



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI GELADAK *CORRUGATED*
DENGAN *STRONG BEAM* PADA *LONGITUDINAL FRAMING*
SYSTEM KAPAL TANKER 17.500 DWT**

AL-TAQNA ADAM WIJAYA
NRP 4215 105 009

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji M. M, M. Sc.

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME 141501

STRENGTH ANALYSIS OF CORRUGATED DECK CONSTRUCTION WITH STRONG BEAM ON LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM TANKER SHIP 17.500 DWT

AL-TAQNA ADAM WIJAYA
NRP 4215 105 009

Academic Supervisor
Ir. Amiadji M. M, M. Sc.

Departement of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI GELADAK CORRUGATED DENGAN STRONG BEAM PADA LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM KAPAL TANKER 17.500 DWT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AL TAQNA ADAM WIJAYA
NRP 4215105 009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Amiadji M. M, M. Sc.

()

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI GELADAK CORRUGATED DENGAN STRONG BEAM PADA LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM KAPAL TANKER 17.500 DWT

TUGAS AKHIR

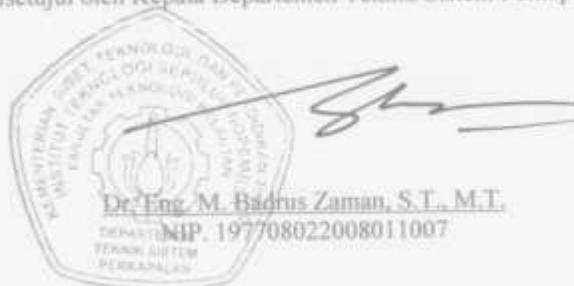
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AL TAQNA ADAM WIJAYA
NRP 421510 5009

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI GELADAK CORRUGATED DENGAN STRONG BEAM PADA LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM KAPAL TANKER 17.500 DWT

Nama Mahasiswa : Al Taqna Adam Wijaya
NRP : 4215105009
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing:
1. Ir. Amiadji M. M, M. Sc.

ABSTRAK

Sistem konstruksi kapal pada umumnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu sistem konstruksi melintang, sistem konstruksi membujur dan sistem konstruksi kombinasi. Pada kapal tanker yang konstruksinya merupakan konstruksi tipe membujur pada bagian deck diperkuat oleh pembujur geladak (deck longitudinal). Penulis melakukan inovasi dengan mengubah deck longitudinal dan deck floor menjadi corrugated floor dibagian deck yang berfungsi sebagai pemberi kekuatan pembujur kapal. Adanya perubahan pada konstruksi deck akan mempengaruhi kekuatan kapal sehingga perhitungan kekuatan konstruksi perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara konstruksi keduanya. Dalam kajian analisa akan dibahas mengenai tiga yaitu besarnya nilai perbandingan masing beban yang diterima, displacement, modulus dari konstruksi corrugated floor. Kajian kedua perbandingan berat konstruksi deck longitudinal dan corrugated floor, serta kajian yang terakhir yaitu tentang efisiensi corrugated floor tersebut berdasarkan keuntungan dan kerugian masing-masing. Dalam melakukan analisa kekuatan atau pengujian kekuatan konstruksi maka dilakukan simulasi menggunakan program solidwork. Dari hasil analisa kekuatan konstruksi Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model dengan beban statis dan variasi nilai beban dinamis dari nilai persentase beban statis maka diperoleh nilai Pembebanan Statis Hasil analisa konstruksi Deck Longitudinal Model Max. Stress=183.999.726 N/m², Displacement=1.93181 mm, Strain= 0.0113813, FOS=1.36, Hasil analisa konstruksi Corrugated Deck Model :Max. Stress =2.287.317,8 N/m², Displacement= 0.260966 mm, Strain =0.00161214 FOS= 104.889. Pembebanan Dinamis Hasil analisa konstruksi diambil sampel nilai beban dinamis yang paling tinggi pada kedua konstruksi. Hasil analisa konstruksi Deck Longitudinal Model Max. Stress=1.64245 x10⁸ N/m², Displacement=198.432 mm, Strain=0.0065362, Hasil analisa konstruksi Corrugated Deck Model Max. Stress=433891 N/m², Displacement=0.376273 mm, Strain=5.26406 x 10⁻⁶. Untuk analisa hasil berat konstruksi diperoleh b nilai berat konstruksi Corrugated Deck Model sebesar 61971 kg untuk dengan ketebalan pelat 13 mm dan volume konstruksi 7.894 m³ dan berat konstruksi Deck Longitudinal Model sebesar 72136.2 kg untuk dengan ketebalan pelat 15 mm dan volume konstruksi 9.18933 m³.

Kata kunci: *longitudinal framing system, corrugated plate, stress, strain, displacement, solidwork*

Halaman ini sengaja dikosongkan

STRENGTH ANALYSIS OF CORRUGATED DECK CONSTRUCTION WITH STRONG BEAM ON LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM TANKER SHIP 17.500 DWT

Nama Mahasiswa : Al Taqna Adam Wijaya
NRP : 4215105009
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing:
1. Ir. Amiadji M. M, M. Sc.

