

**STUDI EFEKTIVITAS TUMPUAN BALOK KANTILEVER PADA
STRUKTUR GELADAK KAPAL**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



OLEH :

ANDI MIFTAHUL HIDAYAT KAMAL

D 311 14 003

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti Seminar dan Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul Skripsi

STUDI EFEKTIVITAS TUMPUAN BALOK KANTILEVER PADA STRUKTUR GELADAK KAPAL

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun Oleh :

Andi Miftahul Hidayat Kamal

D31114003

Gowa, Agustus 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing.

Nip. 19600425 198811 1 001

Pembimbing II

Hamzah, ST., MT.

Nip. 19800618 200501 1 004

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.

Nip. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Miftahul Hidayat Kamal

NIM : D311 14 003

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Menyatakan dengan ini bahwa tugas akhir saya berjudul “Studi Efektivitas Tumpuan Balok Kantilever pada Struktur Geladak Kapal” adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan alihan tulisan orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang alin, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Agustus 2021

Yang Menyatakan



Andi Miftahul Hidayat Kamal

ABSTRAK

Andi Miftahul Hidayat Kamal, 2021. “*Studi Efektivitas Tumpuan Balok Kantilever pada Struktur Geladak Kapal*” (dibimbing oleh Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing. dan Hamzah, ST., MT.)

Dalam mendesain suatu kapal perlu dipertimbangkan aspek konstruksi. Salah satu konstruksi yang dapat dijumpai pada kapal general cargo adalah konstruksi kantilever. Konstruksi kantilever merupakan konstruksi yang salah satu ujungnya di jepit dan salah satu ujung lainnya bebas yang memiliki fungsi untuk menggantikan tiang/pilar pada kapal. Konstruksi kantilever pada kapal memiliki plat bilah melengkung yang merupakan penghubung antara plat bilah gading besar dan plat bilah balok geladak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan tegangan yang terjadi apabila plat bilah tersebut berbentuk melengkung atau menyudut. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYSTM*. Pembebanan dilakukan dengan variasi beban sebesar 0,2 x beban maksimum hingga 1,4 x beban maksimum sedangkan variasi pemodelan dibuat dari radius kelengkungan 0 mm hingga 500 mm. Untuk nilai tegangan lentur maksimum pada model melengkung dan menyudut, tegangan lentur maksimum terbesar terjadi pada model melengkung 500 mm dengan nilai tegangan sebesar 123,449 (N/mm²) dan perbedaan tegangan lentur maksimum terbesar terjadi pada model kantilever 100 mm dengan persentase perbandingan sebesar 32,8%. Untuk nilai tegangan geser maksimum pada model melengkung dan menyudut, tegangan geser maksimum terbesar terjadi pada model melengkung 100 mm dengan nilai tegangan sebesar 39,469 (N/mm²) dan perbedaan tegangan geser maksimum terbesar terjadi pada model kantilever 500 mm dengan persentase perbandingan sebesar 25,97%. Dan untuk nilai tegangan equivalent maksimum pada model melengkung dan menyudut, tegangan equivalent maksimum terbesar terjadi pada model melengkung 200 mm dengan nilai tegangan sebesar 165,42 (N/mm²) dan perbedaan tegangan equivalent maksimum terbesar terjadi pada model kantilever 500 mm dengan persentase perbandingan sebesar 25,97%. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa model dengan bentuk kantilever menyudut lebih baik karena memiliki nilai tegangan rata-rata yang relatif rendah daripada model kantilever melengkung.

Kata Kunci : Kantilever, Beban, General Cargo

ABSTRACT

Andi Miftahul Hidayat Kamal, 2021. “*Study on The Effectiveness of Cantilever Beam on The Ship Deck Structures*” (supervised by Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing. and Hamzah, ST., MT.)

In designing a ship, construction aspects need to be considered. One of the constructions that can be found on general cargo ships is cantilever construction with one end clamped and the other free which is used to replace the mast or pillar on the ship. It has a curved blade plate as the connector between deck beam and web frame. This study aims to determine the ratio of stress that occurs when the blade plate was curved and angular. The analysis used the finite element method with ANSYSTM software. The load variation was 0,2 to 1,4 x maximum load and the model variation was from a radius of curvature of 0 mm to 500 mm. For the maximum bending stress value in curved and angular models, the largest value occurs in the 500 mm curved model with a stress value of 123.449 (N/mm²) and the difference of the largest value occurs in the 100 mm cantilever model with a comparison percentage of 32.8%. For the maximum shear stress value in the curved and angular models, the largest value occurs in the 100 mm curved model with a stress value of 39.469 (N/mm²) and the difference of the largest value occurs in the 500 mm cantilever model with a comparison percentage of 25.97%. For the maximum equivalent stress value in curved and angular models, The largest value occurs in the 200 mm curved model with a stress value of 165.42 (N/mm²) and the difference of the largest value occurs in the 500 mm cantilever model with a comparison percentage of 25.97%. Results of the study found that the angular cantilever model was better because it has relatively low stress value than the curved cantilever model.

