

SEKIAN DEKORATIF PERLENGKAPAN STRUKTUR BANGUNAN KAWASAN PANGRAY
DINDING DENGAN KOTINGSIJAN 14,4 METER MENGGUNAKAN
METODE KONTAK HINGGA



SIMPULAN

Ditulis sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

RENRI KUSNANDAR
0303315054

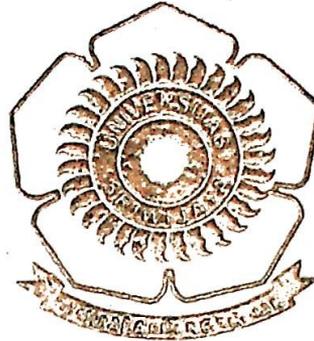
DISUSUN OLEH NIKOLUS DARULHASANUS
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRAGAYA

2008

621.319.207
Kus
2008



**KAJI TEORITIK PERLAKUAN STATIK RANGKA TOWER PANJAT.
DINDING DENGAN KETINGGIAN 15,5 METER MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**



R.16527
16899

SKRIPSI

**Dibuat sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**FIKRI KUSNANDAR
03033150054**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA**

2008

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

SKRIPSI

KAJI TEORITIK PERLAKUAN STATIK RANGKA TOWER PANJAT
DINDING DENGAN KETINGGIAN 13,5 METER MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN LINGGA

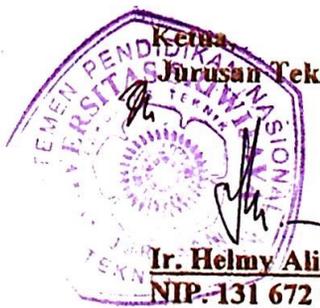
Oleh :

FIKRI KUSNANDAR

03033156034

Indralaya, Februari 2008

Mengetahui,


KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
Ir. Helmy Alian, MT
NIP. 131 672 077

Dosen,
Pembimbing Skripsi


Gunawan, ST, MT
NIP. 132 297 294

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

AGENDA NO
DITERIMA TANGGAL
PARAF

: 1723/TA/TA/2008
: 18 Maret 2008
§

SKRIPSI

Nama : FIKRI KUSNANDAR
NIM : 03033150054
Mata Kuliah : Metode Elemen Hingga
Spesifikasi : Kaji Teoritik Perlakuan Statik Rangka
Tower Pajaj Dinding Dengan Ketinggian
13,3 Meter Menggunakan Metode Elemen
Hingga
Diberikan : Oktober 2007
Selesai : Februari 2008

Indralaya, Februari 2008

Mengetahui,

Ketua,
Jurusan Teknik Mesin



Ir. Helmy Alian, MT
NIP. 131 672 077

Dosen,
Pembimbing Skripsi


Gunawan, ST, MT
NIP. 132 297 294

"Serius tapi santai, selo tapi pasti, jalani apa adanya".

"Seberapa jauh pemahaman kita terhadap kehidupan sejauh itu
pula kita telah meninggalkan kehidupan".

Kupersembahkan Karya Kecil Ku Kepada :

- Ibu dan Nenenda Tercinta
- My Luv Sister (Visca, Visda, dan Venny)
- Seseorang Terkasih
- Keluarga Besarku
- Rekan-Rekan Seperjuangan
- Almamaterku

ABSTRAK

Rangka menara tower panjat dinding merupakan konstruksi yang kompleks. Rangka ini dirancang dari struktur frame dengan tujuan menyanggah dan memikul beban yang terdapat pada konstruksi tersebut. Bagian-bagian dari konstruksi rangka tower ini harus memiliki kekuatan serta kestabilan terhadap pembebanan yang ada. Distribusi gaya, perpindahan dan konsentrasi tegangan merupakan salah satu kriteria yang utama dalam merancang suatu struktur. Dalam melakukan perancangan struktur terutama rangka, pemodelan struktur yang tepat dalam perancangan tersebut harus berpedoman pada faktor keamanan serta kelayakan suatu struktur sesuai fungsi dan kebutuhan.

Untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi pada rangka digunakan software Abaqus 6.4-1 yang berbasis Metode Elemen Hingga. Perhitungan menggunakan Metode Elemen Hingga merupakan salah satu metode yang sangat membantu dalam perancangan, terutama untuk struktur yang rumit, dimana konstruksi yang rumit tersebut dibagi kedalam elemen-elemen kecil berhingga (diskritisasi) dan memiliki bentuk yang lebih sederhana. Elemen mandiri dianalisa satu persatu memperoleh matriks kekakuan lokal. Matriks kekakuan lokal kemudian digabung membentuk matriks kekakuan global dan akan didapatkan harga perpindahan, tegangan serta regangan dengan memasukan kondisi batas yang ada.

