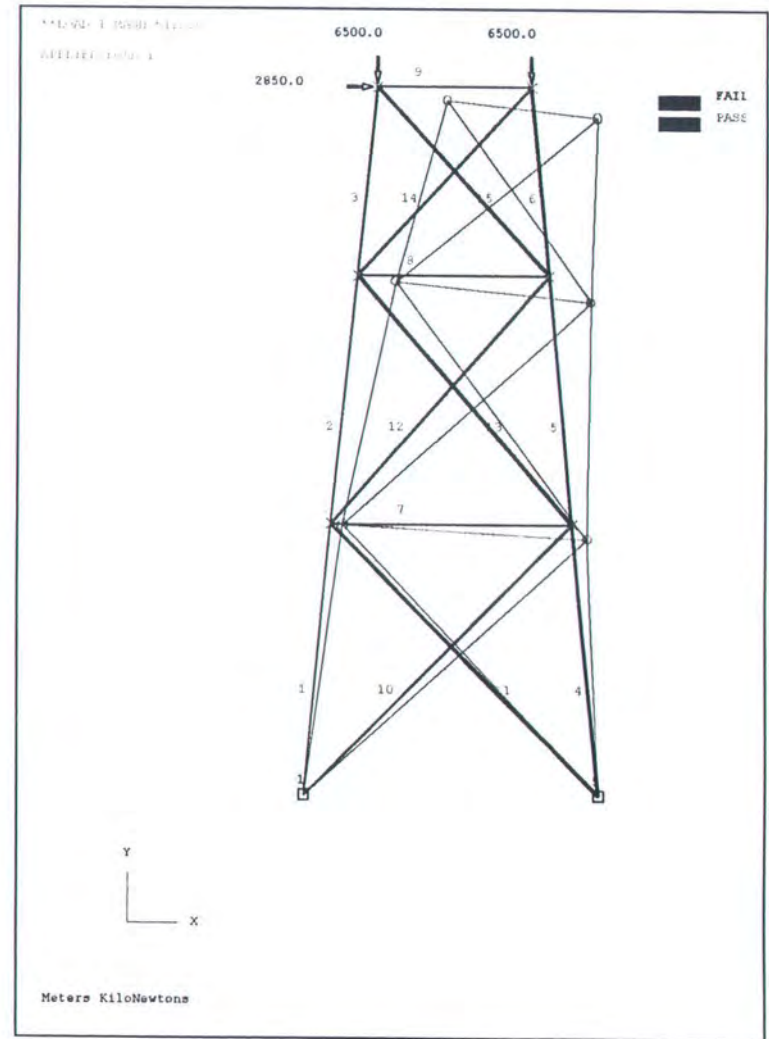
Gambar 4.3. Kegagalan pada member 6



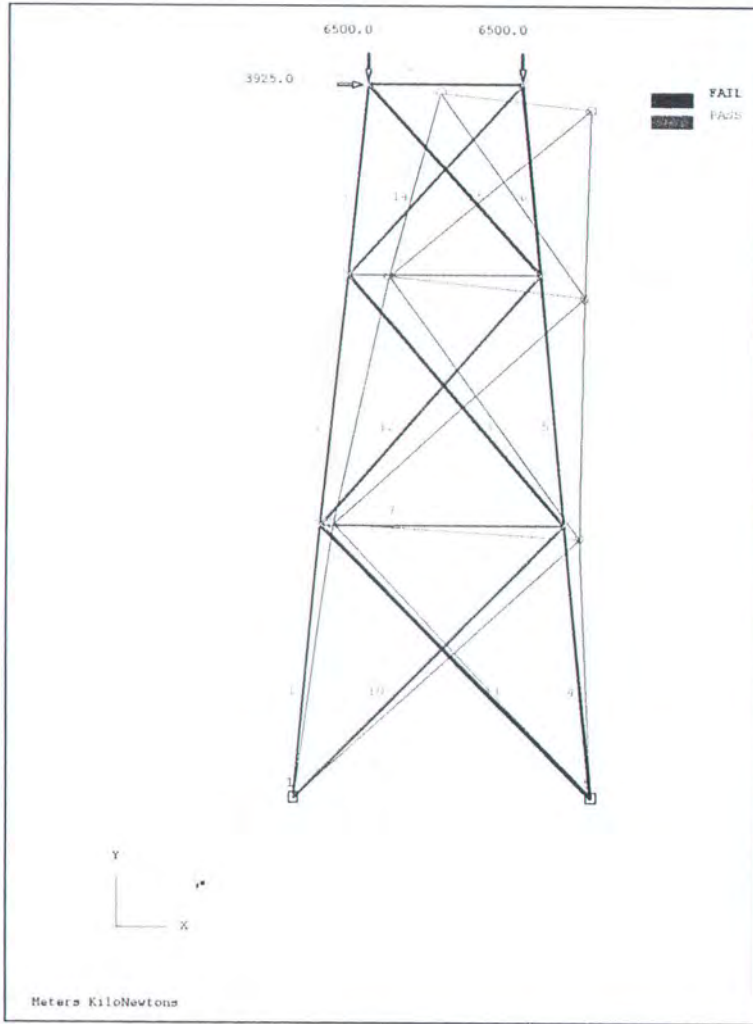
Gambar 4.4. Kegagalan pada member 15



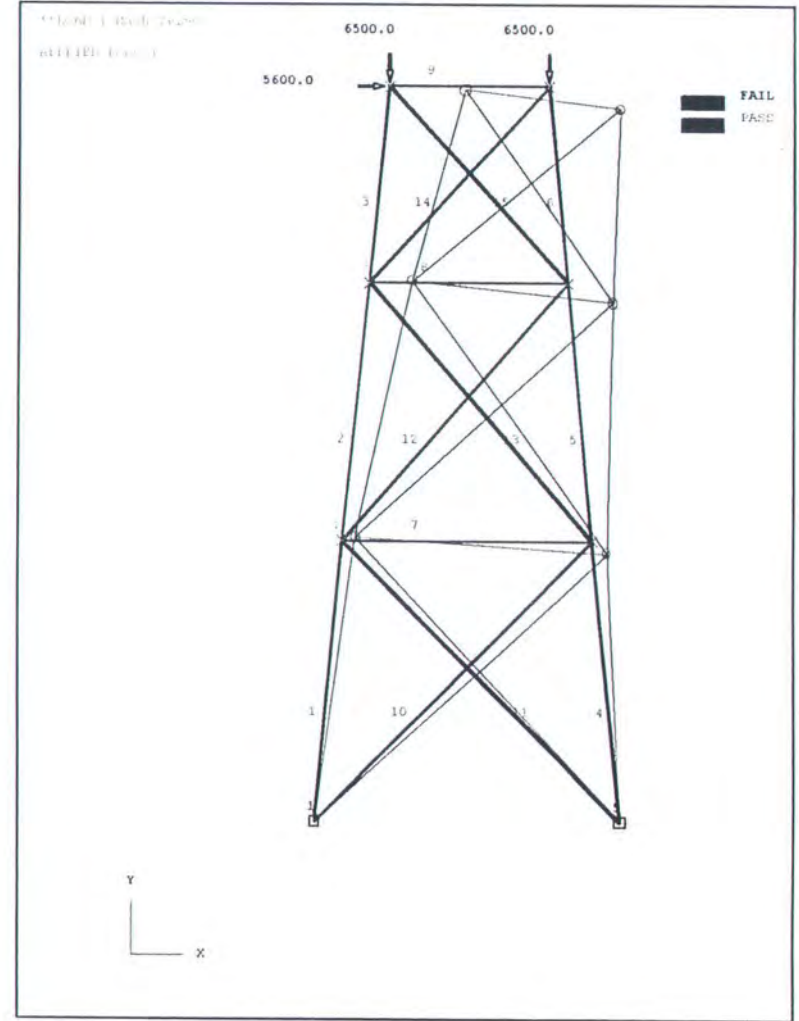
Gambar 4.5. Kegagalan pada member 13



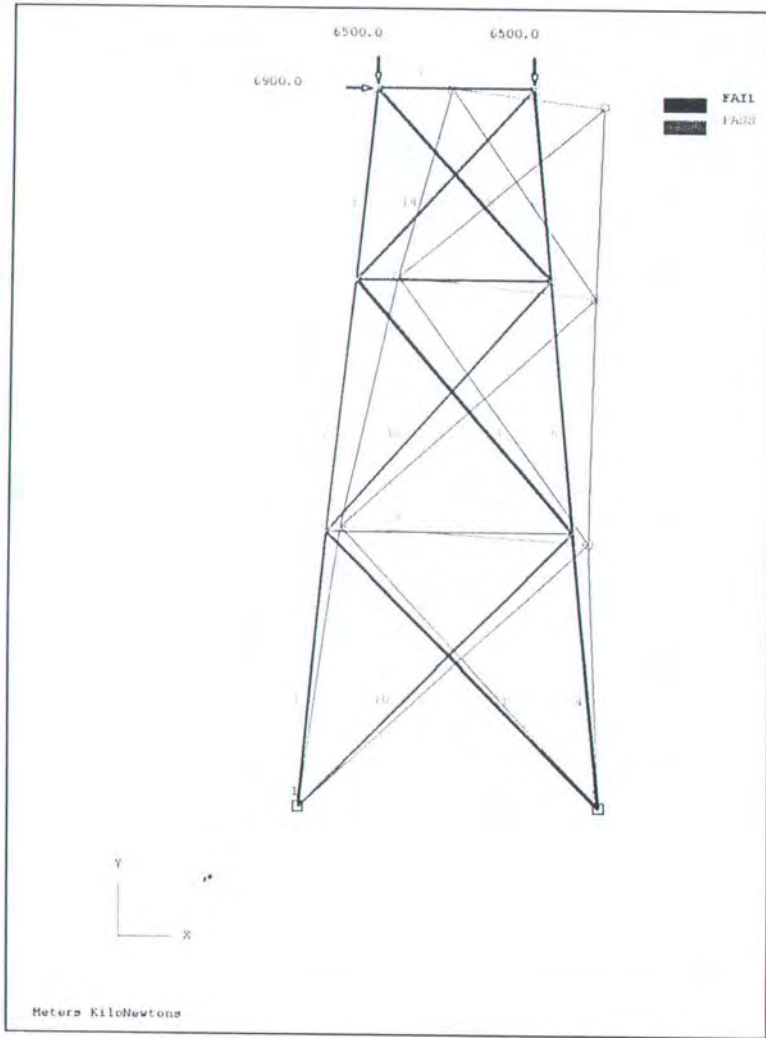
Gambar 4.6. Kegagalan pada member 11



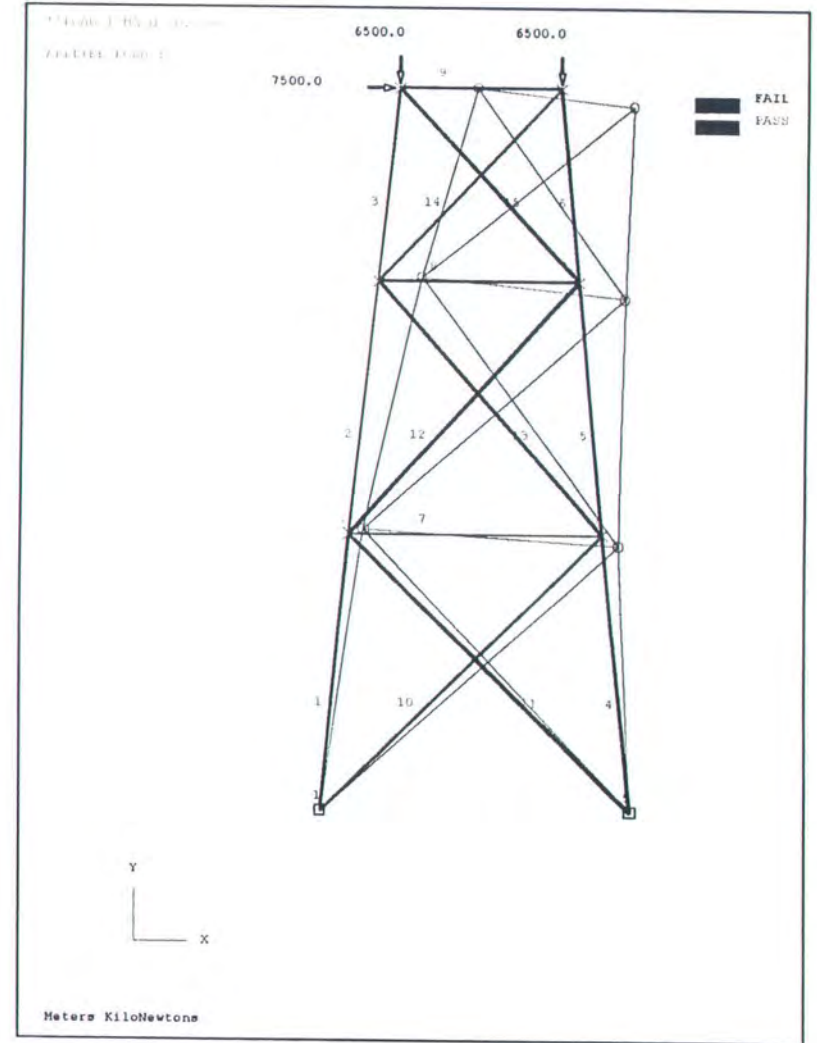
Gambar 4.7. Kegagalan pada member 9



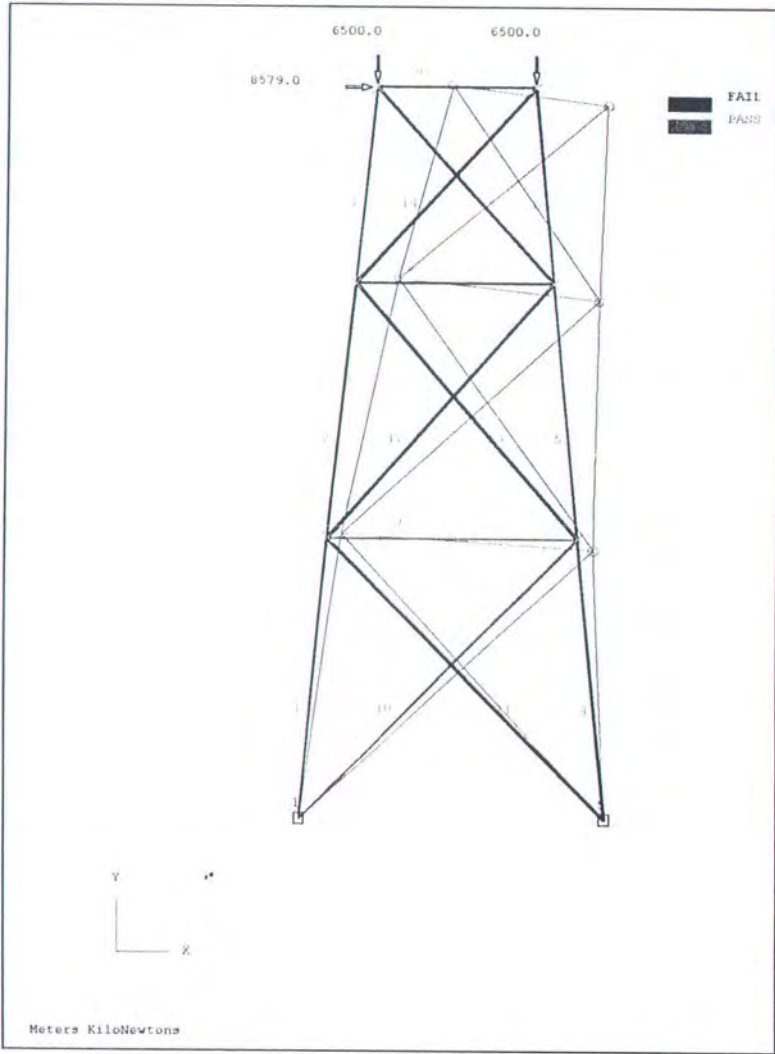
Gambar 4.8. Kegagalan pada member 1



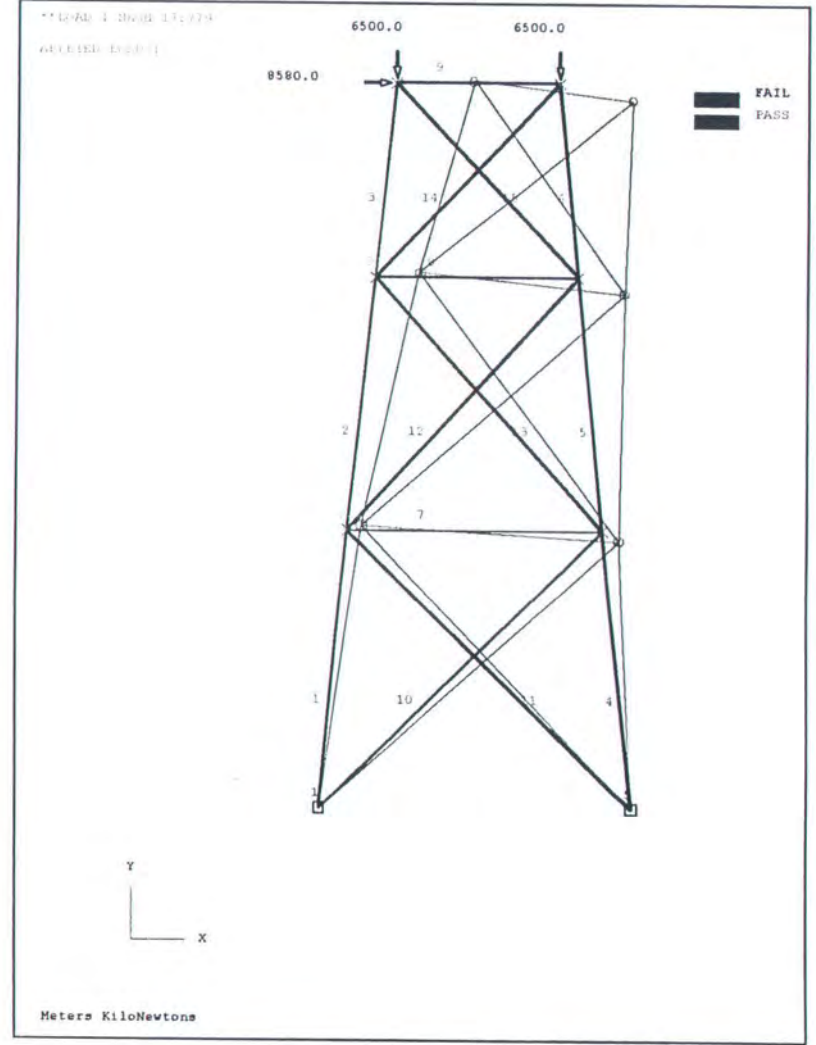
Gambar 4.9. Kegagalan pada member 8