Keywords : *Cantilever, Load, General Cargo*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah ﷻ yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul adalah “**Studi Efektivitas Tumpuan Balok Kantilever pada Struktur Geladak Kapal**” yang disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Program Sarjana (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam semoga tetap selalu tercurahkan kepada *Rasulullah* Muhammad ﷺ beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini melalui banyak proses dan tantangan, namun dengan penuh kesabaran dan keikhlasan serta bantuan, bimbingan, kritikan dan saran dari berbagai pihak semuanya dapat teratasi. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Selanjutnya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, Ibunda **Andi Darmawati** dan Ayahanda **A. Muh. Kamal Ma'ruf**, yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, mendo'akan, mendukung serta motivasi yang tiada hentinya kepada penulis. Semoga selalu dalam lindungan dan bimbingan Allah ﷻ dan semoga selalu di beri umur panjang hingga penulis mampu untuk membanggakan mereka. Aamin.
2. Ketiga adik saya, adik pertama saya **A. Putri Isnayani Kamal**, adik kedua saya **A. Putri Dzurwah Afifah Kamal**, dan adik ketiga saya **A. Ahmad Yassar Kamal**, saudara yang selalu memotivasi, mendukung, serta membantu saya dalam perkuliahan dan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing**, selaku pembimbing I dan Bapak **Hamzah, ST., MT.**, selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak **Farianto Fachruddin L., ST., MT** dan Ibu **Dr. Eng. Andi Ardianti, ST., MT** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu berkonsultasi dalam tugas akhir ini.
5. Bapak **Abd. Haris Djalante ST., MT**, selaku penasehat akademik penulis yang senantiasa membimbing dan memotivasi selama berkuliah di Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
6. Bapak **Dr. Eng Suandar Baso, ST., MT**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unhas yang senantiasa membantu, membimbing, dan memotivasi kami.
7. Seluruh **Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin** yang tidak bisa disebutkan satu per satu, semoga ilmu dan bimbingan bapak dan ibu membawa berkah dan mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Aamiin.
8. **Seluruh Pegawai/Staf Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin** yang membantu segala urusan administrasi selama kuliah.
9. Teman-teman seperjuangan **Teknik Perkapalan 2014** terutama keluarga besar **ZTRINGER** yang telah berbagi suka dan duka selama berkuliah. Juga kepada senior dan junior di Departemen Teknik Perkapalan yang senantiasa berbagi ilmu dan pengalaman selama proses kuliah.
10. Teman seperjuangan **Labo Struktur 2014**: Ichsan, Ade, Ifhanuddin, dan Putri yang meluangkan waktu dalam berdiskusi mengenai tugas akhir serta selalu memotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini. **Senior dan Junior di Labo Struktur**: Kak Ruslan, Haryono, Dwiki, Afdi, Idhil, Syahrul, Indah, Nisa, Dilla, Melda, Amanul, Farid, Wardi, dkk. Terima kasih telah banyak membantu dalam berdiskusi dan memotivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

11. Teman-teman **KKN Gel 99 Kecamatan Ma'rang, Pangkeng** terutama Posko Induk: Kinan, Indah, Sari, Kris, Dian, dan Umar yang kebersamai perjuangan selama proses KKN. Semoga kita senantiasa dalam kebaikan. Aamiin.
12. Teman-teman seperjuangan selama belajar dan berproses dalam **HMDP FT-UH**, semoga yang saya dapatkan dapat memberikan manfaat yang sebesar-sebesarnya bagi kehidupan.
13. Keluarga **ATLANTIS** terutama Adri, Alvin, Akbar, Aprisal, Taufiq, Melani, Umi, Cica, Ummi, Azzah, Lola, Naya, Mage, Devi, dkk yang selalu memberi semangat, mendo'akan dan menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kita selalu diberi kelimpahan kebaikan oleh Allah SWT. Aamiin.
14. Semua pihak yang telah membantu, dalam bentuk fisik ataupun dalam bentuk doa. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik.

Akhir kata, Semoga proses belajar dan tugas akhir ini diridhoi dan diberkahi oleh Allah SWT.

Aamiin

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Kapal General Cargo	4
2.2. Konstruksi Kapal General Cargo	5
2.2.1. Konstruksi Melintang Kapal	6
2.2.2. Cantilever	9
2.3. Beban Pada Geladak Cuaca.....	11
2.4. Tegangan - Regangan.....	11
2.4.1. Tegangan	12
2.4.2. Regangan	13
2.4.3. Hubungan Tegangan dan Regangan.....	13
2.5. Tegangan Izin.....	14
2.6. <i>Stress Ratio</i>	15

2.7.	Metode Elemen Hingga.....	15
2.7.1.	Tipe-Tipe Elemen Dalam Metode Elemen Hingga.....	16
2.8.	Ansys TM	17
BAB III	METODE PENELITIAN.....	18
3.1.	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2.	Teknik Pengumpulan Sumber Data.....	18
3.2.1.	Teknik Pengambilan Data.....	18
3.2.2.	Jenis Data dan Sumber Data.....	18
3.3.	Tenik Analisa Data.....	19
3.4.	Kerangka Pikir.....	21
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1.	Perhitungan Beban Geladak Kapal.....	24
4.1.1.	Beban Merata Pada Pelat Geladak Kapal.....	24
4.1.2.	Beban Terpusat Pada Ambang Palka.....	24
4.2.	Variasi Pembebanan.....	24
4.3.	Model Kantilever.....	25
4.3.1.	Kantilever Model Melengkung.....	25
4.3.2.	Kantilever Model Menyudut.....	26
4.4.	Hasil Analisa Tegangan.....	27
4.4.1.	Kantilever Model Melengkung.....	27
4.4.2.	Kantilever Model Menyudut.....	34
4.5.	Perbandingan Tegangan Tiap Model.....	38
4.5.1.	Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Melengkung.....	38
4.5.2.	Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Melengkung.....	39
4.5.3.	Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Melengkung.....	41
4.5.4.	Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Menyudut.....	43