Dari analisa perhitungan pada rangka menara tower panjat dinding disajikan dalam tabel dan gambar, diketahui bahwa tegangan terbesar terjadi pada diagonal bracing, horizontal sekunder dan penahan atas-penahan bawah sebesar 6,2 MPa, faktor keamanan minimum sebesar 40 sedangkan pergeseran maksimum terjadi pada lengan tengah penahan panel sebesar 0,01 m.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah wa syukurillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT Azzawajallah yang merajai dan menguasai serta mengatur segala sesuatu di semesta ini. Solawat beserta salam tak henti-hentinya tercurahkan untuk junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, beserta para sahabat dan pengikut beliau sampai akhir zaman. Berkat nikmat dan ridho-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini mengenai “Kaji Teoritik Perlakuan Statik Rangka Tower Panjat Dinding Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Gunawan, ST, MT selaku dosen pembimbing akademik sekaligus pembimbing tugas akhir, yang telah begitu banyak meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan berlangsung.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penulis merasa sangat perlu menyampaikan rasa terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Helmy Allian, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Zahri Kadir, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak H. Ismail Thamrin, ST, MT, terima kasih atas masukkan dan saran-sarannya.

5. Bapak, Ibu Dosen dan Tata Usaha di lingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Terkhusus Ayahanda (Alm) semoga tenang disisi-Nya , Ibu dan Nenenda tercinta, serta saudari-saudariku tersayang visca, visda dan Venny. Hidupku lebih berwarna karena kalian.
7. Bhuwana Cakti KU (aku selalu bagian dari dirimu), serta saudara-saudaraku yang tetap mengibarkan bendera Kuning Emas (pegang teguh panji dan nilai-nilai idealisme yang pernah kita bangun).
8. Seseorang Terkasih
9. *My Best Friend*; Yayan (atas "D" dan Fit "S"nya), Bayu (Thx bgt Support dananya), Ijoule Opal, Ario, Mifta, Faizal, Anton blue, bowo (kapan TVRI lagi).
10. Iqbal, Abdillah, Nur Akbar, Delta, Fajar, Presley, Juni, Isser, Untung (Anaknyo Konstruksi).
11. Teman, sahabat, jauh dan dekat satu Jurusan Teknik, terima kasih canda tawa kalian. Tidak lupa juga Luna Maya, Bunga Zaenal dan Velove (jangan paksa aku memilih "*BEB*").

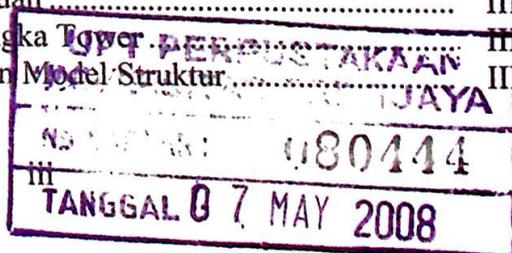
Akhir kata, dengan segala keterbatasan dan kekurangan penulis mengharapkan agar sudilah kiranya para pembaca yang haus akan ilmu pengetahuan untuk memberi kritik serta saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Wassalamualaikum, Wr.Wb.

Indralaya, Februari 2008
Penulis,

Fikri Kusnandar

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan Penulisan.....	I-4
1.5 Metode Penulisan.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konsep Metode Elemen Hingga	II-2
2.2 Pemodelan Struktur.....	II-3
2.3 Metode Kekakuan Matriks.....	II-5
2.4 Deformasi Struktur Rangka.....	II-11
2.5 Momen Inersia	II-12
2.6 Struktur Analisis Program (<i>Abaqus 6.4-1</i>).....	II-13
2.6.1 Tipe-Tipe Elemen.....	II-15
2.6.2 Satuan Dalam <i>Abaqus 6.4-1</i>	II-15
2.6.3 Output Elemen Beam	II-16
2.6.4 Analisa Respon Dalam Perencanaan.....	II-17
BAB III MENARA TOWER PANJAT DINDING	
3.1 Rangka Batang Tower Panjat Dinding.....	III-1
3.2 Sistem Pembebanan	III-1
3.3 Perencanaan Tumpuan.....	III-2
3.4 Bagian-Bagian Rangka Tower.....	III-3
3.5 Prosedur Pembuatan Model Struktur.....	III-4



BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1	Data Konstruksi Rangka Menara Tower	IV-1
4.1.1	Data Rangka	IV-1
4.1.2	Data Beban	IV-2
4.2	Perhitungan Beban	IV-2
4.2.1	Perhitungan Beban Angin	IV-2
4.2.2	Perhitungan Beban Papan	IV-4
4.2.3	Perhitungan Beban Manusia (orang).....	IV-5
4.3	Perhitungan Tegangan Pada Batang Profil L	IV-5
4.4	Pembahasan.....	IV-26
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
Tabel.1 Pemodelan Struktur	II-4
Tabel.2 Hasil Perhitungan	IV-28

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
II.1 Permodelan Struktur.....	II-3
II.2 Permodelan Struktur Frame	II-5
II.3 Kekakuan Batang	II-5
II.4 Deformasi Struktur Dua Dimensi.....	II-11
II.5 Beam Dengan Positif Nodal Displacement, Rotasi Dan Gaya.....	II-12
II.6 Beam Dengan Beban.....	II-13
II.7 Kurva Defleksi Dari Beam.....	II-13
II.7 Tampilan Aplikasi Program Abaqus 6.4-1	II-16
II.8 Enam Derajat Kebebasan Pada Sistem Koordinat	II-17
II.9 Aliran Desain Struktur	II-19
III.1 Bagian-Bagian Rangka Menara.....	III-4
III.2 Create Part	III-5
III.3 Create Line Connected	III-6
III.4 Cancel Procedure.....	III-6
III.5 Save Sketch As.....	III-7
III.6 Create Datum Point: Offset From Point.....	III-7
III.7 Views Toolbox	III-8
III.8 Create Datum Plane: 3 Point	III-8
III.9 Create Datum Axis: 2 Point	III-8
III.10 Magnify View	III-9

III.11	Add: Sketch	III-9
III.12	Translate	III-10
III.13	Create Wire: Poly Line.....	III-10
III.14	Feature Manager.....	III-10
III.15	Gambar Struktur Lengkap.....	III-11
III.16	Property Modul	III-11
III.17	Create Profile A.....	III-12
III.18	Create Profile B	III-12
III.19	Create Section	III-12
III.20	Assembly Module	III-13
III.21	Create Instance	III-13
III.22	Create Step	III-14
III.23	Edit Step	III-14
III.24	Create Boundary Condition.....	III-15
III.25	Edit Boundary Condition	III-15
III.26	Create Load	III-16
III.27	Edit load	III-16
III.28	Struktur Dengan Pembebanan.....	III-17
III.29	Mesh Module.....	III-17
III.30	Seed Edge: By Number	III-18
III.31	Assign Element Type	III-18
III.32	Mesh Part Instance	III-18
III.33	Create Job.....	III-19

III.34 Job Manager	III-19
III.35 Running Error (<i>Aborted</i>)	III-20
III.36 Struktur Mengalami Deformasi.....	III-21
IV.1 Nomor Panel (papan)	IV-3
IV.2 L Shape 1	IV-5
IV.3 L Shape 2	IV-8
IV.4 L Shape 3	IV-10
IV.5 L Shape 4	IV-12
IV.6 Perspektif Menara Tower.....	IV-16
IV.7 Titik Beban pada Nodal Arah Sumbu 1	IV-17
IV.8 Titik Beban pada Nodal Arah Sumbu 2	IV-18
IV.9 Reaksi Tumpuan pada Nodal Arah Sumbu 1	IV-19
IV.10 Reaksi Tumpuan pada Nodal Arah Sumbu 3.....	IV-20
IV.11 Reaksi Momen pada Nodal Arah Sumbu 1	IV-21
IV.12 Gaya Total pada Nodal Arah Sumbu 2	IV-22
IV.13 Momen Total pada Nodal Arah Sumbu 1	IV-23
IV.14 Perpindahan Maksimum pada Nodal Arah Sumbu 1	IV-24
IV.15 Perpindahan Rotasi Maksimum pada Nodal Arah Sumbu 1.....	IV-25
IV.16 Titik Beban Pada Nodal (Terdeformasi).....	IV-26
IV.17 Reaksi Momen Pada Kondisi Batas dengan Deformasi.....	IV-27
IV.18 Kondisi Batas Dengan Pembebanan	IV-29