Gambar 4.10. Kegagalan pada member 12



Gambar 4.11. Kegagalan pada member 14



Gambar 4.12. Kegagalan pada member 2



BAB V
PENUTUP

BAB V


PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa dengan menggunakan program GTSrtrudl didapatkan urutan proses terjadinya keruntuhan struktur rangka dua dimensi dimana pada struktur yang dianalisa dengan perilaku ductile memiliki daya layannya (service ability) yang tinggi karena mampu untuk tidak runtuh dengan 12 member mengalami mulur dan 3 member mengalami patah atau tidak berfungsi samasekali. Sementara untuk struktur dengan perilaku brittle tidak mampu lagi untuk tetap exis karena tidak memiliki kekuatan cadangan sehingga dengan kegagalan mulur mengakibatkan struktur tidak memiliki daya tahan terhadap pembebanan. Adapun urutan kegagalan struktur ductile adalah :4-5-6-15-13-11-9-1-8-12-14-2 dan bagian member yang tidak hanya mengalami mulur tetapi patah adalah 11-13-15-4. Beban maximum keruntuhan adalah sebesar 9475 KN horizontal dan 6500KN vertikal. Sedangkan untuk perilaku brittle gagal pada member 4 mengakibatkan keruntuhan struktur dan beban keruntuhannya adalah 50 KN horizontal dan 6500KN vertical.