ABSTRACT

The ship construction system is generally divided into three type : transverse construction system, longitudinal construction system and combination construction system. In tankers whose construction is a longitudinal type construction on the deck portion is reinforced by deck length deck longitudinal decks. The author innovated by changing the deck longitudinal and deck floor into corrugated floor section of the deck that serves as a giver of longitudinal force of the ship. Any change in the construction of the deck will affect the strength of the ship so that the calculation of the strength of construction should be done to determine the difference between the two constructions. In the analysis study will be discussed about the three values of the ratio of each load received, displacement, modulus of corrugated floor construction. The second study comparing the weight of longitudinal and corrugated floor deck construction, and the last review is about the corrugated floor efficiency based on the advantages and disadvantages of each. In performing strength analysis or strength of construction test, simulation is done using solidwork program. From result of analysis of construction strength Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model with static load and variation of dynamic load value from value of static load percentage hence obtained value of static loading Result of construction analysis of Deck Longitudinal Model Max. Stress = 183.999.726 N / m², Displacement = 1.93181 mm, Strain = 0.0113813, FOS = 1.36, Result of construction analysis Corrugated Deck Model: Max. Stress = 2.287.317,8 N / m², Displacement = 0.260966 mm, Strain = 0.00161214 FOS = 104.889. Dynamic loading The result of construction analysis is taken by sampling the highest dynamic load value in both constructions. Result of construction analysis of Deck Longitudinal Model Max. Stress = 1.64245 x10⁸ N / m², Displacement = 198.432 mm, Strain = 0.0065362, Results of construction analysis Corrugated Deck Model Max. Stress = 433891 N / m², Displacement = 0.376273 mm, Strain = 5.26406 x 10⁻⁶. For the result of weight analysis, the weight value of construction of Corrugated Deck Model is 61971 kg for 13 mm thickness and 7,894 m³ of construction volume and construction weight of Longitudinal Deck Model 72136.2 kg for 15 mm thickness and construction volume 9.18933 m³.

Keywords: *longitudinal framing system, currugated plate, stress, strain, displacement, solidwork*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena dengan rahmat, karunia serta taufik hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu yang berjudul :

“ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI GELADAK CORRUGATED DENGAN STRONG BEAM PADA LONGITUDINAL FRAMING SYSTEM KAPAL TANKER 17.500 DWT ”

Tugas Akhir ini sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada bidang studi *Marine Manufacture Design* (MMD) Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Kedua orang tua Soenaryo dan Dewi Sri Hartatik atas perhatian dan dukungan moral serta materi yang diberikan kepada penulis serta adik perempuan penulis Aisya Aulia Salsabilla dan kaka perempuan penulias Qisha Aulia Habibillah yang selalu mensupport baik dengan dukungan maupun doa.
2. Bapak Ir. Amiadji M. M, M. Sc, selaku dosen pembimbing atas pelajaran baik tentang materi kuliah maupun pembelajaran dalam bersikap, yang selalu menginspirasi penulis, dan terimakasih telah memberikan begitu banyak kesempatan kepada penulis untuk *mengexplore* hal-hal yang baru yang menjadi impian bagi penulis.
3. Irfan Syarif Arief, ST., MT. sebagai ketua laboratorium MMD yang selalu memberikan arahan, pelajaran dan wejangan selama beraktifitas di lab.
4. Teman-teman kontrakan *Grand Semanggi Residence A1 17* Ardi, Telly, Praba, Farera, Dai, Ricky, Eko, Andi, Hashfi yang sudah bersedia berbagi tempat dan wifinya kepada penulis. Lintas Jalur 2015 (Cendi, Fikri, Eric, Sigit, Sofyan, Cahyo, Franky, Didit, Dian, Ilham, Noval, Imam, Sulton, Hidak, Ibnu) yang selalu memberikan motivasi dan menjadi tempat melepas penat selama pengerjaan tugas akhir khususnya teman-teman.
5. Terimakasih kepada Vario H 6067 AH yang sudah berjasa menemani dan mengarungi kota Pahlawan Surabaya dan juga menaklukkan ITS
6. Terimakasih kepada Hayy Nur Abdillah, yang sudah banyak membantu dan memberikan segala bentuk perhatian, dukungan, dan doa.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun atas ketidaksempurnaan penyusunan Tugas Akhir ini sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Surabaya, 9 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Kontruksi Kapal	5
2.2 Kontruksi Kapal	7
2.3 Tegangan	11
2.4 Regangan	15
2.5 Solidwork	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	19
3.2 Studi Literatur	19
3.3 Pengumpulan Data	19
3.4 Analisa Data	19
3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran	20
3.6 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir	20
BAB IV ANALISA DAT DAN PEMBAHASAN	21
4.1 <i>Principle dimention</i>	21
4.2 Rencana Kontruksi (<i>Profile Construction</i>)	21
4.3 Penumpu Geladak (<i>Deck Girder</i>)	39
4.4 <i>Corrugated Plate</i>	41
4.5 Pembuatan Model	42
4.6 Simulasi Pengujian Kontruksi	44
4.7 Analisa Hasil Simulasi Model Kontruksi	48
BAB V KESIMPULAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	81

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Ukuran Utama Kapal Tanker 17.500 DWT.....	21
Tabel 4. 2 Formula Cd dan Cf.....	23
Tabel 4. 3 Material ASTM 36 steel.....	45
Tabel 4. 4 Perbandingan nilai tegangan pada pembebanan statis	48
Tabel 4. 5 Perbandingan nilai displacement pada pembebanan statis.....	50
Tabel 4. 6 Perbandingan nilai <i>strain</i> pada pembebanan statis	51
Tabel 4. 7 Hasil analisa model statis	53
Tabel 4. 8 Faktor pembebanan statis	53
Tabel 4. 9 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 10% dari beban statis .	58
Tabel 4. 10 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 20% dari beban statis	58
Tabel 4. 11 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 30% dari beban statis	58
Tabel 4. 12 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 40% dari beban statis	59
Tabel 4. 13 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 50% dari beban statis	59
Tabel 4. 14 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 60% dari beban statis	59
Tabel 4. 15 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 70% dari beban statis	60
Tabel 4. 16 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 80% dari beban statis	60
Tabel 4. 17 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 90% dari beban statis	61
Tabel 4. 18 Hasil Analisa model beban dinamis 100% dari beban statis.....	61
Tabel 4. 19 Hasil Analisa model dengan beban dinamis	61
Tabel 4. 20 Hasil Analisa model berat konstruksi <i>Corrugated Deck Model</i>	65
Tabel 4. 21 Hasil Analisa model berat konstruksi <i>Deck Longitudinal Model</i> ...	65