4.5.5.	Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Menyudut	44
4.5.6.	Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Kantilever Model Menyudut	46
4.6.	Perbandingan Tegangan Kantilever Model Melengkung dan Menyudut	47
BAB V	PENUTUP	50
5.1.	Kesimpulan.....	50
5.2.	Saran.....	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Beban Geladak Pada Kantilever Tanpa Radius	27
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Beban Geladak Pada Kantilever Lengkung 100 mm	30
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Beban Geladak Pada Kantilever Menyudut 100 mm	34
Tabel 4.4. Persentase Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum pada Pembebanan 100%	45
Tabel 4.5. Persentase Perbandingan Tegangan Geser Maksimum pada Pembebanan 100%	46
Tabel 4.6. Persentase Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum pada Pembebanan 100%	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	General Cargo.....	4
Gambar 2.2.	Bentuk struktur kapal cargo single deck	5
Gambar 2.3.	Bentuk struktur kapal cargo tween deck	5
Gambar 2.4.	Kapal kargo yang dipasang berbagai kombinasi crane	6
Gambar 2.5.	Midship kapal kargo yang dilengkapi 2 penutup palka.....	6
Gambar 2.6.	Diagram Tegangan dan Regangan Material Baja.....	13
Gambar 2.7.	Elemen 1 dimensi	16
Gambar 2.8.	Elemen 2 Dimensi Segitiga dan Segiempat.....	16
Gambar 2.9.	Elemen 3 Dimensi Tetrahedra dan Balok.....	17
Gambar 3.1.	Gambar penampang melintang (<i>midship</i>) kapal general cargo	19
Gambar 3.2.	Salah satu model balok kantilever yang dimodelkan	20
Gambar 3.3.	Pengekangan yang dilakukan pada salah satu model kantilever	21
Gambar 3.4.	Model yang sudah bisa di running dengan tanda “ <i>solution is done</i> ”	22
Gambar 3.5.	Kerangka Pikir.....	23
Gambar 4.1.	Kantilever model melengkung	25
Gambar 4.2.	Cara pengukuran variasi model pada kantilever model melengkung	26
Gambar 4.3.	Kantilever model menyudut	26
Gambar 4.4.	Cara pengukuran variasi model pada kantilever model menyudut	27
Gambar 4.5.	Tegangan Lentur yang terjadi pada model kantilever tanpa radius dengan pembebanan 100%	28
Gambar 4.6.	Tegangan Geser maksimum yang terjadi pada model kantilever tanpa radius dengan pembebanan 100%.....	29
Gambar 4.7.	Tegangan Equivalent maksimum yang terjadi pada model kantilever tanpa radius dengan pembebanan 100%.....	29

Gambar 4.8. Tegangan Lentur maksimum yang terjadi pada model kantilever melengkung 500 mm dengan pembebanan 100%	32
Gambar 4.9. Tegangan Equivalent maksimum yang terjadi pada model kantilever melengkung 500 mm dengan pembebanan 100% ...	33
Gambar 4.10. Tegangan Equivalent maksimum yang terjadi pada model kantilever melengkung 500 mm dengan pembebanan 100% ...	33
Gambar 4.11. Tegangan Lentur maksimum yang terjadi pada model kantilever menyudut 500 mm dengan pembebanan 100%	36
Gambar 4.12. Tegangan Geser maksimum yang terjadi pada model kantilever menyudut 500 mm dengan pembebanan 100%	37
Gambar 4.13. Tegangan Equivalent maksimum yang terjadi pada model kantilever menyudut 500 mm dengan pembebanan 100%	37
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Melengkung.....	38
Gambar 4.15. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Melengkung.....	38
Gambar 4.16. Grafik Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Melengkung.....	39
Gambar 4.17. Grafik Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Melengkung.....	40
Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Melengkung.....	41
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Melengkung.....	41
Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Menyudut	43
Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Menyudut	43
Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Menyudut	44

Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Tegangan Geser Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Menyudut	45
Gambar 4.24. Grafik Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Model Kantilever Menyudut	46
Gambar 4.25. Grafik Perbandingan Tegangan Equivalent Maksimum Tiap Variasi Pembebanan pada Model Kantilever Menyudut	46
Gambar 4.26. Grafik Perbandingan Tegangan Maksimum Tiap Variasi Pada Kondisi Pembebanan 100%	47

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : GAMBAR *MIDSHIP*
LAMPIRAN B : TABEL HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam hal pembangunan kapal, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Salah satunya yaitu konstruksi dari kapal tersebut. Bicara mengenai konstruksi pada kapal, tentunya sangat berbahaya jika konstruksi suatu kapal mengalami kegagalan. Kegagalan suatu konstruksi dapat berdampak pada kekuatan kapal yang bisa menimbulkan kerugian besar. Oleh sebab itu, konstruksi kapal haruslah sangat kuat agar dapat menciptakan keamanan dan kenyamanan dalam berlayar.

Bicara mengenai konstruksi kapal, ada salah satu konstruksi kapal yang perlu diperhatikan yaitu Konstruksi Kantilever pada kapal. Biasanya konstruksi kantilever pada kapal dapat di jumpai pada kapal general cargo. Mengingat bahwa konstruksi kantilever merupakan konstruksi yang salah satu ujungnya di jepit dan satunya lagi bebas, maka konstruksi ini biasanya terdapat pada bagian kapal yang terhubung pada bagian bukaan palka kapal general cargo.

Konstruksi kantilever tersendiri pada kapal mengganti fungsi dari tiang (pilar). Dengan adanya konstruksi ini, maka ruangan pada lambung kapal akan semakin luas, terutama pada bagian ruang muat. Tentunya hal tersebut adalah hal yang sangat menguntungkan pada kapal general cargo. Namun, perlu diketahui bahwa konstruksi kantilever dapat terjadi defleksi yang besar karena tak ada yang menopang ujung dari konstruksi tersebut. Semakin besar defleksi yang terjadi, maka semakin besar pula perkuatan yang harus di berikan pada konstruksi tersebut agar tidak terjadi deformasi.

Pada kantilever, bracket tidak digunakan pada konstruksi ini. Konstruksi ini menggabungkan antara balok geladak dan gading besar, sehingga akan muncul sudut pertemuan antara balok geladak dan gading besar. Untuk meneruskan tegangan yang terjadi, pada sudut pertemuan itu di buatlah radius kelengkungan

yang menjadi pengganti bracket sehingga tegangan dapat menerus sepanjang bilah gading besar. Peran dari besarnya kelengkungan inilah yang menjadi point penting pada konstruksi kantilever.