DAFTAR SIMBOL

- A : Luas Penampang (m^2)
E : Modulus Elastisitas (KN/m^2)
L : Panjang Batang (m)
G : Modulus Geser (KN/m^2)
J : Konstanta Torsi (m^4)
I : Momen Inersia (m^4)
F : Gaya (KN)
k : Matriks Kekakuan
d : Lendutan (m)
q : Tekanan Angin (N/m^2)
V : Kecepatan Angin (m/det)
 ρ : Massa Jenis (kg/m^3)
W : Berat (kg)
v : Poisson Rasio
CF : Titik Beban Pada Nodal
CM : Titik Momen Pada Nodal
RF : Reaksi Gaya Pada Nodal
RM : Reaksi Momen Pada Nodal
TF : Gaya Total Pada Nodal
U : Perpindahan Pada Nodal
UR : Rotasi Perpindahan Pada Nodal
SF : Gaya Bagian Pada Titik Integrasi
SM : Momen Bagian Pada Titik Integrasi

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

- A. Data Kecepatan Angin (BMG)
- B. Data Hubungan Density Udara dengan Temperatur.
- C. Output *Abaqus 6.4-1*: SM dan SF

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Seiringnya maju sebuah peradaban maka semakin beragam aktivitas serta rutinitas pelaku sebuah peradaban itu sendiri, dan tentunya luas pula tuntutan pelbagai kegiatan dalam suatu masyarakat, tanpa terkecuali olahraga adalah salah satu tuntutan aktivitas sehari-hari, baik secara profesional maupun demi kebugaran tubuh. Dan salah satu olahraga yang paling diminati saat ini adalah panjat dinding, karena dianggap sebagai olahraga yang cukup komplit. Sebab selain mengandalkan kemampuan fisik, kemampuan teknik, juga mengandalkan keberanian akan ketinggian (adrenalin). Karena olahraga ini melibatkan resiko yang sangat tinggi maka keamanan (*safety*) dan kenyamanan (*comfortable*) dalam melakukan aktivitas olahraga tentu sangatlah diutamakan. Selain faktor pelaku (*human*) sudah barang tentu fasilitas olahraga itu sendiri yang harus memenuhi standar.

Berangkat dari hal tersebut tower panjat dinding yang digunakan sebagai sarana olahraga memerlukan perencanaan dan perhitungan yang sangat matang. Perhitungan konstruksi rangka yang paling sederhana adalah konstruksi statis tertentu. Namun pada kebanyakan perencanaan teknis yang nyata, konstruksi yang dijumpai merupakan konstruksi-konstruksi yang kompleks. Analisa suatu konstruksi yang statis tertentu memang akan dapat diselesaikan dengan hanya menggunakan tiga buah persamaan keseimbangan yaitu keseimbangan momen,



Bab I Pendahuluan

gaya vertikal dan gaya horizontal tanpa memperhatikan deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut. Penyelesaian konstruksi yang demikian ini hanya sering dijumpai pada persoalan teoritis yang ada pada literatur. Tidak demikian halnya dengan konstruksi-konstruksi statis tak tentu, terlebih lagi yang cukup kompleks. Analisa matriks dengan metode kekakuan memberikan kita kemudahan dalam menyelesaikan analisa konstruksi yang kompleks.

Rangka tower panjat dinding merupakan salah satu konstruksi yang kompleks. Rangka ini dirancang dari struktur frame dengan tujuan menyanggah dan memikul beban yang terdapat pada konstruksi tersebut. Bagian dari konstruksi rangka tower panjat dinding ini harus memiliki kekuatan serta kestabilan terhadap pembebanan yang terjadi. Agar rangka tower ini kuat dan mampu menahan pembebanan, maka rangka tower harus dirancang dengan memperhatikan beberapa faktor yang menjadi dasar dalam perancangan seperti pembebanan distribusi gaya, konsentrasi tegangan dan faktor lingkungan.

Berdasarkan perencanaan baik dari hasil eksperimen maupun analitik, besarnya tegangan pada daerah yang mengalami pebebanan, akan mengalami kecenderungan deformasi dan kegagalan (*failure*). Sehingga tegangan-tegangan yang terjadi pada daerah kritis tersebut seringkali dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam analisa dan perhitungan pada proses perencanaan.

Distribusi tegangan dan deformasi yang terjadi pada tower panjat dinding tersebut harus berpedoman bahwa rangka tersebut mengalami suatu perlakuan baik statik maupun dinamik. Mengingat begitu kompleksnya struktur rangka



tower panjat dinding tersebut, maka sangat sulit dilakukan dengan perhitungan secara analitik.

Agar perhitungan yang diperoleh lebih tepat dan akurat, maka digunakan program-program komputer yang berbasis metode elemen hingga. Dengan adanya program pendukung aplikasi metode elemen hingga tersebut, maka akan lebih mudah dalam melakukan perhitungan-perhitungan distribusi gaya dan tegangan pada suatu perancangan.