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1 <i>General arrangement</i> kapal tanker 17.500 DWT.....	2
Gambar 2. 1 Konstruksi membujur pada wrang terbuka.....	6
Gambar 2. 2 Kontruksi membujur pada lambung dan geladak kapal	7
Gambar 2. 3 Konstruksi balok geladak	8
Gambar 2. 4 Konstruksi <i>corrugated profile</i>	8
Gambar 2. 5 Macam –macam profil bergelombang	9
Gambar 2. 6 <i>Elemet of corrugated bulkhead</i>	11
Gambar 2. 7 Tegangan yang timbul pada penampang A-A	11
Gambar 2. 8 Batang prismatic yang dibebani gaya aksial	12
Gambar 2. 9 Komponen tegangan normal dan geser dari tegangan	13
Gambar 2. 10 Tegangan Tarik.....	13
Gambar 2. 11 Tegangan Tekan	14
Gambar 2. 12 Tegangan Geser	14
Gambar 2. 13 Tegangan Lengkung	15
Gambar 2. 14 Tegangan Puntir.....	15
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> metodologi penelitian.....	20
Gambar 4. 1 Nilai Z untuk menghitung Beban Geladak.....	23
Gambar 4. 2 Pemodelan konstruksi deck kapal Tanker 17.500 DWT	43
Gambar 4. 3 Pemodelan konstruksi corrugated deck kapal Tanker 17.500 DWT.....	43
Gambar 4. 4 Deck Longitudinal Model kapal Tanker 17.500 DWT	44
Gambar 4. 5 Corrugated Deck Model kapal Tanker 17.500 DWT	44
Gambar 4. 6 Pemodelan pemilihan beban konstruksi geladak bergelombang.....	45
Gambar 4. 7 Pemodelan pemilihan material konstruksi geladak bergelombang .	46
Gambar 4. 8 Pemodelan <i>fix geometry</i> konstruksi geladak bergelombang	46
Gambar 4. 9 Pemodelan <i>external load</i> konstruksi geladak bergelombang	47
Gambar 4. 10 Pemodelan penentuan <i>meshing</i> konstruksi geladak bergelombang.....	47
Gambar 4. 11 Analisa tegangan pada konstruksi geladak pembebanan statis ...	48
Gambar 4. 12 Tegangan pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	49
Gambar 4. 13 Tegangan maksimal pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	49
Gambar 4. 14 Analisa <i>displacement</i> pada geladak pembebanan statis	50
Gambar 4. 15 Displacement pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	50
Gambar 4. 16 Displasement pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	51
Gambar 4. 17 Analisa <i>strain</i> pada konstruksi geladak pembebanan statis	52
Gambar 4. 18 Analisa <i>strain</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan statis.....	52
Gambar 4. 19 <i>Strain</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	53
Gambar 4. 20 Analisa <i>factor of safety</i> pembebanan statis	54
Gambar 4. 21 Analisa <i>factor of safety</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan statis	54
Gambar 4. 22 Analisa <i>stress</i> pada pembebanan dinamis	55

Gambar 4. 23 Analisa <i>stress</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan dinamis	55
Gambar 4. 24 Analisa <i>displacement</i> pada pembebanan dinamis	56
Gambar 4. 25 Analisa <i>displacement</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan dinamis	56
Gambar 4. 26 Analisa <i>strain</i> pada pembebanan dinamis.....	57
Gambar 4. 27 Analisa <i>strain</i> pada <i>corrugated</i> pembebanan dinamis	57
Gambar 4. 28 Grafik deck long. Model displasement	62
Gambar 4. 29 Grafik corrugated deck model displasement.....	62
Gambar 4. 30 Grafik deck long. Model strain	63
Gambar 4. 31 Grafik corrugated deck model strain.....	63
Gambar 4. 32 Grafik deck longitudinal model	64
Gambar 4. 33 Grafik corrugated deck model.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal adalah media atau sarana transportasi laut yang banyak digunakan untuk mengangkut penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Kapal dituntut untuk mampu tetap beroperasi dan bertahan dengan daya tahan yang tinggi dalam waktu yang relatif lama serta dalam lingkungan yang cepat berubah. Bentuk dan konstruksi kapal mempunyai fungsi tertentu sesuai dengan jenis muatan yang dibawa, bahan baku kapal dan operasi (pelayaran) kapal. Kapal pembawa muatan digolongkan menjadi tiga bagian yaitu: kapal kargo, kapal tangki dan kapal penumpang. Kapal tangki adalah kapal yang khusus digunakan untuk mengangkut minyak, diantaranya minyak mentah, minyak hasil penyulingan gas alam cair dan lain sebagainya.

Sistem konstruksi kapal pada umumnya dibedakan menjadi tiga bagian yaitu sistem konstruksi melintang (*transverse framing system*), sistem konstruksi membujur (*longitudinal framing system*) dan sistem konstruksi kombinasi/ campuran (*mixed/ combination framing system*). Konstruksi kapal terdiri dari badan kapal yang terdiri dari beberapa bagian komponen utama, diantaranya lunas (*keel*), dasar ganda (*double bottom*), gading-gading (*frame*), sekat kedap air (*watertight bulkhead*) dan beberapa geladak (*deck*). Lunas merupakan penguat membujur yang terletak ditengah-tengah kapal. Dasar ganda merupakan bagian konstruksi dari sebuah kapal yang berfungsi untuk membatasi bahaya kebocoran apabila kapal mengalami kebocoran pada bagian bawah kapal. Gading merupakan kerangka dari lambung kapal yang berfungsi sebagai penguatan bagian sisi lambung kapal, berupa pelat / penegar yang dilas dengan pelat sisi kapal. Sekat kedap air merupakan sekat yang membatasi atau membagi kapal menjadi beberapa bagian kompartemen, kedap terhadap air di bawah suatu tekanan tertentu.