5.2 SARAN

Dari studi yang dilakukan untuk lebih sempurna disarankan menggunakan pendekatan yang lebih real dengan model struktur tiga dimensi dan supaya dilakukan pengujian-pengujian terhadap model struktur yang bervariasi sehingga bukan hanya moda kegagalan didapat melainkan juga beban runtuh dalam kaitannya untuk kepentingan desain yaitu didapatnya koefisien beban dalam analisa.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute Steel Construction 1989. Allowable Strees Design ASD9,
9th edition
- Anderson, T.L. 1995. *Fructure mechanic Fundamentals and Application*. CNC
Press. Inc. Tokyo. Japan.
- Ghali, A and A.M. Neville. Wira, Analisa Struktur gabungan metode klasik dan
matirks
- Hsu, T.H. 1984. *Applied Offshore Structural Engineering*, Gulf Publishing
Company, Houston, Texas.
- Palle, T.C. dan Yoshisada, M, 1986, *Application of Structural System Reliability
Theory*.
- Rosyd , D..M, 1992, *Elemental reliability index-based System design for skeletal
Structure, Structural Optimation 4, 1-16*.
- Ueda, Y. 11th International Ship of Offshore Structure Conggres China 1991
- Weaver, W. Jr, and James M. Gere. 1980. *Matrix analysis of Frame Structures*.
Van Nosstrand Company, New York.



LAMPIRAN

LAMPIRAN : A
LISTING PROGRAM

• Interaction ratio Pada beban horizontal 60 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES			
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ	
-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/-----/										
KN	1	P60X239	1	25.124	H1-1 COM	0.95704	-5423.474	3.627	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-1 COM	0.95661	0.000	0.000	-46.038	
KN	2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.96333	-5492.820	-0.408	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.96131	0.000	0.000	-35.034	
KN	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.95228	-5430.799	-3.988	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.94976	0.000	0.000	-38.365	
KN	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.00730	-5676.663	4.073	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	25.124	H1-1 COM	0.99956	0.000	0.000	59.629	
KN	5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.99016	-5661.154	-0.320	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.98856	0.000	0.000	-29.589	
KN	6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.95998	-5490.170	-3.416	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.95875	0.000	0.000	-31.632	
KN	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.48567	864.409	0.047	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	11.170	H2-1 TEN	0.48372	0.000	0.000	-0.900	
KN	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.51106	893.324	0.086	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	8.870	H2-1 TEN	0.50820	0.000	0.000	3.375	
KN	9	P24X63	1	14.220	B7 COMP	0.33334	-57.970	0.161	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	2.362	
KN	10	P30X79	1	35.235	E2-2	0.72615	-647.987	-0.747	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	0.72615	0.000	0.000	12.668	
KN	11	P30X79	1	35.235	E2-2	0.78096	-696.901	-0.756	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	0.78096	0.000	0.000	13.345	
KN	12	P30X79	1	30.506	B7 COMP	0.57090	-563.363	-1.677	0.000	M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	26.651	

LAMPIRAN

KN	13	P30X79	1	30.506 B7 COMP	0.57090	-629.119	-1.720	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	27.586
KN	14	P30X79	1	23.698 E2-1	0.48633	-725.771	-1.869	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.48633	0.000	0.000	26.085
KN	15	P30X79	1	23.698 E2-1	0.53954	-805.182	-1.948	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.53954	0.000	0.000	27.128

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4

• Interaction ratio Pada beban horizontal 130 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN 0	1	P60X239	1	25.124	H1-1 COM	0.93203	-5275.728	3.343	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-1 COM	0.92704	0.000	0.000	-47.592
KN 0	2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.94753	-5395.162	-0.382	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.94565	0.000	0.000	-37.707
KN 0	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.94751	-5391.252	-4.417	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.94374	0.000	0.000	-43.780
KN 0	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.03688	-5824.305	4.308	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	25.124	H1-1 COM	1.02415	0.000	0.000	67.903
KN 0	** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.00568	-5759.884	-0.193	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	1.00471	0.000	0.000	-25.909
KN 0	6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.96418	-5519.892	-3.177	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.96322	0.000	0.000	-29.191
KN 0	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.48784	864.153	0.101	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.48494	0.000	0.000	-1.518
KN 0	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.51634	896.598	0.187	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	8.870	H2-1 TEN	0.51014	0.000	0.000	4.300
KN 0	9	P24X63	1	14.220	B7 COMP	0.33334	-87.929	0.350	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	1.130
KN 0	10	P30X79	1	35.235	E2-2	0.69425	-619.525	-0.742	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	0.69425	0.000	0.000	12.251
KN 0	11	P30X79	1	35.235	E2-2	0.81302	-725.504	-0.760	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	0.81302	0.000	0.000	13.716
KN 0	12	P30X79	1	30.506	B7 COMP	0.57090	-524.304	-1.657	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	26.199
KN	13	P30X79	1	30.506	E2-1	0.57787	-666.773	-1.750	0.000 M



LAMPIRAN

0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.57787	0.000	0.000	28.226
KN	14	P30X79	1	23.698 E2-1	0.45971	-686.055	-1.822	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.45971	0.000	0.000	25.552
KN	15	P30X79	1	23.698 E2-1	0.57501	-858.112	-1.994	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.57501	0.000	0.000	27.814