Oleh karena itu, untuk mengetahui pengaruh dari kekuatan radius kelengkungan pada desain kantilever, maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Studi Efektivitas Tumpuan Balok Kantilever Pada Struktur Geladak Kapal”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat dari uraikan latar belakang, maka diperoleh beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh radius kelengkungan dan menyudut pada struktur kantilever terhadap tegangan yang terjadi akibat beban pada geladak kapal?
2. Bagaimana perbedaan tegangan yang terjadi antara desain kantilever yang melengkung dan menyudut akibat beban pada geladak kapal?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini mengacu pada konstruksi kantilever pada kapal general cargo.
2. Penelitian dilakukan terhadap efektivitas dari radius kelengkungan pada konstruksi kantilever.
3. Desain yang diteliti yaitu desain kantilever melengkung dan menyudut.
4. Desain dari radius kelengkungan dan menyudut pada konstruksi kantilever akan divariasikan.
5. Pembebanan hanya dilakukan pada geladak kapal dan akan divariasikan.
6. Plat pada setiap model variasi akan disamakan ketebalannya.
7. Masalah ekonomi dan produksi tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaan kekuatan radius melengkung dan menyudut pada konstruksi kantilever general cargo.

2. Mengetahui pengaruh perubahan ukuran radius melengkung dan menyudut pada konstruksi kantilever general cargo.
3. Mengetahui ukuran radius yang ideal yang sesuai dengan konstruksi kantilever general cargo.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan konstruksi kantilever pada kapal general cargo.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Di sini diuraikan latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian diantaranya, gambaran umum mengenai konstruksi kantilever, tegangan-regangan, dan Metode Elemen Hingga.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan metode yang akan digunakan untuk memperoleh hasil dari penelitian dan teknik analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu perhitungan respon radius elengkungan dan menyudut pada konstruksi kantilever.

BAB IV PENUTUP

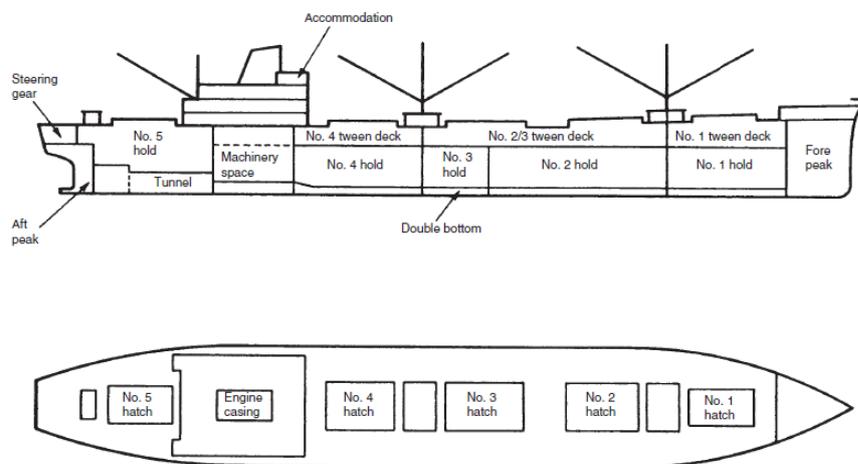
Berisikan simpulan dari hasil penelitian dan saran bagi para pembaca.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal General Cargo

Kapal General Cargo adalah kapal yang memiliki fungsi mengangkut dan memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat lain. Kapal General Cargo adalah kapal yang mengangkut muatan berupa barang, karena kapal cargo ini termasuk dalam jenis kapal barang, sehingga syarat-syarat yang diperlukan oleh suatu kapal laut berlaku pula untuk kapal General Cargo. Namun demikian berbeda dengan jenis kapal lainnya seperti Kapal ikan dan Kapal Tanker mempunyai fungsi operasional yang berbeda. Kapal General Cargo digunakan untuk mengangkut barang. Dengan demikian, konstruksi dan desain kapal General Cargo berbeda dengan konstruksi Kapal Ikan maupun Kapal Tanker. (Suryansyah, 2016)



(Sumber : Molland, 2008)

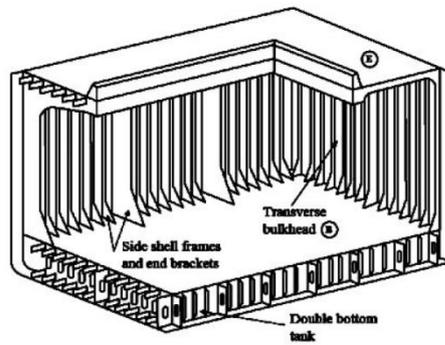
Gambar 2.1 General Cargo

Dalam dunia perkapalan, muatan cargo dibedakan menjadi muatan curah dan muatan yang dikemas. Gambar 2.1 menunjukkan desain kapal yang membawa berbagai muatan kargo. Kapal kargo biasanya memiliki beberapa ruang muat yang luas. Satu atau dua deck biasanya ada dalam ruang muat tersebut yang dikenal dengan tween deck yang membuat kapal menjadi lebih fleksibel dalam bongkar

muat serta berpengaruh pada peningkatan stabilitas. Akses ke ruang muat pada bukaan di deck disebut dengan palka. (Molland, 2008)

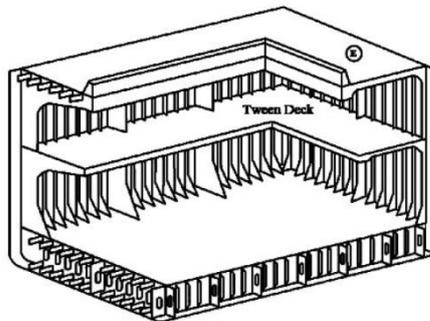
2.2 Konstruksi Kapal General Cargo

Konstruksi Kapal General Cargo biasanya ada yang menggunakan single deck dan ada yang menggunakan tween deck. Gambar 2.2 menunjukkan susunan structural dari kapal kargo yang memiliki single deck dan gambar 2.3 menunjukkan bentuk struktur dari kapal kargo yang menggunakan tween deck. (Shama, 2013)



