

KAJI MODEL BALOK KANTILEVER DENGAN  
BEBAN TERPUSAT



SIMPULAN

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

ANNES ANGGARA

03023150034

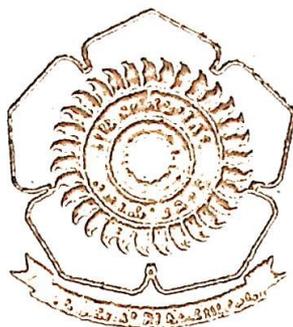
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
KEDIRALAYA  
2007

1

S  
624.177  
Aug  
k  
2007



**KAJI MODEL BALOK KANTILEVER DENGAN  
BEBAN TERPUSAT**



**SKRIPSI**

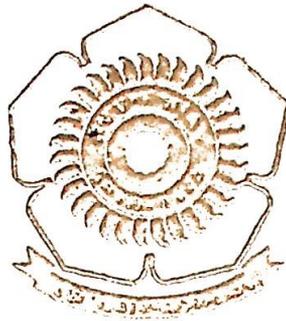
Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :  
**ANNES ANGGARA**  
03023150084

R. 16081  
18243

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2007**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA



SKRIPSI

KAJI MODEL BALOK KANTILEVER DENGAN BEBAN  
TERPUSAT

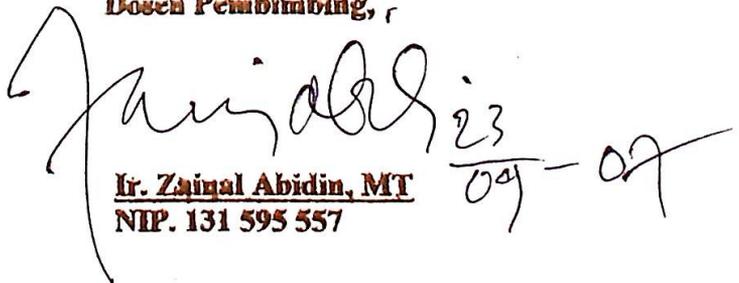
Oleh :  
ANNES ANGGARA  
03023150084

Inderalaya, 5 September 2007  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing, r

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077

  
Ir. Zainal Abidin, MT  
NIP. 131 595 557

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No : 1697/TA/IA/2007  
Diterima Tanggal : 26 Sept. 2007  
Paraf : 

SKRIPSI

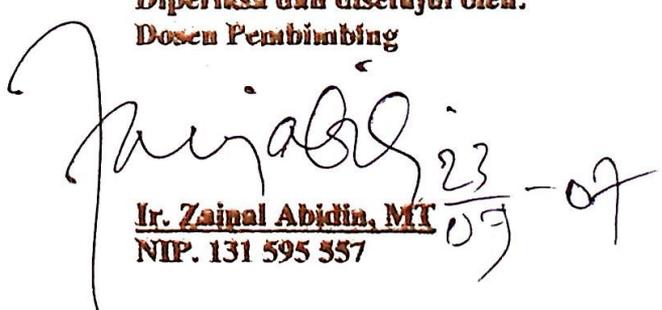
Nama : ANNES ANGGARA  
NIM : 03023150084  
Mata Kuliah : Mekanika Material dan Metode Elemen Hingga  
Judul : Kaji Model Batok Kantilever Dengan Bahan Terpusat  
Dibersihkan Tanggal : 27 Mei 2007  
Selesai Tanggal : 23 Agustus 2007

Inderalaya, 5 September 2007

Diperiksa dan disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Ir. Helmy Allan, MT  
NIP : 131 672 077

  
Ir. Zainal Abidin, MT  
NIP. 131 595 557

Motto :

- ° Dengan Seni Hidup Menjadi Indah  
Dengan Ilmu Hidup Menjadi Mudah  
Dengan Cinta Hidup Menjadi Bergairah  
Dengan Agama Hidup Menjadi Terarah "
  