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5

• Interaction ratio Pada beban horizontal 426 KN

MEMBER UNITS CODE TRIALS	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN 0	1 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	25.124 H1-1 COM	0.82619	-4650.978	2.141	0.000 M
KN 0	2 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	12.562 H1-1 COM	0.81466	0.000	0.000	-54.161
KN 0	3 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 H1-1 COM	0.88063	-4982.208	-0.273	0.000 M
KN 0	4 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	11.557 H1-1 COM	0.87931	0.000	0.000	-49.011
KN 0	5 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 H1-1 COM	0.92728	-5224.027	-6.231	0.000 M
KN 0	6 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	17.588 H1-1 COM	0.91824	0.000	0.000	-66.677
KN 0	7 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 H1-1 COM	1.16282	-6448.617	5.305	0.000 M
KN 0	8 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	12.562 H1-1 COM	1.13076	0.000	0.000	102.894
KN 0	9 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	23.115 H1-1 COM	1.07464	-6177.373	0.346	0.000 M
KN 0	10 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	11.557 H1-1 COM	1.07287	0.000	0.000	-18.353
KN 0	11 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	17.588 H1-1 COM	0.98208	-5645.571	-2.166	0.000 M
KN 0	12 ASD9	P60X239 WSPIPE	1 1	0.000 H1-1 COM	0.98194	0.000	0.000	19.221
KN 0	13 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	22.340 H2-1 TEN	0.49700	863.068	0.332	0.000 M
KN 0	14 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	0.000 H2-1 TEN	0.49381	0.000	0.000	-4.129
KN 0	15 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	0.000 H2-1 TEN	0.53869	910.444	0.613	0.000 M
KN 0	16 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	8.870 H2-1 TEN	0.51835	0.000	0.000	8.210
KN 0	17 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	14.220 B7 COMP	0.33334	-214.610	1.146	0.000 M
KN 0	18 ASD9	P24X63 WSPIPE	1 1	0.000 B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	-4.081
KN 0	19 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	35.235 B7 COMP	0.65941	-499.168	-0.717	0.000 M
KN 0	20 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	0.000 B7 COMP	0.65941	0.000	0.000	10.485
KN 0	21 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	35.235 H1-1 COM	1.00941	-846.455	-0.776	0.000 M
KN 0	22 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	0.000 E2-2	0.94856	0.000	0.000	15.286
KN 0	23 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	30.506 B7 COMP	0.57090	-359.138	-1.574	0.000 M
KN 0	24 ASD9	P30X79 WSPIPE	1 1	0.000 B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	24.289

LAMPIRAN

KN	13	P30X79	1	30.506 E2-1	0.71587	-825.998	-1.879	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.71587	0.000	0.000	30.933
KN	14	P30X79	1	23.698 B7 COMP	0.44350	-518.112	-1.624	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	23.302
KN	15	P30X79	1	23.698 E2-1	0.72498	-1081.930	-2.186	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.72498	0.000	0.000	30.712

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 11

• Interaction ratio Pada beban horizontal 780 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN 0	1	P60X239	1	25.124	H1-1 COM	0.69942	-3903.810	0.704	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	0.69579	0.000	0.000	-62.018
KN 0	2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.80039	-4488.339	-0.142	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.79972	0.000	0.000	-62.531
KN 0	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.90299	-5024.035	-8.401	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.88771	0.000	0.000	-94.061
KN 0	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.31557	-7195.262	6.498	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	1.27421	0.000	0.000	144.742
KN 0	** 5	P60X239	1	23.115	H1-1 COM	1.15938	-6676.668	0.991	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-1 COM	1.15646	0.000	0.000	-14.646
KN 0	** 6	P60X239	1	17.588	H1-1 COM	1.00461	-5795.877	-0.957	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-1 COM	1.00315	0.000	0.000	10.298
KN 0	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.50794	861.771	0.607	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.50442	0.000	0.000	-7.251
KN 0	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.56541	927.003	1.123	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.54354	0.000	0.000	12.886
KN 0	9	P24X63	1	14.220	B7 COMP	0.33334	-366.113	2.098	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	-10.312
KN 0	10	P30X79	1	35.235	B7 COMP	0.65941	-355.227	-0.687	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.65941	0.000	0.000	8.373

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

KN	** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-991.106	-0.796	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-2	1.11066	0.000	0.000	-10.883
KN	12	P30X79	1	30.506 B7 COMP	0.57090	-161.608	-1.474	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	22.005
KN	13	P30X79	1	30.506 H1-1 COM	0.96323	-1016.422	-2.034	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.88090	0.000	0.000	34.169
KN	14	P30X79	1	23.698 B7 COMP	0.44350	-317.261	-1.386	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	20.610
KN	15	P30X79	1	23.698 E2-1	0.90435	-1349.604	-2.417	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.90435	0.000	0.000	34.179

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 11

• Interaction ratio Pada beban horizontal 800 KN

UNITS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
TRIALS	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN	1	P60X239	1	25.124	H1-1 COM	0.69225	-3861.597	0.622	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	12.562	H1-1 COM	0.68905	0.000	0.000	-62.462
KN	2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.79585	-4460.437	-0.135	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.79521	0.000	0.000	-63.294
KN	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.90162	-5012.736	-8.523	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.88598	0.000	0.000	-95.608
KN	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.32428	-7237.446	6.565	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	12.562	H1-1 COM	1.28236	0.000	0.000	147.106
KN	** 5	P60X239	1	23.115	H1-1 COM	1.16416	-6704.876	1.027	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000	H1-1 COM	1.16181	0.000	0.000	-14.437
KN	** 6	P60X239	1	17.588	H1-1 COM	1.00588	-5804.369	-0.888	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000	H1-1 COM	1.00435	0.000	0.000	9.794
KN	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.50856	861.697	0.623	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.50502	0.000	0.000	-7.428
KN	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.56692	927.939	1.152	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.54498	0.000	0.000	13.150
KN	9	P24X63	1	14.220	B7 COMP	0.33334	-374.673	2.152	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	-10.664
KN	10	P30X79	1	35.235	B7 COMP	0.65941	-347.095	-0.685	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.65941	0.000	0.000	8.254

**** ERROR_MSA9s7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9s7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

KN	** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-999.278	-0.797	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-2	1.11982	0.000	0.000	-10.816
KN	12	P30X79	1	30.506 B7 COMP	0.57090	-150.448	-1.468	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	21.876
KN	** 13	P30X79	1	30.506 H1-1 COM	1.00223	-1027.180	-2.043	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 H1-1 COM	0.90818	0.000	0.000	34.352
KN	14	P30X79	1	23.698 B7 COMP	0.44350	-305.914	-1.373	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	20.458
KN	15	P30X79	1	23.698 E2-1	0.91448	-1364.727	-2.430	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.91448	0.000	0.000	34.375