Biasanya persoalan utama dalam konstruksi kapal ialah membuat suatu konstruksi yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang seringan mungkin. Karena dengan konstruksi yang kuat tetapi ringan, maka kita akan mendapatkan daya muat yang besar sehingga hal ini akan menguntungkan. Pada kapal niaga akan dapat mengangkut muatan yang lebih besar, sedangkan pada kapal perang akan memungkinkan penambahan kecepatan kapal dan jarak jelajah kapal akan menjadi lebih besar.

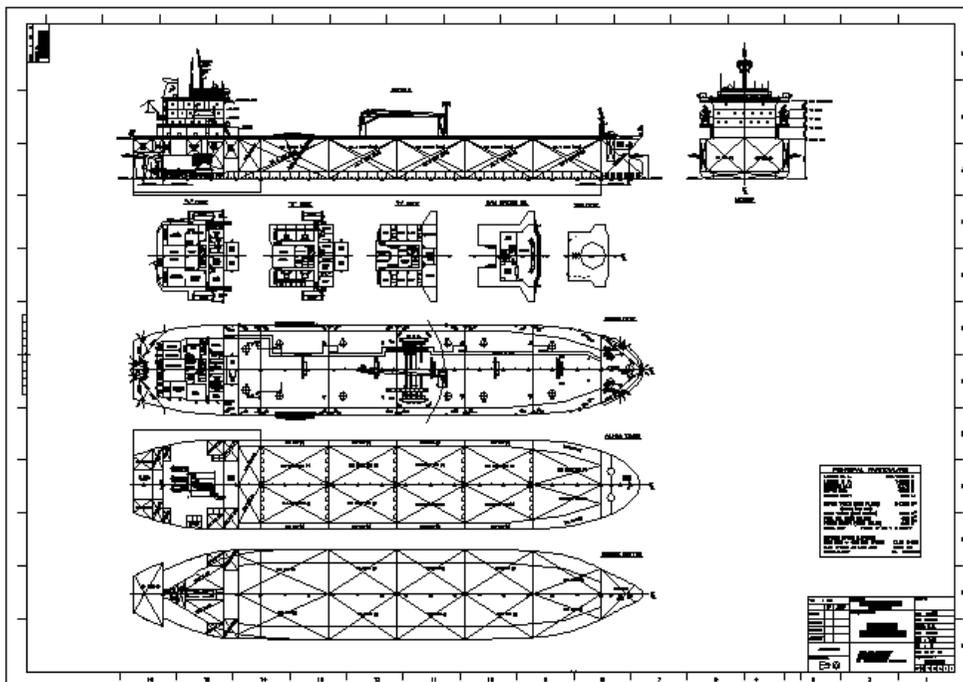
Berkembangnya teknologi dibidang konstruksi kapal, pemilihan desain dan material merupakan sesuatu hal yang sangat dipertimbangkan oleh perusahaan galangan kapal dalam perancangan dan pembuatan kapal baru. Salah satunya adalah kekuatan pada geladak kapal yang terdiri dari komponen-komponen balok geladak, pembujur geladak, penumpu geladak, dan pelat geladak yang dibatasi oleh lambung disekelilingnya.

Pada kapal tanker yang konstruksinya merupakan konstruksi tipe membujur pada bagian deck diperkuat oleh pembujur geladak (*deck longitudinal*), namun masalah yang seringkali muncul pada kapal jenis ini adalah lamanya pekerjaan bangunan baru, tidak efisien dalam pemilihan tebal plat, sulitnya melakukan maintenance kapal jenis ini ketika sudah mulai beroperasi jadi diperlukan perubahan konstruksi untuk mempercepat proses pembangunan, lebih mengoptimalkan teknik konstruksi sehingga memperoleh kekuatan konstruksi yang lebih optimal, serta mempermudah dalam proses maintenance

setelah kapal beroperasi. Oleh sebab itu inovasi yang ingin dilakukan oleh penulis adalah mengubah *deck longitudinal dan deck floor* menjadi *corrugated floor* dibagian deck yang berfungsi sebagai pemberi kekuatan pembujur kapal. Adanya perubahan pada kontruksi deck akan mempengaruhi kekuatan kapal sehingga perhitungan kekuatan kontruksi perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara kontruksi keduanya.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis memilih judul “Analisa Kekuatan Konstruksi *Corrugated floor* Pada Bangunan Atas Kapal Tanker 17.500 DWT” dengan gambar rencana umum atau disebut *general arrangement* kapal seperti yang terlihat pada gambar 1.1.

<i>Length over all (Loa)</i>	: 157	m
<i>Length of perpendicular (Lpp)</i>	: 149.5	m
<i>Breadth (B)</i>	: 27.7	m
<i>Depth (H)</i>	: 12	m
<i>Draft (T)</i>	: 7	m
Kecepatan dinas (Vs)	: 13	knot
<i>Cargo Tanks (98% Filled)</i>	: 24.783	m ³
<i>Slop Tanks (98% Filled)</i>	: 796	m ³
<i>Fuel Oil (98% Filled)</i>	: 645	m ³
<i>Fresh Water (98% Filled)</i>	: 228	m ³
<i>Crew</i>	: 28	persons
Total DWT	: 17500	ton



Gambar 1 1 *General arrangement* kapal tanker 17.500 DWT

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan sebelumnya maka rumusan permasalahan yang timbul adalah:

1. Berapa nilai perbandingan masing beban yang diterima, *displacement*, *modulus* dari konstruksi *corrugated floor*?
2. Bagaimana perbandingan berat konstruksi *deck longitudinal* dan *corrugated floor*?
3. Bagaimana efisiensi *corrugated floor* tersebut berdasarkan keuntungan dan kerugian masing-masing?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dari permasalahan yang dikemukakan, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai antara lain:

1. Untuk mengetahui nilai nilai perbandingan masing beban yang diterima, *displacement*, dan *modulus* dari konstruksi *corrugated floor*.
2. Untuk mengetahui perbandingan berat konstruksi *corrugated floor* dan *deck longitudinal*.
3. Untuk mengetahui efisiensi *corrugated floor* tersebut berdasarkan keuntungan dan kerugian masing-masing.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dalam analisa penelitian ini adalah;

1. Manfaat bagi peneliti
Untuk menambah wawasan akan pengetahuan tentang perbedaan *corrugated floor* dan *deck longitudinal*.
2. Manfaat bagi perusahaan
Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan pemilihan jenis konstruksi yang lebih efisien.
3. Manfaat bagi pembaca
Untuk menambah wawasan informasi dan wawasan berfikir mengenai konstruksi kapal dalam pembangunan kapal baru.
4. Manfaat bagi ilmu pengetahuan
Untuk mengetahui gambaran umum penggunaan *corrugated floor* di geladak kapal Tanker.

1.5 Batasan Masalah

Arah pembahasan dalam penelitian ini diharapkan tidak mengalami penyimpangan dan terhindar dari pembahasan yang terlalu luas, maka ruang lingkup atau dalam pembahasan masalah, penulis hanya membatasi pada :

1. Kapal yang dianalisa adalah kapal Tanker 17.500 DWT yang dibangun di PT. PAL Indonesia (persero).
2. Pembujur geladak yang digunakan sebagai perhitungan dan analisis data adalah pada ruang muat kapal 17.500 DWT.
3. Pengujian kekuatan konstruksi dilakukan dengan simulasi menggunakan program *SOLIDWORK*.

4. Pengujian dan analisa dilakukan dengan kondisi muatan seimbang.
5. Perhitungan konstruksi *corrugated floor* dilakukan berdasarkan aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).
6. Perhitungan stabilitas, payload, komponen tambahan, dan berat komponen lain diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Konstruksi Kapal

Sistem kerangka atau konstruksi kapal dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang dan sistem membujur atau memanjang. Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi. Suatu kapal dapat seluruhnya dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan ceruk-ceruk) yang dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi; atau seluruhnya dibuat dengan sistem membujur.

Pemilihan jenis sistem untuk suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), jenis atau fungsi kapal menjadikan dasar pertimbangan-pertimbangan lainnya. Untuk mengenali apakah suatu kapal, atau bagian dari badan kapal dibuat dengan sistem melintang atau membujur dapat dilihat pada panel-panel pelatnya (panel pelat adalah bidang pelat yang dibatasi oleh penumpu-penumpunya). Jika sisi-sisi panjang panel-panel pelat berada pada posisi muka-belakang (sesuai arah hadap kapal) maka sistem yang dipakai pada bagian yang bersangkutan adalah sistem melintang, sebaliknya jika sisi-sisi pendek berada pada posisi muka-belakang maka sistem yang dipakai adalah sistem membujur. Sistem kombinasi diartikan bahwa alas dan geladak dibuat dengan sistem membujur sedangkan sisi-sisi kapal dibuat dengan sistem melintang. Kekuatan kapal dapat ditingkatkan dengan memberi tambahan pada komponen-komponen konstruksi, menambah ukuran, ketebalan pelat dan bagian-bagian struktur kapal, memberikan konsekuensi meningkatnya biaya pembangunan dan mengurangi volume ruangan.

2.1.1 Sistem Konstruksi Membujur (*Longitudinal Framing System*)

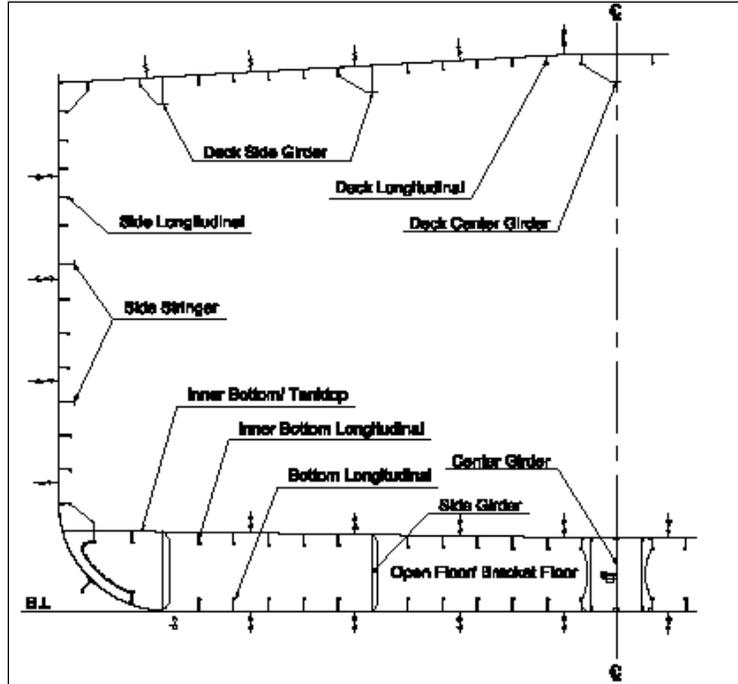
Sistem konstruksi membujur adalah sistem konstruksi yang mempunyai penguatan longitudinal dari balok-balok atau penegar. Beban yang diterima konstruksi membujur diteruskan pada hubungan-hubungan kaku melintang (*transverse bulkheads*) melalui balok-balok membujur. Balok-balok melintang tetap diperlukan namun fungsi utama bukan sebagai penahan balok-balok membujur.

Fungsi dari komponen konstruksi membujur adalah untuk mengatasi tegangan lengkung membujur (*longitudinal bending stress*) akibat *sagging* dan *hogging*. Tipikal panjang gelombang di samudera adalah 300 ft. Kapal yang memiliki panjang lebih dari 300 ft (90 meter) cenderung memiliki komponen konstruksi membujur lebih banyak dibandingkan dengan komponen melintang. Jarak antar pembujur (*longitudinals*) lebih rapat, Jarak antar gading (*frames*) atau pelintang (*transverses*) lebih lebar.