- ° Segala Sesuatu Dimulai Dengan Niat Dan Kerja Keras Pasti  
Ada Hasilnya "

(ANNIS ANGGITA)

---

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

- My Lovely Mom & Dad
- My Lovely Sisters & Brother
  - ❖ Anggi
  - ❖ Babay
  - ❖ Riri
- All My Friends "Budak MESIN"
- My Almamater

## ABSTRAK

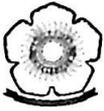
Bila sebuah balok dibebani atau diberi gaya maka sumbu longitudinal yang semula lurus akan berubah menjadi sebuah kurva yang disebut *deflection curve of the beam* (kurva lendutan dari balok). Disamping faktor tegangan, spesifikasi untuk rancang bangun balok sering ditentukan oleh adanya defleksi. Konsekuensinya, disamping perhitungan tentang tegangan-tegangan perancang juga harus mampu menentukan defleksi. Perhitungan defleksi (lendutan) ini penting untuk perhitungan balok statis tak tentu, selain itu, defleksi seringkali harus dihitung untuk memeriksa kemungkinan melebihi batas yang diizinkan. Hal ini terjadi pada waktu perencanaan struktur bangunan, dimana biasanya ada batas maksimum untuk defleksi, karena defleksi yang besar akan mengakibatkan penampilan yang tidak baik dan struktur yang rapuh atau tidak stabil.

Skripsi ini memuat perbandingan analisa perhitungan defleksi pada balok kantilever yaitu balok gantung dimana salah satu ujungnya terjepit dan ujung lainnya bebas, dimana diujung bebasnya diberikan beban terpusat sebesar 200 N. Material yang digunakan pada balok kantilever ini adalah 1023 Carbon Steel Sheet yang memiliki geometri panjang = 1000 mm, lebar = 30mm, dan tebal = 10mm. Dalam melakukan analisa, penulis menggunakan pemodelan 1 dimensi yang dianalisa dengan solusi ekasak, 2 dimensi dengan *software SAP2000*, dan 3 dimensi dengan *software SolidWorks 2005 / COSMOSWorks 2005*.

Dari hasil perhitungan dan analisa balok kantilever, defleksi maksimum yang terjadi pada pemodelan 1 dimensi adalah sebesar 130,128 mm, pada pemodelan 2 dimensi adalah sebesar 130,0914 mm, dan pada pemodelan 3 dimensi adalah sebesar 127,014 mm.

**Kata kunci :**

Balok Kantilever, Defleksi, Metode Elemen Hingga, Mekanika Material



---

---

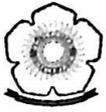
## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir atau Skripsi ini dengan baik untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW.

Pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Ir. Zainal Abidin, MT** atas bimbingan dan perhatiannya yang besar selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.

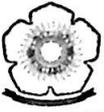
Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan, baik berupa moral maupun spiritual. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. H. Hasan Basri , Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ir. Helmy Alian, MT, Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ir. Zahri Kadir, MT, Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Zainal Abidin, MT selaku Dosen Koordinator KBK Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Aneka Firdaus, ST, selaku Dosen Pembimbing Akademik.



- 
- 
6. Seluruh Staf Dosen dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
  7. Khususnya kepada orang tuaku tercinta yang selalu memberikan kasih sayangnya, nasehat, serta bimbingan sehingga menjadi anak yang shaleh, berbakti kepada kedua orang tua serta bermanfaat bagi agama, bangsa dan negara.
  8. Adik-adikku yang tercinta: Anggi Yanti, Azis Ambara, Riri Rizki Fauzia dan semua keluargaku yang telah memberikan semangat, dukungan serta kebersamaannya selama ini.
  9. Seluruh saudaraku seiman dan seakidah atas nasehat-nasehatnya, dan kebersamaannya selama ini.
  10. Seluruh rekan-rekan seperjuangan khususnya Faisal bin Ali, Farabi Akbar Abdillah, Catur Dharmawan, Harry Kurniawan, Hendra Dermawan, Yuwanda Anugerah, Agung Nugroho, Firdaus Landekumandang, M. Akib Firmansyah, M. Ghema Putra Utama, Welki Hamonangan & semua rekan-rekan di Teknik Mesin '02 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, "*Thanks Friends*" atas kebersamaannya selama ini