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 11 13

• Interaction ratio Pada beban horizontal 960 KN

MEMBER CODE TRIALS	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FX/MT	FORCES FY/MY	UNITS FZ/MZ	
KN 0	1 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	0.000 12.562	H1-1 COM H1-1 COM	0.63516 0.63502	-3523.894 0.000	-0.027 0.000	0.000 M -66.699
KN 0	2 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	0.000 11.557	H1-1 COM H1-1 COM	0.75950 0.75914	-4237.219 0.000	-0.076 0.000	0.000 M -69.405
KN 0	3 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	0.000 17.588	H1-1 COM H1-1 COM	0.89060 0.87217	-4922.344 0.000	-9.504 0.000	0.000 M -107.985
KN 0	** 4 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	0.000 12.562	H1-1 COM H1-1 COM	1.39424 1.34776	-7574.912 0.000	7.104 0.000	0.000 M 166.020
KN 0	** 5 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	0.000 23.115	H1-1 COM H1-1 COM	1.20472 1.20243	-6930.547 0.000	1.319 0.000	0.000 M 17.716
KN 0	** 6 ASD9	P60X239 WSPIPE	1	17.588 8.794	H1-1 COM H1-1 COM	1.01605 1.01489	-5872.304 0.000	-0.342 0.000	0.000 M 5.761
KN 0	7 ASD9	P24X63 WSPIPE	1	22.340 0.000	H2-1 TEN H2-1 TEN	0.51351 0.50982	861.111 0.000	0.747 0.000	0.000 M -8.839
KN 0	8 ASD9	P24X63 WSPIPE	1	0.000 17.740	H2-1 TEN H2-1 TEN	0.57899 0.55653	935.423 0.000	1.382 0.000	0.000 M 15.264
KN 0	9 ASD9	P24X63 WSPIPE	1	0.000 0.000	H1-1 COM H1-2 COM	0.33857 0.33411	-443.149 0.000	2.582 0.000	0.000 M 23.233
KN 0	10 ASD9	P30X79 WSPIPE	1	35.235 0.000	B7 COMP B7 COMP	0.65941 0.65941	-282.037 0.000	-0.672 0.000	0.000 M 7.299

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

KN	** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1064.657	-0.806	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-2	1.19308	0.000	0.000	-10.281
KN	12	P30X79	1	30.506 B7 COMP	0.57090	-61.170	-1.423	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	20.844
KN	** 13	P30X79	1	30.506 H1-1 COM	1.65304	-1113.248	-2.113	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 H1-1 COM	1.42952	0.000	0.000	35.814
KN	14	P30X79	1	23.698 B7 COMP	0.44350	-215.134	-1.265	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	19.242
KN	** 15	P30X79	1	23.698 H1-1 COM	1.01194	-1485.710	-2.534	0.000 M
0	ASD9	WSPIPE	1	0.000 E2-1	0.99555	0.000	0.000	35.941

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 11 13 15

• Interaction ratio Pada beban horizontal 2175 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN 0	1	P60X239	1	25.124	MAX D/T	0.44308	201.393	-7.194	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	MAX D/T	0.44308	0.000	0.000	-105.184
KN 0	2	P60X239	1	23.115	MAX D/T	0.44308	-1774.845	0.574	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	MAX D/T	0.44308	0.000	0.000	-150.080
KN 0	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.76768	-3925.209	-20.321	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.71922	0.000	0.000	-244.518
KN 0	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	2.21902	-11297.587	13.049	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	2.10153	0.000	0.000	374.665
KN 0	** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.68559	-9419.968	4.533	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	1.65748	0.000	0.000	110.487
KN 0	** 6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.16743	-6621.708	5.687	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	1.15851	0.000	0.000	61.298
KN 0	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.56810	854.642	2.121	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.56272	0.000	0.000	-24.408
KN 0	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.71221	1017.983	3.923	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.68396	0.000	0.000	38.579
KN 0	** 9	P24X63	1	0.000	H1-1 COM	1.01085	-1198.528	7.329	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	14.220	H1-1 COM	0.92661	0.000	0.000	59.663
KN 0	10	P30X79	1	35.235	B7 TEN	0.43961	435.631	-0.523	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 TEN	0.43961	0.000	0.000	-3.230

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

KN	** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1785.867	-0.904	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-2	2.00129	0.000	0.000	-4.384
KN	12	P30X79	1	0.000 H2-1 TEN	0.45619	923.688	-0.927	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	30.506 H2-1 TEN	0.43392	0.000	0.000	-18.820

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

KN	** 13	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-2062.679	-2.884	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-1	1.78766	0.000	0.000	-36.021
KN	14	P30X79	1	23.698 H2-1 TEN	0.36408	786.282	-0.081	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	11.849 H2-1 TEN	0.36181	0.000	0.000	5.823

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 466.50
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 933.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

KN	** 15	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-2820.300	-3.681	0.000 M
0	ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-1	1.88983	0.000	0.000	-34.016

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 9 11 13 15

• Interaction ratio Pada beban horizontal 5000 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
KN 0	1	P60X239	1	0.000	H2-1 TEN	0.96515	5003.109	-16.431	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H2-1 TEN	0.88387	0.000	0.000	-568.481
KN 0	2	P60X239	1	23.115	MAX D/T	0.44308	1399.037	1.412	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	MAX D/T	0.44308	0.000	0.000	-256.331
KN 0	3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.60567	-2639.950	-34.263	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-2 COM	0.55674	0.000	0.000	-420.502
KN 0	** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	3.67431	-16095.938	20.712	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	3.31233	0.000	0.000	643.598
KN 0	** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	2.33564	-12628.712	8.675	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	2.26793	0.000	0.000	230.063
KN 0	** 6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.36705	-7587.656	13.458	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	1.34897	0.000	0.000	140.627
KN 0	7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.63847	846.305	3.891	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.63091	0.000	0.000	-44.476
KN 0	8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.88393	1124.400	7.199	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.84822	0.000	0.000	68.630
KN 0	** 9	P24X63	1	0.000	H1-1 COM	2.76367	-2172.175	13.447	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	14.220	H1-1 COM	2.44677	0.000	0.000	106.620
KN 0	10	P30X79	1	0.000	H2-1 TEN	0.67380	1360.671	-0.331	0.000 M
	ASD9	WSPIPE	1	17.618	H2-1 TEN	0.65992	0.000	0.000	-28.479

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR

EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

** 11	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-2715.472	-1.031	0.000 M
KN	ASD9	WSPiPE	1	0.000	E2-2	3.04303	0.000	3.216
0								
** 12	P30X79	1	0.000	H2-1 TEN	1.01012	2193.121	-0.287	0.000 M
KN	ASD9	WSPiPE	1	15.253	H2-1 TEN	0.99972	0.000	-13.978
0								

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

** 13	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-3286.451	-3.878	0.000 M
KN	ASD9	WSPiPE	1	0.000	E2-1	2.84826	0.000	-45.539
0								
14	P30X79	1	0.000	H2-1 TEN	0.97938	2077.060	1.446	0.000 M
KN	ASD9	WSPiPE	1	23.698	H2-1 TEN	0.95247	0.000	22.792
0								