Dalam sistem ini *main frame* tidak dipasang vertikal, tetapi dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, diukur ke arah vertikal, sekitar 700 mm-1000 mm. gading-gading ini (pada sisi) dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3-5 meter) dipasang *web frame*, sebagaimana *web frame* pada

da sistem melintang, yang disebut pelintang sisi (*side transverse*). Pada alas dan alas dalam juga dipasang pembujur-pembujur seperti pembujur-pembujur sisi tersebut di atas dengan jarak antara yang sama pula seperti jarak antara pembujur-pembujur sisi.

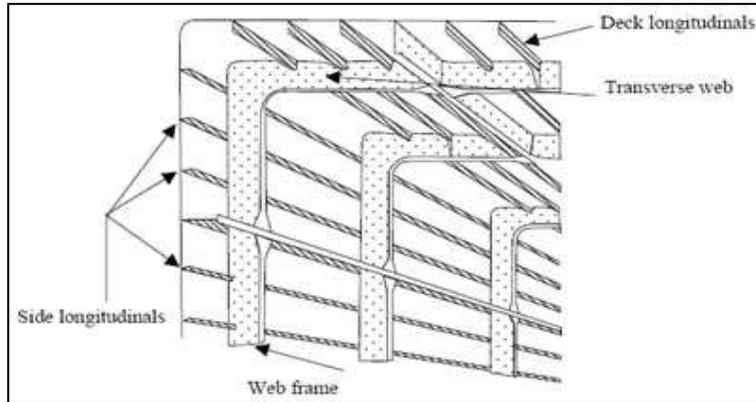
Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur-pembujur alas (*bottom longitudinal*) dan, pada alas dalam dinamakan pembujur alas dalam (*inner bottom longitudinal*). Pada alas juga dipasang wrang-wrang, dan dihubungkan pada pelintang-pelintang sisi. Kontruksi membujur pada wrang terbuka dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Konstruksi membujur pada wrang terbuka

Tetapi umumnya tidak pada tiap pelintang sisi yaitu: setiap dua, atau lebih, pelintang sisi. Wrang-wrang pada sistem membujur juga dinamakan pelintang alas (*bottom transverse*). Penumpu tengah dan penumpu samping sama halnya seperti pada sistem melintang.

Pada geladak juga dipasang pembujur-pembujur seperti halnya pembujur-pembujur yang lain tersebut di atas. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur geladak (*deck longitudinal*). Balok-balok geladak dengan bilah yang besar dipasang pada setiap pelintang sisi; dan disebut pelintang geladak (*deck transverse*). Konstruksi lainnya (penumpu geladak, sekat, dsb.) sama seperti halnya pada sistem melintang. Dengan demikian terlihat bahwa dalam sistem membujur elemen-elemen kerangka yang dipasang membujur jauh lebih banyak jumlahnya daripada yang merupakan penguatan melintang.



Gambar 2. 2 Kontruksi membujur pada lambung dan geladak kapal

Kebaikan sistem konstruksi membujur yaitu dengan adanya balok-balok pembujur yang menerus, akan memperbesar modulus penampang melintang. Balok-balok pembujur pada pelat dasar memberikan kekakuan pada konstruksi tersebut. Kekurangan sistem konstruksi membujur yaitu kesulitan dalam pembangunan. (Dinariyana dan Soemartojo; 2011). Kontruksi membujur pada lambung dan geladak kapal dapat dilihat pada gambar 2.2.

2.2 Konstruksi Kapal

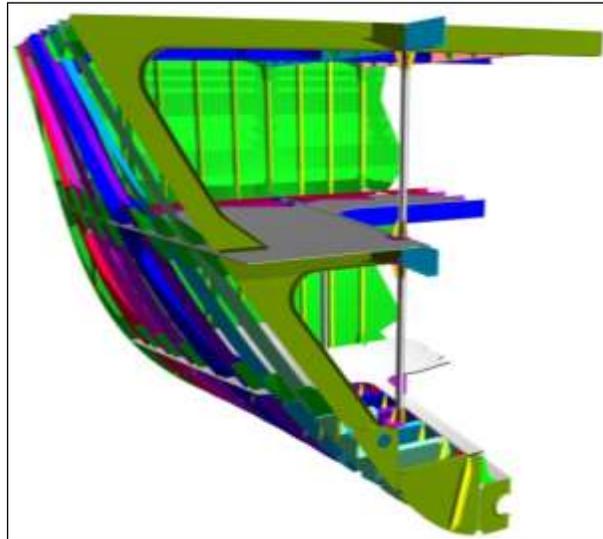
Pemasangan sekat melintang dapat dijumpai pada semua tipe kapal dan menjadi persyaratan Biro Klasifikasi, sedangkan untuk memanjang umumnya hanya dijumpai pada kapal-kapal tertentu saja. Misalnya kapal pengangkut muatan cair, dan kapal pengangkut muatan curah.

Sekat-sekat pada bangunan kapal ditinjau dari fungsinya dapat digolongkan menjadi beberapa golongan, yaitu sekat kedap air (tidak tembus air), sekat kedap minyak (tidak tembus minyak), sekat biasa yang hanya digunakan untuk membagi ruang bagi keperluan akomodasi, dan sekat berlubang untuk mengatasi permukaan bebas zat cair. Dari keempat jenis tersebut, sekat kedap air merupakan jenis sekat yang paling penting, kalau ada kapal bermuatan minyak, sekat kedap minyak yang memegang peranan utama.

Sekat kedap air mempunyai tiga fungsi utama, yaitu membagi badan kapal menjadi ruangan-ruangan yang kedap air, menambah kekuatan melintang kapal, dan mencegah menjalarnya api saat terjadi kebakaran.