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah mencari perhitungan distribusi gaya dan deformasi yang terjadi pada rangka tower panjat dinding. Untuk mengetahui harga distribusi gaya pada rangka konstruksi tersebut, maka dibuatlah suatu model pendekatan. Dengan mengubah variabel pada pemodelan, maka akan diamati kecenderungan keluaran tegangan maksimum terhadap perubahan variabel. Beban yang diterapkan adalah beban mati, beban angin, beban kombinasi dan beban manusia.

1.3. Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diasumsikan pada tugas akhir ini adalah :

1. Rangka konstruksi tower panjat dinding dimodelkan sebagai struktur frame.
2. Tegangan yang terjadi pada model diakibatkan oleh beban konstruksi, beban dinding panjat, beban angin dan beban manusia.
3. Analisa yang dilakukan adalah analisa statik.
4. Material diasumsikan isotropis dan homogen.

**1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan dari tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menentukan besarnya beban maksimum yang dapat diterima oleh rangka tower panjat dinding.
2. Untuk mengetahui karakteristik distribusi gaya dan tegangan yang terjadi pada seluruh konstruksi rangka berdasarkan pembebanan.
3. Untuk mengetahui letak daerah kritis pada struktur konstruksi akibat pembebanan yang terjadi.
4. Untuk menentukan layak atau tidaknya konstruksi tower digunakan.

1.5. Metode Penulisan

Dalam menyusun tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode antara lain metode studi literatur yang bersumber dari referensi-referensi yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Selain itu juga penulis menggunakan metode analisa dengan mengembangkan data-data yang ada dengan bantuan program *Abaqus 6.4-1*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab dan sub bab sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi uraian tentang Latar Belakang, Identifikasi Masalah, Pembatasan Masalah, Tujuan Penulisan, Metode Penulisan dan Sistematika Penulisan.

**BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menguraikan tentang Konsep Metode Elemen Hingga, Pemodelan struktur, Metode Kekakuan Matrik, Deformasi Struktur Rangka, Momen Inersia, Struktur Analisa Program *Abaqus 6.4-1* antara lain : Tipe Elemen, Satuan yang digunakan, Output Tegangan Elemen Beam dan Analisa Respon Dalam Perhitungan Pemeriksaan.

BAB III : RANGKA MENARA TOWER PANJAT DINDING

Bab ini membahas mengenai Rangka Batang Tower Panjat Dinding, Sistem Pembebanan, Perencanaan Tumpuan, Bagian-Bagian Rangka Tower dan Prosedur Pembuatan Model Struktur pada program *Abaqus 6.4-1*.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai analisa dan pembahasan hasil perhitungan struktur rangka tower panjat dinding dengan menggunakan paket program komputer *Abaqus 6.4-1* yang berbasis metode elemen hingga.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran tentang kajian teoritik dari hasil perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Logan, Daryl L. 1992. *"A First Course in the Finite Element Methode"*, Second Edition. PWS-KENT Pub. Co: Boston.
2. Kurmi, R.S. 2002. *"Strenght Of Materials"*, Second Edition. Ram Nagar: New Delhi.
3. Wang, C.K. 1992. *"Analisa Struktur Lanjutan"*, Jilid 1. Alih Bahasa : Drs. Ir. Kusuma Wirawan dan Ir. Mulyadi Nataprawira. Penerbit Erlangga: Jakarta.
4. Susatio, Yerri. 2004. *"Dasar-dasar Metode Elemen Hingga"*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
5. Timoshenko, S. P. dan Goodier, J. N. *"Teori Elastisitas"*, Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga.
6. Timoshenko, S. P. dan James M. Gere. 1996. *"Mekanika Bahan"*, Jilid 1. Alih Bahasa : Drs. Hans. J. Wospakrik. Penerbit Erlangga: Jakarta.
7. Giek, K. 2005. *"Kumpulan Rumus Teknik"*, Cetakan Keenam. Penerbit: PT Pradnya Paramita: Jakarta.
8. Kusmadi, Denny. 2002. *"Kaji Teoritik Perlakuan Statik Rangka Menara Listrik Saluran Udara Tegangan Tinggi Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga"*. UNSRI: Inderalaya.
9. Supomo, Wisnu Aji. 2003. *"Kaji Teoritik Perlakuan Statik Rangka Menara Tower Air Dengan Ketinggian 18 Meter Menggunakan Metode Elemen Hingga"*. UNSRI: Inderalaya.
10. <http://www.google.com/density> of air/Badan Meteorologi & Geofisika.
11. Abaqus Online Tutorial. *"Getting Startet With Abaqus"*.