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 466.50
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 933.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

** 15	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-4540.523	-5.161	0.000 M
KN	ASD9	WSPiPE	1	0.000	E2-1	3.04252	0.000	-46.794
0								

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 9 11 12 13 15

• Interaction ratio Pada beban Vertikal 540 KN

MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES	UNITS
--------	---------	---------	---------	-----------	---------	----------------	-------

LAMPIRAN

CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
1	P60X239	1	25.124	H1-1 COM	0.78539	-4410.364	1.678	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	0.77648	0.000	0.000	-56.691
2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.85482	-4823.166	-0.231	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.85371	0.000	0.000	-53.365
3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.91947	-5159.623	-6.930	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.90841	0.000	0.000	-75.496
** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.21174	-6689.062	5.689	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	1.17679	0.000	0.000	116.371
** 5	P60X239	1	23.115	H1-1 COM	1.10194	-6338.164	0.554	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	1.09907	0.000	0.000	-17.159
6	P60X239	1	17.588	H1-1 COM	0.98934	-5693.975	-1.776	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-1 COM	0.98877	0.000	0.000	16.348
7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.50052	862.650	0.420	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.49723	0.000	0.000	-5.134
8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.54729	915.777	0.777	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.52621	0.000	0.000	9.716
9	P24X63	1	14.220	B7 COMP	0.33334	-263.399	1.452	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.33334	0.000	0.000	-6.087
10	P30X79	1	35.235	B7 COMP	0.65941	-452.814	-0.707	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.65941	0.000	0.000	9.805

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

BUCKLING FAILURE.

**	11	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-893.037	-0.783	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	1.00076	0.000	0.000	-11.685	
0										
	12	P30X79	1	30.506	B7 COMP	0.57090	-295.527	-1.541	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.57090	0.000	0.000	23.554	
0										
	13	P30X79	1	30.506	E2-1	0.76901	-887.321	-1.929	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-1	0.76901	0.000	0.000	31.975	
0										
	14	P30X79	1	23.698	B7 COMP	0.44350	-453.431	-1.547	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	22.435	
0										
	15	P30X79	1	23.698	E2-1	0.78274	-1168.130	-2.261	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-1	0.78274	0.000	0.000	31.829	
0										

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 11

• Interaction ratio Pada beban Vertikal 1110 KN

MEMBER UNITS CODE	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES		
						FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
1	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.58738	-3207.297	-0.636	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	0.58422	0.000	0.000	-85.330
2	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.72537	-4027.951	-0.021	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	0.72528	0.000	0.000	-75.133
3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.88025	-4837.602	-10.423	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	0.85921	0.000	0.000	-119.588
** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.46037	-7891.286	7.609	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1 COM	1.40940	0.000	0.000	183.752
** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.24504	-7142.113	1.592	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	23.115	H1-1 COM	1.23829	0.000	0.000	25.601
** 6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.02675	-5935.993	0.171	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	8.794	H1-1 COM	1.02617	0.000	0.000	4.982
7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.51815	860.561	0.864	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.51431	0.000	0.000	-10.162
8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.59031	942.439	1.598	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.56736	0.000	0.000	17.245
9	P24X63	1	0.000	H1-1 COM	0.38940	-507.346	2.985	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-2 COM	0.38151	0.000	0.000	26.329
10	P30X79	1	35.235	B7 COMP	0.65941	-221.046	-0.659	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	0.000	B7 COMP	0.65941	0.000	0.000	6.405

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1125.949	-0.814	0.000 M
ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-2	1.26177	0.000	0.000	-9.780
12	P30X79	1	30.506 B7 TEN	0.38060	22.529	-1.381	0.000 M
ASD9	WSPPIPE	1	0.000 B7 TEN	0.38060	0.000	0.000	19.876

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS
 RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR
 EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01
 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC
 BUCKLING FAILURE.

** 13	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1193.936	-2.178	0.000 M
ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-1	1.03475	0.000	0.000	-29.264
14	P30X79	1	23.698 B7 COMP	0.44350	-130.028	-1.165	0.000 M
ASD9	WSPPIPE	1	0.000 B7 COMP	0.44350	0.000	0.000	18.102
** 15	P30X79	1	23.698 H1-1 COM	1.17174	-1599.131	-2.631	0.000 M
ASD9	WSPPIPE	1	0.000 E2-1	1.07155	0.000	0.000	37.410

 * END OF TRACE OUTPUT *

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 11 13 15

Interaction ratio Pada beban Vertikal 1605 KN

MEMBER CODE TRIALS	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION NAME	ACTUAL/ ALLOWABLE	SECTION FORCES FX/MT	FY/MY	UNITS FZ/MZ
1	P60X239	1	25.124	MAX D/T	0.44308	-2162.528	-2.646	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	0.000	MAX D/T	0.44308	0.000	-80.327
2	P60X239	1	23.115	H1-1 COM	0.61394	-3337.371	0.162	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	11.557	H1-1 COM	0.61322	0.000	-97.772
3	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	0.84598	-4557.952	-13.457	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	17.588	H1-1 COM	0.81639	0.000	-157.879
** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.68283	-8935.323	9.277	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	12.562	H1-1 COM	1.61539	0.000	242.267
** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.37873	-7840.279	2.493	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	11.557	H1-1 COM	1.36469	0.000	51.618
** 6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.06978	-6146.165	1.861	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	17.588	H1-1 COM	1.06520	0.000	22.243
7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.53346	858.747	1.249	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.52915	0.000	-14.529
8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	0.62768	965.594	2.311	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	17.740	H2-1 TEN	0.60310	0.000	23.784
9	P24X63	1	0.000	H1-1 COM	0.56352	-719.194	4.317	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	0.000	H1-2 COM	0.53790	0.000	36.546
10	P30X79	1	35.235	B7 COMP	0.65941	-19.773	-0.617	0.000 M
0	ASD9	WSPiPE	1	0.000	B7 COMP	0.65941	0.000	3.452

**** ERROR_MSA9s7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00
ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9s7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61
ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9s7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS

RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1329.215	-0.842	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 E2-2	1.48843	0.000	0.000	-8.126
12	P30X79	1	30.506 B7 TEN	0.38060	298.736	-1.242	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 B7 TEN	0.38060	0.000	0.000	16.682

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

** 13	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1460.207	-2.395	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 E2-1	1.26552	0.000	0.000	-31.335
14	P30X79	1	23.698 MAX D/T	0.33231	150.823	-0.832	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 MAX D/T	0.33231	0.000	0.000	14.338

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 0.00
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 466.50
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 933.00
 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