2.2.1 Balok Geladak

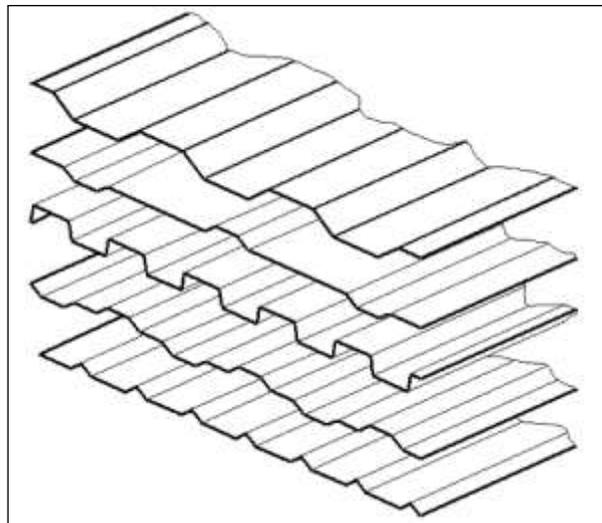
Balok geladak dipasang pada setiap jarak, semakin ke depan atau ke belakang kapal, balok geladak berukuran semakin pendek dan ringan. Balok-balok yang berada pada ujung-ujung lubang palka harus diperkuat lagi, dan setidaknya tidaknya sama dengan balok geladak pada geladak kekuatan, Hal ini mengingat daerah yang harus menerima beban yang relative besar. Balok-balok ujung lubang palka di bagian tengah, ditumpu oleh penumpu-penumpu ujung lubang palak dan ujung-ujung yang lain diikat ke gading-gading besar dengan lutut seperti yang terlihat pada ilustrasi gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Konstruksi balok geladak

2.2.2 Profil Bergelombang (Corrugated Plat)

Sebuah corrugated floor adalah sebuah konstruksi dengan plat berding tipis yang memiliki permukaan bergelombang. Kontruksi corrugated dapat meningkatkan keefektifitas plat terhadap beban dan menghasilkan desain yang ekonomis. Oleh sebab itu *corrugated floor* berpotensi untuk menggantikan profil yang tidak efisien. Daerah optimum dari aplikasi yang di baja rekayasa struktural manapun profil digulung tinggi struktural yang lebih besar dari 800 mm atau kisi girder atas 1500 mm yang sebelumnya digunakan. Gambar kontruksi *corrugated profile* dapat dilihat pada gambar 2.4.

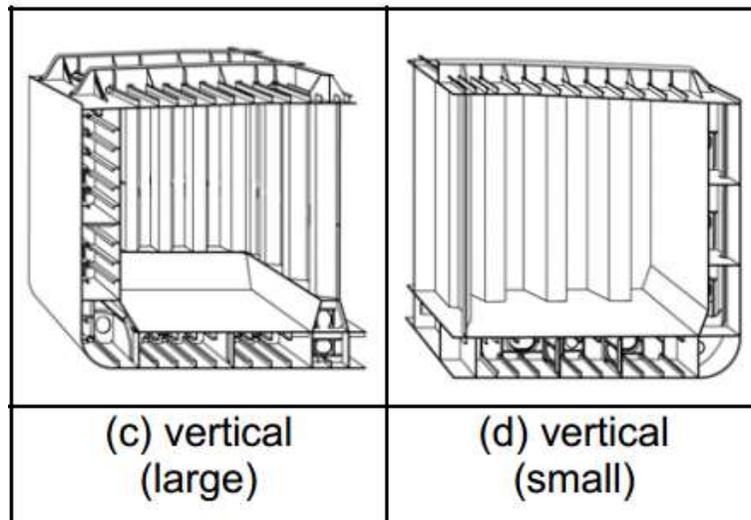


Gambar 2. 4 Konstruksi *corrugated profile*

Keuntungan pemakaian profil bergelombang antara lain adalah :

- Penghematan berat yang relatif besar, bila dibandingkan dengan sekat rata berpenegar
- Pengelasannya berkurang
- Mempunyai konstruksi yang lebih sederhana
- Profil lebih mudah dibersihkan, terutama pada tangki

Profil bergelombang dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama. Salah satunya adalah sekat horizontal bergelombang atau "*horizontal corrugated*" dan yang lainnya adalah sekat vertikal bergelombang atau "*Vertical Corrugated*" seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Macam –macam profil bergelombang

Apabila tekukan sekat di kapal yang lebih besar terlalu panjang, *internal vertical webs* disediakan di sekat horizontal bergelombang. Sementara sekat horizontal bergelombang memungkinkan variasi ketebalan dalam arah kedalaman kapal dan memungkinkan kapasitas tangki muatan maksimum, desain ini sering diterapkan untuk kapal *chemical oil tanker* dan *product oil tanker* yang membawa muatan terbatas pada persyaratan yang telah ditentukan. Dalam pengoperasian kapal tersebut, risiko kontaminasi muatan lebih rendah dan beberapa struktur internal dapat diterima. Tentu saja, jika web vertikal internal tidak diperlukan karena rentang tekukan lebih pendek, sekat horizontal bergelombang juga diterapkan pada kapal *chemical tanker* yang diperlukan untuk membawa berbagai macam produk lengkap dengan *cargo tank washing*.

Sementara itu juga tergantung pada fasilitas galangan kapal dan prosedur fabrikasi, sekat vertikal bergelombang cenderung digunakan daripada sekat horizontal. Sebenarnya, dari sekitar 700 kapal tanker yang memiliki sekat bergelombang dan baru terdaftar dengan klasifikasi 20 tahun terakhir (1990-2009), itu menegaskan bahwa

sekitar 85% dari desain sekat bergelombang terdiri dari tipe vertikal bergelombang, sedangkan sisanya 15% terdiri dari sekat horizontal bergelombang.