Penulis menyadari bahwa masih banyak sekali kekurangan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, yang dikarenakan terbatasnya ilmu pengetahuan dan sarana penulis miliki. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran ataupun kritik yang sifatnya membangun dari pembaca demi kesempurnaan dari Tugas Akhir ini.



Akhir kata penulis sangat berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amiin.

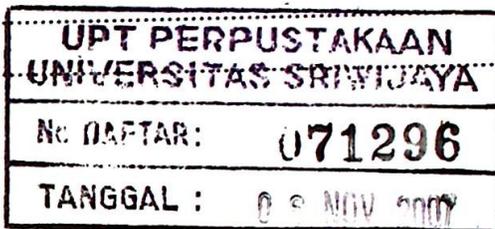
Inderalaya, Agustus 2007

Penulis



## DAFTAR ISI

	HALAMAN
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Tujuan Penulisan .....	I-4
1.3. Pembatasan Masalah .....	I-4
1.4. Metodologi Penulisan .....	I-5
1.5. Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1. Definisi Defleksi Pada Balok .....	II-1
II.2. Konstruksi Balok Kantilever / Balok Konsol .....	II-2
II.3. Metode Integrasi Ganda Dari Persamaan Diferensial .....	II-3
II.4. Metode Elemen Hingga .....	II-6
II.4.1. Notasi Matriks Metode Elemen Hingga .....	II-9
II.4.2. Langkah Umum Analisa Metode Elemen Hingga .....	II-10
II.4.3. Penurunan Matrik Kekakuan Struktur Beam .....	II-12
<b>BAB III. PENGENALAN PROGRAM</b>	
III.1. Pengenalan Program <i>SAP2000</i> .....	III-1
III.2. Analisa Defleksi Menggunakan <i>SAP2000</i> .....	III-7





---

---

III.3.	Pengenalan Program SolidWorks 2005 .....	III-11
III.3.1.	Dasar-Dasar Pemodelan .....	III-13
III.3.2.	Dasar-Dasar Pengeditan Gambar .....	III-14
III.4.	Analisa Defleksi Menggunakan <i>COSMOSWorks</i> 2005 .....	IV-14
III.4.1.	Tahap <i>Preprocessing</i> .....	III-13
III.4.2.	Tahap <i>Processing</i> .....	III-14
III.4.3.	Tahap <i>Post Processing</i> .....	III-22

#### **BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

IV.1.	Data-Data .....	IV-1
IV.2.	Analisa 1-D Menggunakan Solusi Ekasak .....	IV-2
IV.3.	Analisa 2-D Menggunakan <i>SAP2000</i> .....	IV-6
IV.4.	Analisa 3-D Menggunakan <i>COSMOSWorks</i> 2005 .....	IV-9

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1.	Kesimpulan .....	V-1
V.2.	Saran .....	V-2