(Sumber : Shama, 2013)

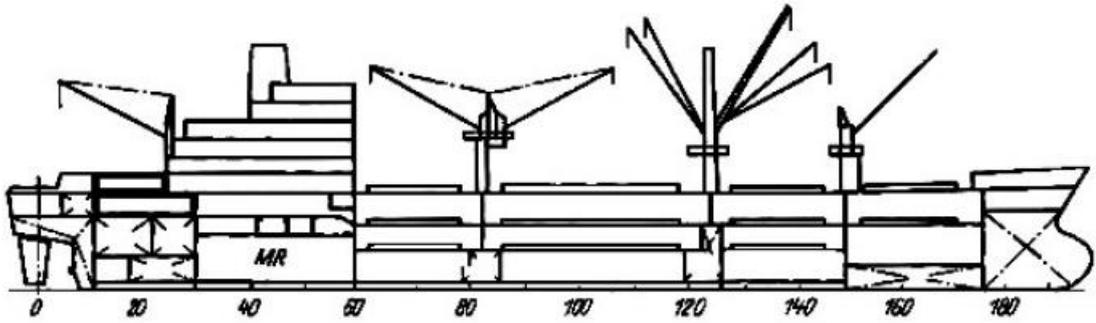
Gambar 2.2 Bentuk struktur kapal cargo single deck



(Sumber : Shama, 2013)

Gambar 2.3 Bentuk struktur kapal cargo tween deck

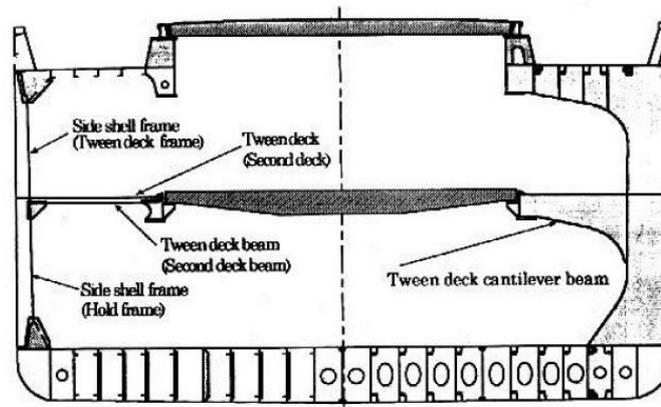
Kapal general cargo biasanya dirancang dengan memiliki crane tersendiri guna mempermudah dalam melakukan proses bongkar muat. Gambar 2.4 menunjukkan berbagai kombinasi dari crane yang biasanya terpasang pada kapal kargo. Saat ini, telah banyak kapal modern yang rancang memiliki crane tersendiri guna mengurangi waktu pada saat melakukan bongkar muat. Crane biasanya digunakan untuk mencakup satu sampai dua palka sekaligus. (Shama, 2013)



(Sumber : Shama, 2013)

Gambar 2.4 Kapal kargo yang dipasangi berbagai kombinasi crane.

Kapal kargo pada umumnya untuk saat memiliki ukuran kisaran 2000 hingga 20.000 ton DWT dengan panjang mulai dari 80 m hingga 160 m dan kecepatan mulai dari 12 - 18 knot. Kapal kargo dirancang untuk dapat berlayar selama 25 hingga 30 tahun. Pada bagian deck dari kapal kargo di pasang bukaan yang biasa disebut Hatch. Perhatikan Gambar 2.5. Lubang palka dibuat sejajar dengan side girder dengan mempertimbangkan kekuatannya. Penutup palka di buat kedap air dan pasang di atas lubang palka dan ditutup ketika kapal sedang berlayar. (Shama, 2013)



(Sumber : Shama, 2013)

Gambar 2.5 Midship kapal kargo yang dilengkapi 2 penutup palka.

2.2.1. Konstruksi Melintang Kapal

Struktur melintang kapal menggunakan konstruksi melintang dengan beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat geladak dan diuraikan pada hubungan-hubungan kaku/balok-balok kapal memanjang dari kapal dengan pertolongan balok-balok melintang kapal. Tumpuan kaku untuk balok-balok

melintang dasar (*wrang*) ialah lambung kapal, dinding-dinding sekat memanjang, dan penumpu tengah (*center girder*). Beban konstruksi geladak dilanjutkan dengan pertolongan balok melintang dari rangka geladak (*beam*/balok geladak) ke hubungan kaku yaitu lambung kapal dan dinding sekat memanjang. Beban dari konstruksi lambung dilanjutkan ke geladak dan dasar kapal dengan pertolongan balok-balok melintang yaitu gading-gading (*frame*). (Rosyid, 2000).

Konstruksi melintang kapal terdiri atas gading-gading sebagai tempat melekatnya kulit kapal dan diperkuat dengan balok sisi (*side stringer*). Pemasangan konstruksi melintang ini, gading-gading dibentuk berputar dan ditutupi pelat kulit dan ditumpu oleh *side stringer* yang dipasang memanjang.

Komponen-komponen konstruksi melintang kapal sebagai berikut :

1. Balok geladak (*deck beam*)

Balok geladak (*deck beam*) dipasang kearah melintang berfungsi untuk menerima beban yang bekerja pada geladak muatan dan memindahkan ke gading-gading sehingga gading-gading tidak melengkung arah ke dalam atau ke luar akibat adanya tekanan air atau gaya-gaya lain yang bekerja pada sisi kapal. Balok geladak harus mampu menahan geladak sebanyak mungkin beserta muatan di atasnya, balok-balok geladak harus cukup tegar agar tidak melentur ke bawah dan sebagai penguat melintang. Jika geladak mendapat beban yang lebih berat, maka balok geladak juga harus diperkuat secara sebanding (Rosyid,2000).