** 15	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-1973.421	-2.953	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 E2-1	1.32235	0.000	0.000	-27.725

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 4 5 6 11 13 15
 • Interaction ratio Pada beban Vertikal 7417 KN

UNITS MEMBER CODE	PROFILE TABLE	LOADING NAME	SECTION LOCATION	PROVISION ACTUAL/		SECTION FORCES		
				NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
** 1	P60X239	1	0.000	H2-1 TEN	1.83922	10104.536	-26.245	0.000 M
ASD9	WSPIPE	1	12.562	H2-1 TEN	1.70940	0.000	0.000	-868.680
2	P60X239	1	23.115	H2-1 TEN	0.85230	4771.024	2.302	0.000
KN	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H2-1 TEN	0.84182	0.000	0.000 -
369.214	0							
3	P60X239	1	17.588	MAX D/T	0.44308	-1274.469	-49.075	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	MAX D/T	0.44308	0.000	0.000
0								255.677
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 4 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>								
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 4 LOADING 1 SECTION 494.56 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>								
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 4 LOADING 1 SECTION 989.12 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>								
** 4	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-21193.787	28.853	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	A-B5-9	3.65899	0.000	0.000
0								929.318
** 5	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	3.10131	-16037.740	13.077	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1 COM	2.96060	0.000	0.000
0								357.103
** 6	P60X239	1	0.000	H1-1 COM	1.58115	-8613.896	21.714	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1 COM	1.55276	0.000	0.000
0								224.909
7	P24X63	1	22.340	H2-1 TEN	0.71323	837.446	5.772	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1 TEN	0.70335	0.000	0.000
0								-63.796
** 8	P24X63	1	0.000	H2-1 TEN	1.06637	1237.458	10.679	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1 TEN	1.02272	0.000	0.000
0								100.557
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>								
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 279.92</p>								

ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez} . Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 559.84 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
KN	** 9	P24X63	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-3206.594	19.947	0.000 M
0		ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-2 COM	2.37423	0.000	156.507
KN	** 10	P30X79	1	0.000	H2-1 TEN	1.12879	2343.450	-0.128	0.000 M
0		ASD9	WSPIPE	1	17.618	H2-1 TEN	1.12343	0.000	-35.725
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
KN	** 11	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-3703.101	-1.166	0.000 M
0		ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-2	4.14979	0.000	11.292
KN	** 12	P30X79	1	30.506	H2-1 TEN	1.62713	3541.790	0.393	0.000 M
0		ASD9	WSPIPE	1	15.253	H2-1 TEN	1.61288	0.000	-20.818
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - f_a/F_{ez}) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01 ACTUAL STRESS f_a IS GREATER THAN EULER STRESS F_{ez}. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>									
KN	** 13	P30X79	1	0.000	H1-1 COM	-99.00000	-4586.607	-4.933	0.000 M
0		ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-1	3.97507	0.000	-35.652

• Interaction ratio Pada beban Vertikal 6450 KN

UNITS TRIALS	MEMBER	PROFILE	LOADING	SECTION	PROVISION	ACTUAL/	SECTION FORCES		
	CODE	TABLE	NAME	LOCATION	NAME	ALLOWABLE	FX/MT	FY/MY	FZ/MZ
** 1	P60X239	1	0.000	H2-1	TEN	1.48952	8063.543	-22.318	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H2-1	TEN	1.37912	0.000	-748.576
0									
2	P60X239	1	23.115	H2-1	TEN	0.63462	3421.950	1.946	0.000 M
KN									
3	P60X239	1	0.000	H1-1	COM	0.50047	-1820.774	-43.149	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-2	COM	0.47953	0.000	-532.667
0									
** 4	P60X239	1	0.000	H1-1	COM	6.14015	-19154.227	25.596	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	12.562	H1-1	COM	5.02240	0.000	815.007
0									
** 5	P60X239	1	0.000	H1-1	COM	2.78100	-14673.848	11.316	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	11.557	H1-1	COM	2.67526	0.000	306.276
0									
** 6	P60X239	1	0.000	H1-1	COM	1.49523	-8203.314	18.411	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	17.588	H1-1	COM	1.47104	0.000	191.189
0									
7	P24X63	1	22.340	H2-1	TEN	0.68332	840.990	5.020	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H2-1	TEN	0.67437	0.000	-57.266
0									
8	P24X63	1	0.000	H2-1	TEN	0.99338	1192.226	9.286	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	17.740	H2-1	TEN	0.95290	0.000	87.784
0									
**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.									
**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 279.92 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.									
**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 9 LOADING 1 SECTION 559.84 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.									
** 9	P24X63	1	0.000	H1-1	COM	-99.00000	-2792.740	17.347	0.000 M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	H1-2	COM	2.06270	0.000	134.548
0									

LAMPIRAN

10	P30X79	1	0.000 H2-1 TEN	0.94675	1950.257	-0.209	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	17.618 H2-1 TEN	0.93799	0.000	0.000	-32.826
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 693.61 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 11 LOADING 1 SECTION 1387.22 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
** 11	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-3307.968	-1.112	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 E2-2	3.70699	0.000	0.000	8.061
** 12	P30X79	1	30.506 H2-1 TEN	1.37195	3002.211	0.121	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	15.253 H2-1 TEN	1.36756	0.000	0.000	-14.579
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 600.51 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 13 LOADING 1 SECTION 1201.01 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
** 13	P30X79	1	0.000 H1-1 COM	-99.00000	-4066.437	-4.511	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	0.000 E2-1	3.52425	0.000	0.000	-51.606
** 14	P30X79	1	0.000 H2-1 TEN	1.37445	2899.753	2.419	0.000 M
ASD9	WPIPE	1	23.698 H2-1 TEN	1.34514	0.000	0.000	34.828
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 0.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							
<p>**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 466.50 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.</p>							

BUCKLING FAILURE.

**** ERROR_MSA9S7 -- DENOMINATOR (1 - fa/Fez) FOR MAJOR AXIS BENDING STRESS RATIO IN COMBINED STRESSES EQUATION (EQ. H1-1) IS LESS THAN OR EQUAL TO ZERO FOR MEMBER 15 LOADING 1 SECTION 933.00 ACTUAL STRESS fa IS GREATER THAN EULER STRESS Fez. Z AXIS ELASTIC BUCKLING FAILURE.

** 15	P30X79	1	0.000	H1-1	COM	-99.00000	-5636.929	-6.103	0.000	M
KN	ASD9	WSPIPE	1	0.000	E2-1	3.77721	0.000	0.000	-54.939	
0										
****	INFO_STTECC	-- The following members FAILED CODE CHECKS								
		1	4	5	6	9	11	12	13	
14	15									