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	HALAMAN
2.1 Balok sebelum terjadi deformasi .....	II-1
2.2 Balok setelah terjadi deformasi .....	II-1
2.3 Jenis balok kantilever .....	II-2
2.4 Tipe-tipe elemen pada metode elemen hingga .....	II-11
2.5 Elemen <i>beam</i> .....	II-12
2.6 Perjanjian tanda untuk gaya geser dan momen pada <i>beam</i> .....	II-13
3.1 Window utama <i>SAP2000</i> .....	III-2
3.2 Menentukan <i>grid line</i> .....	III-7
3.3 Hasil keluaran <i>grid line</i> .....	III-7
3.4 Menentukan <i>restraint</i> .....	III-8
3.5 Masukkan nilai <i>force</i> .....	III-8
3.6 Model yang telah diberi <i>restraint</i> dan <i>force</i> .....	III-9
3.7 Memilih material .....	III-9
3.8 Masukkan <i>material property data</i> .....	III-10
3.9 Menentukan dimensi balok .....	III-10
3.10 Diagram alir <i>COSMOSWorks 2005</i> .....	III-12
3.11 Tampilan jendela kerja <i>SolidWorks 2005</i> .....	III-14
3.12 <i>Extrude Boss</i> .....	III-18
3.13 <i>Extrude Cut</i> .....	III-19
3.14 <i>Revolve Boss</i> .....	III-20
3.15 <i>Extrude Cut</i> .....	III-20
3.16 <i>Loft Boss</i> .....	III-21
3.17 <i>Fillet</i> .....	III-22
3.18 <i>Chamfer</i> .....	III-22
3.19 Model Balok Kantilever .....	III-23
3.20 Membuat <i>study</i> analisa statik .....	III-23

3.21	Menentukan <i>restraint &amp; force</i> .....	III-20
3.22	Memilih jenis material .....	III-21
3.23	Pembuatan <i>mesh</i> .....	III-22
3.24	Proses analisa.....	III-22
3.25	Proses analisa telah selesai .....	III-23
3.26	Perpindahan hasil analisa .....	III-20
3.27	Bentuk deformasi yang terjadi.....	III-23
4.1	Kurva lendutan dari balok .....	IV-6
4.2	Melakukan analisa pada <i>set option</i> .....	IV-7
4.3	Proses analisa.....	IV-7
4.4	Terjadi <i>joint displacement</i> .....	IV-8
4.5	Analisa selesai dan terjadi defleksi .....	IV-9
4.7	Kondisi <i>restraint</i> dan <i>force</i> pada balok kantilever.....	IV-11
4.8	<i>Displacement</i> pada balok kantilever .....	IV-12
4.9	Deformasi pada balok kantilever .....	IV-13
4.10	Grafik perbandingan nilai defleksi.....	IV-13

## DAFTAR TABEL

Tabel	HALAMAN
4.1 Joint displacement .....	IV-8
4.2 Data spesifikasi material .....	IV-10
4.3 Displacement pada balok kantilever .....	IV-11
4.4 Hasil analisa defleksi .....	IV-13



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Bila sebuah balok dibebani atau diberi gaya maka sumbu longitudinal yang semula lurus akan berubah menjadi sebuah kurva yang disebut *deflection curve of the beam* (kurva lendutan dari balok). Disamping faktor tegangan, spesifikasi untuk rancang bangun balok sering ditentukan oleh adanya defleksi. Konsekuensinya, disamping perhitungan tentang tegangan-tegangan perancang juga harus mampu menentukan defleksi. Perhitungan defleksi (lendutan) ini penting untuk perhitungan balok statis tak tentu, selain itu, defleksi seringkali harus dihitung untuk memeriksa kemungkinan melebihi batas yang diizinkan. Hal ini terjadi pada waktu perencanaan struktur bangunan, dimana biasanya ada batas maksimum untuk defleksi, karena defleksi yang besar akan mengakibatkan penampilan yang tidak baik dan struktur yang rapuh atau tidak stabil. Sebagai contoh, dalam banyak kode bangunan defleksi yang diperkenankan dari suatu batang tidak boleh melebihi  $1/300$  dari panjang balok. Dengan demikian, balok yang dirancang dengan baik tidak hanya mampu mendukung beban yang akan diterimanya tetapi juga harus mampu mengatasi terjadinya defleksi sampai batas tertentu.