Faktor terpenting yang berpengaruh terhadap ukuran balok geladak yaitu tipe geladak (geladak muatan, geladak antara, geladak akomodasi), lebar maksimum kapal (B), jarak antara balok geladak, tipe balok geladak, muatan pada atau di bawah geladak, panjang maksimum balok geladak yang tidak ditumpu.

Struktur geladak utama kapal, terdiri dari balok geladak (*deck beam*), pelintang geladak (*deck transverse*), penumpu (*girder*). Balok geladak harus dipasang pada tiap-tiap jarak agar pelat geladak tidak mengalami lekukan. Pelintang geladak (*deck transverse*) merupakan balok penumpu yang dipasang secara melintang yang biasanya dipasang pada tiap tiga atau empat jarak gading-gading pada gading besar (*web frame*) agar pelat geladak tidak mengalami lekukan. Pelintang geladak dipasang pada tiap-tiap gading besar (*web frame*)

dengan memakai pelat lutut (*bracket*) dan penumpu geladak, terletak pada pelat geladak dan berfungsi untuk menumpu geladak.

2. Gading-gading (*frame*)

Dalam sistem rangka konstruksi melintang, gading-gading dibentuk berputar melintang dan ditutupi pelat kulit serta ditumpu oleh *side stringer* dipasang memanjang yang berpengaruh dalam penentuan modulus penampang gading-gading. Gading-gading dalam konstruksi kapal yaitu gading utama (*main frame*) dan gading besar (*web frame*).

Gading utama, merupakan gading yang membentang dari dasar sampai ke geladak terendah dan jika kapal mempunyai lebih dari tiga geladak, maka sekurang-kurangnya sampai ke geladak di atas geladak terbawah dan dalam arah memanjang terpasang disetiap jarak gading normal. Gading utama membentuk profil L.

Gading besar (*web frame*), merupakan penegar-penegar sebagai penguat pelat lambung. *Web frame* berfungsi sebagai penerus gaya-gaya atau beban yang diterima oleh pelat sisi untuk disalurkan ke konstruksi dasar, terutama pada sistem rangka konstruksi melintang. Jarak gading-gading besar tidak lebih dari 5 jarak gading utama. Gading besar membentuk profil T. (Yusuf, 2008).

Ukuran (*scantling*) pada struktur melintang kapal ditentukan dengan peraturan BKI Jilid 1 Edisi 2014 yaitu :

1. Balok geladak (*deck beam*)

Modulus penampang balok geladak tidak boleh kurang dari :

$$W = c \times a \times P_D \times l^2 \times k \quad (\text{cm}^3) \quad (2.1)$$

Keterangan:

c = 0,75 (untuk balok dan girder) P_D = beban geladak cuaca (kN/m^2)

a = jarak antar gading (m) l = panjang tak ditumpu (m)

$$= \frac{LBP}{500} + 0,48$$

k = 1,0 untuk materil baja

2. Balok pelintang geladak (*transverse deck beam*)

Modulus penampang balok pelintang geladak :

$$W = c \times a \times P \times l^2 \times k \text{ (cm}^3\text{)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

c = 0,75 (untuk balok dan girder) l = panjang tak ditumpu (m)

P = beban geladak cuaca (kN/m²) k = 1,0 untuk materil baja

3. Gading utama (*main frame*)

Modulus penampang gading utama :

$$W_R = n \times c \times a \times l^2 \times P \times c_r \times k \text{ (cm}^3\text{)} \quad (2.3)$$

Keterangan:

n = 0,7 (untuk kapal dengan L ≤ 100 m)

c = 0,65 c_r = 0,75

P = P_s = Beban luar sisi kapal tiap geladak (kN/m²)

4. Gading besar (*web frame*)

Modulus penampang gading besar :

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n \times k \text{ (cm}^3\text{)} \quad (2.4)$$

Keterangan:

e = jarak antara gading besar (m)

n = 1,0 l = panjang tak ditumpu tiap geladak (m)

2.2.2. Cantilever

Kantilever adalah suatu konstruksi yang ide awalnya demi untuk menggantikan konstruksi penopang (*pillar*) pada ruangan-ruangan di kapal agar kondisi ruangan lebih leluasa dan dari segi ergonominya juga dirasa lebih nyaman pandangannya. Ruangan-ruangan yang menggunakan pillar dan diganti alternatif lain yaitu menggunakan kantilever antara lain yaitu bangunan atas kapal, ruangan-ruangan palka, *engine casing* dan ruangan yang lain dimana terdapat lubang bukaan di atasnya.

Pada hakekatnya konstruksi kantilever fungsinya sama dengan pelintang balok pada kapal yaitu gading besar di bagian sisi/lambung kapal yang dihubung balok geladak besar oleh lutut (*knee*). Yang membedakan konstruksi kantilever dan pelintang penumpu geladak kapal yaitu cara merencanakan dan betuk konstruksinya. Untuk menahan momen lentur dari beban pada kapal, maka penggunaan cantilever mendukung pada pemasangan girder, hatcway coaming, dan engine casing. Namun, tidak mendukung pada bagian deck yang terhubung pada balok geladak, gading utama, gading besar, dan kulit dari kapal.