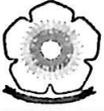
Struktur fleksibel telah digunakan pada mesin-mesin di dunia teknologi. Sebagai contoh misalnya pegas daun yang digunakan pada sistem suspensi kendaraan bermotor. *Helical springs* digunakan untuk *shock absorbers* pada



motor balap. Kepingan baja fleksibel digunakan untuk mengontrol posisi *arm-type* pada mekanisme *magnetic disk driver* di komputer. Kabel transmisi sangat sering menjadi pokok persoalan pada besaran nilai defleksi. Baling-baling helikopter dan turbin angin adalah jenis dari balok kantilever fleksibel. Struktur-struktur yang fleksibel dapat mengalami defleksi dan rotasi tanpa melampaui batas elastisnya.

Pokok permasalahan pada defleksi yang terjadi pada balok kantilever adalah salah satu hal yang sangat penting dan menarik untuk dibicarakan mengingat hal ini adalah salah satu faktor penting bagi engineer dalam merancang suatu struktur batang/balok. Berdasarkan nilai defleksi, geometrik nonlinier muncul, sementara tegangan yang ada tetap kecil. Sebagai hasilnya, masalah-masalah yang melibatkan defleksi pada suatu batang harus diformulasikan berdasarkan teori bending nonlinier. Yaitu aturan dari formulasi persamaan diferensial kurva lendutan dari balok yang disebut aturan Bernoulli-Euler. Sebagai tambahan, faktor-faktor perbaikan untuk pendekatan momen menjadi kontribusi terbesar untuk pemecahan masalah dalam analisa defleksi yang terjadi.

Solusi untuk defleksi pada balok kantilever pada bahan elastis yang linier adalah beban pada ujung bebasnya yang pertama kali diberlakukan oleh Barten (1944). Dia mampu menunjukkan bahwa perbedaan antara defleksi yang ditemukan oleh teori batang klasik dan teori defleksi hanya dapat ditandai pada masalah rendahnya kekakuan batang. Bisshopp dan Drucker (1945) memberikan solusi untuk defleksi pada balok kantilever dari teori



fundamental Bernoulli-Euler yang menyatakan bahwa lengkungan adalah seimbang untuk momen lentur. Asal muasalnya, dapat diasumsikan bahwa panjang dari batang tidak dapat diperpanjang. Bisshopp (1973) memperoleh beberapa perkiraan yang logis untuk akhir lekukan dan defleksi balok kantilever dengan *linearization of the elliptic solution* (dengan menggabungkan perkiraan yang pertama dan kedua untuk kuantitas kecil dengan sifat nyata dari bentuk/susunan yang dibelokkan). Rohde (1953) memberikan solusi untuk defleksi pada balok kantilever yang secara keseluruhan pendistribusian beban dengan memperluas lekukan dalam rentetan kekuatan pada panjang busur (arc). Holden (1972) memperkenalkan solusi numerik untuk masalah defleksi pada balok kantilever dibawah beban yang secara keseluruhan menggunakan metode Runge-Kutta orde keempat. Wang (1969) mempertimbangkan defleksi pada balok kantilever dan memberi solusi untuk lekukan pada bagian proyeksi horizontal pada panjang busur. Baker (1993) memberlakukan solusi defleksi pada *linear elastic nonprismatic beam* dibawah beban terdistribusi melalui solusi beban akhir pada aturan Bernoulli-Euler. Lee Et Al (1993) menyelidiki defleksi dari balok kantilever menggunakan *cross section variable* dibawah beban gabungan dengan menggunakan metode Runge-Kuta-Fehlber. Lewis dan Monasa (1981) memecahkan masalah defleksi pada balok kantilever yang terbuat dari bahan-bahan elastis nonlinier yang mengkonsentrasikan pada beban ujung bebas. Pada paper lain, Lewis dan Monasa (1982) kembali mempertimbangkan masalah defleksi pada balok kantilever yang menghasilkan solusi pendekatan.



Lee (2002) menyelidiki defleksi pada balok kantilever dibawah penggabungan beban dan secara keseluruhan pendistribusian beban dan beban samping yang tegak lurus pada ujung bebas. Hasil dari persamaan diferensial nonlinier orde kedua mempunyai peranan penting yang diselesaikan menggunakan metode integrasi numerik Gauss-Legendre dengan pendekatan dua sampai enam titik untuk mendapatkan hasil pada bagian rotasi, defleksi yang tegak lurus, dan defleksi mendatar pada titik akhir batang. Prosedur eksperimen sederhana membuktikan untuk tujuan keabsahan.

## **I.2 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu :

1. Mempelajari dan mengetahui konsep dasar penentuan defleksi pada balok kantilever yang dikenai beban terpusat.
2. Mempelajari dan menggunakan perangkat lunak analisa struktur yaitu *SolidWorks 2005*, *COSMOSWorks 2005*, dan *SAP2000* untuk menghitung analisa defleksi pada balok kantilever.
3. Membandingkan nilai defleksi yang dianalisa secara 1 dimensi dengan menggunakan solusi eksak, 2 dimensi dengan *SAP2000*, dan 3 dimensi dengan *COSMOSWorks 2005*.

## **I.3 Perumusan Masalah**

Dalam analisa perhitungan ini akan dibatasi oleh beberapa hal, yaitu :



1. Analisa defleksi dikhususkan hanya pada balok tipe balok kantilever saja, yaitu balok gantung dimana salah satu ujungnya terjepit atau memiliki tumpuan dan ujung yang lainnya bebas atau tidak memiliki tumpuan.
2. Tugas akhir ini mengutamakan konsentrasi beban pada ujung bebasnya dengan tipe pembebanan beban terpusat.
3. Metode yang dilakukan penulis dalam melakukan analisa yaitu dengan melakukan prosedur perhitungan secara analitis atau solusi eksak dan dengan melakukan simulasi pada perangkat lunak *SolidWorks 2005*, *COSMOSWorks 2005*, dan *SAP2000*.

#### **I.4 Metodologi Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Studi kepustakaan, yaitu mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan teori defleksi pada balok kantilever..
2. Mengumpulkan data dan informasi dari internet.
3. Studi perangkat lunak, yaitu mempelajari dan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks 2005*, *COSMOSWorks 2005* untuk membantu analisa model dengan Metode Elemen Hingga, dan perangkat lunak *SAP2000*.

#### **I.5 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membahas berdasarkan atas susunan sistematika sebagai berikut :

**BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang menunjang dan mendasari dalam analisa dan penelitian.

**BAB III PENGENALAN PROGRAM**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang program komputer yang digunakan yaitu *SolidWorks 2005*, *COSMOSWorks 2005*, dan *SAP2000*.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas tentang analisa defleksi pada balok kantilever serta perbandingannya pada model-model 1 dimensi, 2 dimensi, dan 3 dimensi dengan menggunakan solusi eksak dan studi perangkat lunak *SolidWorks 2005*, *COSMOSWorks 2005*, dan *SAP2000*.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai analisa dan penelitian yang dilakukan.



---

---

## DAFTAR PUSTAKA

1. James, M. Gere & Timoshenko, "*Mekanika Bahan*", Edisi Kedua VERSI SI, Jilid 1, Erlangga Jakarta: 1996
2. Idris Yakni, "*Belajar Cepat SAP2000*", BALITEKS UNSRI, Palembang: 2003
3. COSMOSWorks Teacher Guide, "*Basic Functionality of COSMOSWorks*", Reproducible Slide From Web.
4. D.N Jimmy, "*Desain Mekanik Dengan SolidWorks*", Buku Ajar Jurusan Teknik Mesin UNSRI, Indralaya: 2004.
5. Logan Daryl L., "*A First Course in the Finite Element Method*", 2<sup>nd</sup> Edition, PWS-Kent. Boston: 1992.
6. Susatio Yerri, "*Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*", Penerbit ANDI. Yogyakarta: 2004.
7. Shigley Joseph E., Mitchell Larry D., Harahap Gandhi. "*Perencanaan Teknik Mesin*", Edisi ke empat, Jilid 1, Erlangga. Jakarta: 1984