Untuk menentukan besar dimensi scantling pada desain cantilever, maka harus diambil pertimbangan bahwa momen lentur kantilever tergantung pada kapasitas beban kantilever. Kapasitas beban tergantung pada rasio kekakuan kantilever yang sesuai dengan bagian yang didukung oleh kantilever. Hal tersebut dapat di tentukan dengan persamaan berikut: (BKI, 2014)

Ketika menentukan scantling kantilever, maka tegangan yang dizinkan harus memperhatikan:

- a. Ketika cantilever dipasang tunggal dengan jarak yang jauh:

Tegangan lentur:

$$\sigma_b = \frac{125}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2.5)$$

Tegangan geser:

$$\tau = \frac{80}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2.6)$$

- b. Ketika beberapa cantilever dipasang dengan jarak yang berdekatan (misalnya di setiap frame):

Tegangan lentur

$$\sigma_b = \frac{125}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2.7)$$

Tegangan geser:

$$\tau = \frac{80}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2.8)$$

Persamaan tegangan

$$\sigma_v \leq \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = \frac{180}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2.9)$$

2.3 Beban pada geladak cuaca

Beban pada geladak cuaca ditentukan sesuai dengan rumus berikut :

$$p_D = p_0 \frac{20 \cdot T}{(10+z-T)H} c_D \quad [\text{kN/m}^2] \quad (2.10)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} p_0 &= \text{beban luar dinamis dasar.} \\ &= 2,1 \cdot (CB + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f \quad [\text{kN/m}^2] \end{aligned} \quad (2.11)$$

untuk arah gelombang berlawanan atau searah dengan arah laju kapal.

$$p_{01} = 2,6 \cdot (CB + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (2.12)$$

untuk arah gelombang melintang terhadap arah maju kapal.

z = jarak vertikal pusat beban konstruksi di atas garis dasar [m]

H = Tinggi kapal [m]

T = Sarat kapal [m]

c_D = faktor distribusi sesuai Tabel 2.1

Daerah		Faktor c_D	Faktor c_F
A	$0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$	$1,2 - \frac{x}{L}$	$1,0 + \frac{5}{cb} \left(0,2 - \frac{x}{L}\right)$
M	$0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$	1,0	1,0
F	$0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	$1,0 + \frac{c}{3} \left(\frac{x}{L} - 0,7\right)$	$1,0 + \frac{20}{cb} \left(\frac{x}{L} - 0,7\right)^2$

(Sumber : BKI, 2014)

2.4 Tegangan – Regangan

Tegangan dan regangan adalah konsep yang penting pada peninjauan baik kekuatan maupun kekakuan. Keduanya merupakan konsekuensi yang tidak dapat dipisahkan dari bekerjanya suatu bahan struktur. Tegangan dapat dianggap sebagai suatu energi yang menahan beban, sedangkan regangan adalah ukuran deformasi yang terjadi sebagai akibat tegangan.

2.4.1 Tegangan

Tegangan didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja per satuan luas. Ada dua tipe tegangan : tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal (σ) merupakan ukuran dari gaya normal atau gaya aksial per satuan luas. (Patnaik, 2004)

Secara matematis definisi tersebut dapat ditulis sebagai :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.13)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/mm^2) A = Luas penampang (mm^2)
 F = Gaya yang bekerja atau beban (N)

Tegangan geser (τ) merupakan ukuran dari gaya geser per satuan luas (Patnaik, 2004)

Secara sistematis definisi tersebut dapat dtulis sebagai :

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (2.14)$$

Keterangan :

τ = Tegangan Geser (N/mm^2)
 V = Komponen gaya yang sejajar dengan bidang elementer (N)
 A = Luas bidang (mm^2)

Tegangan lentur terjadi pada suatu elemen jika gaya luar menyebabkan momen lentur bekerja di penampang. Bedarnya teanga lentur bervariasi dalam setiap penampang. Besarnya tegangan lentur di suatu titik dalam elemen tergantung pada empat faktor, yaitu momen lentur pada penampang dimana titik itu berada, ukuran penampang, bentuk penampang dan tempat titik itu di dalam penampang.

Secara sistematis definisi tersebut dapat dtulis sebagai :

$$\sigma = \frac{M}{w} \quad (2.15)$$

Keterangan :

σ = Tegangan lentur (N/mm^2)

semual (hampir kembali ke kondisi semula), regangan kembali padaptitik 0. Tetapi beban ditarik sampai melewati titik σ_p , hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari material tersebut.

2). Titik luluh (batas proportional)

Titik luluh merupakan titik dimana suatu material apabila diberi suatu beban memasuki fase oeralihan deformasi plastis. Titik luluh (batas propostional) yaitu titik sampai dimana poenerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Dalam aplikasinya, batas proportional biasanya disamakan dengan batas elastis.

3). Deformasi plastis (*plastic deformation*)

Deformasi plastis merupakan perubahan bentuk secara permanen yang terjadi pada pmaterial apabila diberi beban yang menyebabkan tertarik sampai bata proportionalnya.

4). *Ultimate Tensile Strength* (UTS)

Ultimate Tensile Strength (UTS) merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

5). Titik putus (*fracture*)

Titik putus (*fracture*) merupakan besar tegangan dimana bahan yang diuji putus atau patah.

2.5 Tegangan Izin

Tegangan izin adalah tegangan tertinggi yang diizinkan dalam suatu konstruksi atau dapat dikatakan sebagai tegangan maksimum yang terjadi dalam suatu konstruksi yang tidak diperkenankan untuk dilampaui. Secara khusus tegangan izin ditentukan oleh BKI (2014), bahwa tegangan izin yang bekerja tidak boleh melewati:

$$\text{Tegangan} = \frac{150}{k} \text{ [N/mm}^2 \text{] ; dengan k = faktor baja} \quad (2.17)$$

Baja struktur lambung adalah baja yang mempunyai nominal nilai luluh atas minimal (*yield point*) REH 235 N/m² dan kekuatan tarik (*tensile strength*) R_m 400 – 520 N/m². (BKI, 2014)

2.6 *Stress Ratio*

Stress Ratio adalah perbandingan antara tegangan kerja yang diperoleh dari truktur kapal dengan tegangan izin BKI yaitu 150 N/mm^2 . Nilai dari perbandingan tegangan tidak boleh melebihi 1 (satu) atau dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$Sr = \frac{\sigma_{\text{kerja}}}{\sigma_{\text{izin}}} < 1 \quad (2.18)$$

2.7 *Metode Elemen Hingga*

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala phisis. Tipe masalah teknik dan matematis phisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga yaitu analisis struktur dan non struktur. Tipe permasalahan analisis truktur meliputi analisis tegangan ,buckling, dan analisis getaran sedangkanyang non struktur melliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi potensial listrik dan magnet. Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi : (Susatio, 2004)

1. Analisa tegangan/*Stress*, meliputi analisa *Truss* dan *Frame* serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi.
2. *Buckling*.
3. Analisa getaran.

Dalam persoalan-persoalan yang menyangkut geometri yang rumit, seperti persoalan pembebanan terhadap struktur yang kompleks, pada umumnya sulit dipecahkan melalui matematika analisis. Hal ini disebabkan karena matematika analisis memerlukan besaran atau harga yang harus diketahui pada setiap titik pada struktur yang dikaji. (Susatio, 2004)

Penyelesaian analisis dari suatu persamaan diferensial suatu geometri yang kompleks, pembebanan yang rumit, tidak mudah diperoleh, Formulasi dari metode elemen hingga dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini. (Susatio, 2004)

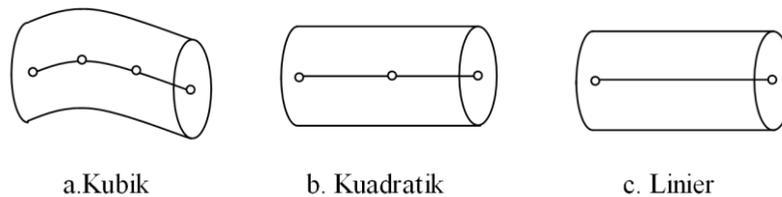
Metode ini akan mengadakan pendekatan terhadap harga-harga yang tidak diketahui pada setiap titik secara diskrit. Dimulai dengan pemodelan dari suatu benda dengan membagi-bagi dalam bagian yang kecil yang secara keseluruhan masih mempunyai sifat yang sama dengan benda yang utuh sebelum terbagi dalam bagian yang kecil (diskritisasi), (Susatio, 2004)

2.7.1 Tipe-Tipe Elemen Dalam Metode Elemen Hingga

Terdapat berbagai tipe bentuk elemen dalam metode elemen hingga yang dapat digunakan untuk memodelkan kasus yang akan dianalisis, yaitu:

a. Elemen satu dimensi

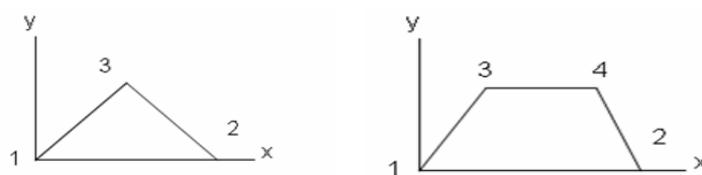
Elemen satu dimensi terdiri dari garis (line). Tipe elemen ini yang paling sederhana, yakni memiliki dua titik nodal, masing-masing pada ujungnya, disebut elemen garis linier. Dua elemen lainnya dengan orde yang lebih tinggi, yang umum digunakan adalah elemen garis kuadratik dengan tiga titik nodal dan elemen garis kubik dengan empat buah titik nodal.



Gambar 2.7 Elemen 1 dimensi

b. Elemen dua dimensi

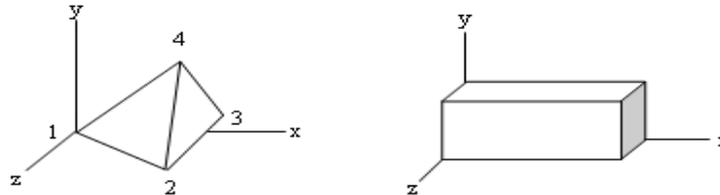
Elemen dua dimensi terdiri dari elemen segitiga (triangle) dan elemen segiempat (quadrilateral). Elemen orde linier pada masing-masing tipe ini memiliki sisi berupa garis lurus, sedangkan untuk elemen dengan orde yang lebih tinggi dapat memiliki sisi berupa garis lurus, sisi yang berbentuk kurva ataupun dapat pula berupa kedua-duanya.



Gambar 2.8 Elemen 2 Dimensi Segitiga dan Segiempat

c. Elemen tiga dimensi

Elemen tiga dimensi terdiri dari elemen tetrahedron dan elemen balok.



Gambar 2.9 Elemen 3 Dimensi Tetrahedra dan Balok

2.8 Ansys™

ANSYS™ adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis berbagai macam struktur, aliran fluida, dan perpindahan panas dari *software* analisis yang lain yaitu NASTRAN, CATIA, Fluent dan yang lain (Pinem, 2013).

Secara umum penyelesaian elemen hingga menggunakan ANSYS™ dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

- *Preprocessing*: pendefinisian masalah

Langkah umum dalam *preprocessing* terdiri dari (i) mendefinisikan *keypoint/lines/areas/volume*, (ii) mendefinisikan tipe elemen dan bahan yang digunakan/sifat geometrik, dan (iii) mesh *lines/areas/volumes* sebagaimana dibutuhkan. Jumlah detail yang dibutuhkan akan tergantung pada dimensi daerah yang dianalisis, ie., 1D, 2D, axisymmetric dan 3D. .

- *Solution*: assigning loads, constraints, and solving

Di sini, perlu menentukan beban (titik atau tekanan), constraints (translasi dan rotasi) dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan yang telah diset.

- *Postprocessing*: further processing and viewing of the results

Pada tahap *Postprocessing* dapat dilihat (i) daftar displacement nodal, (ii) elemen gaya dan momen, (iii) defleksi bidang, dan (iv) *stress contour diagrams* atau *temperature maps*.