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume II 2014 Section 11, tebal pelat sekat bergelombang tidak boleh kurang dari perhitungan pada persamaan 2.1 dan 2.2 dibawah ini :

$$t = C_p \cdot a \cdot \sqrt{p} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (2.1)$$

$$t_{\min} = 6,0 \cdot \sqrt{f} \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

Dimana:

C_p = Koefisien pelat yang bergantung pada jenis sekat.

= $1,1 \sqrt{f}$ (untuk sekat tubrukan)

= $0,9 \sqrt{f}$ (untuk sekat lainnya)

a = b atau s (diambil yang terbesar) [m]

p = $9,81 \cdot h$ [kN/m²]

h = tinggi [m]

Untuk tinggi tekanan dimaksudkan jarak dari pertengahan panjang penegar yang tidak ditumpu sampai 1,0 m diatas pinggir geladak sekat.

$$f = \frac{235}{R_{eH}}$$

R_{eH} = *Minimum nominal upper yield point* [N/mm²]

t_k = Faktor korosi yang bergantung pada ketebalan pelat.

(BKI Vol II, 2014 Section 11)

Perhitungan modulus penampang sekat bergelombang bisa ditentukan dengan rumus yang sama pada perhitungan sekat melintang kedap air, hanya saja untuk nilai a merupakan lebar dari elemen sekat bergelombang atau biasa disebut ke dalam meter. Modulus penampang sesungguhnya dari sekat bergelombang dapat juga ditetapkan dengan rumus pada persamaan 2.3 berikut :

$$W = t \cdot d \cdot (b + s/3) \quad [\text{cm}^3] \quad (2.3)$$

dimana :

e = *width of element* [cm]

b = *breadth of face plate* [cm]

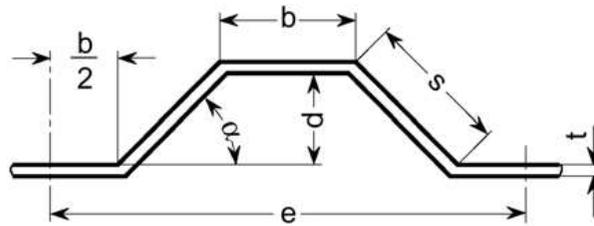
s = *breadth of web plate* [cm]

d = *distance between face plates* [cm]

t = *plate thickness* [cm]

α $\geq 45^\circ$

(BKI Vol II, 2014 Section 11)



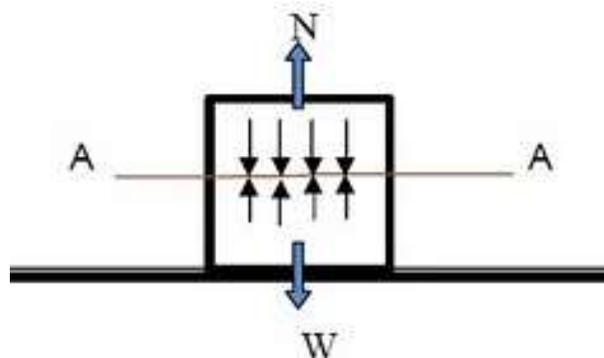
Gambar 2. 6 *Elemet of corrugated bulkhead*

Nilai t , d , b , s dan e (dalam meter) seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 sekat bergelombang. Keuntungan pemakaian sekat bergelombang antara lain adalah:

- Penghematan berat yang relatif besar, bila dibandingkan dengan sekat rata berpenegar,
- Pengelasannya berkurang,
- Mempunyai konstruksi yang lebih sederhana,
- Sekat lebih mudah dibersihkan, terutama pada kapal-kapal tangki,
- Mempermudah pemuatan barang pada kapal-kapal kargo.

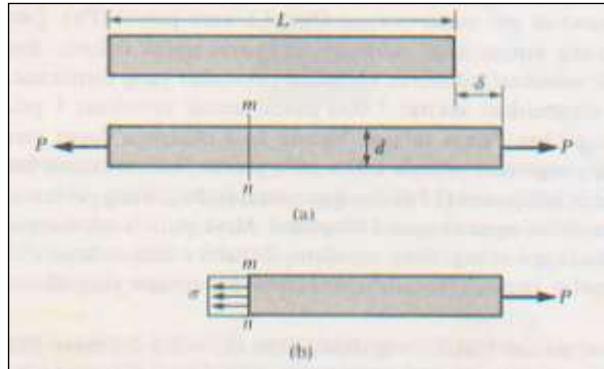
2.3 Tegangan

Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah. Hukum *Newton* pertama tentang aksi dan reaksi, bila sebuah balok terletak di atas lantai, balok akan memberikan aksi pada lantai, demikian pula sebaliknya lantai akan memberikan reaksi yang sama, sehingga benda dalam keadaan setimbang. Gaya aksi sepusat (F atau W) dan gaya reaksi (F'') dari bawah akan bekerja pada setiap penampang balok tersebut. Jika kita ambil penampang A-A dari balok, gaya sepusat (F) yang arahnya ke bawah, dan di bawah penampang bekerja gaya reaksinya (F'') yang arahnya ke atas. Pada bidang penampang tersebut, molekul-molekul di atas dan di bawah bidang penampang A-A saling tekan menekan, maka setiap satuan luas penampang menerima beban sebesar: F/A seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Tegangan yang timbul pada penampang A-A

Tegangan timbul akibat adanya tekanan, tarikan, bengkokan, dan reaksi. Pada pembebanan tarik terjadi tegangan tarik, pada pembebanan tekan terjadi tegangan tekan, begitu pula pada pembebanan yang lain.



Gambar 2. 8 Batang prismatik yang dibebani gaya aksial

Konsep dasar dari tegangan dan regangan dapat diilustrasikan dengan meninjau sebuah batang prismatik yang dibebani gaya-gaya aksial (*axial forces*) P pada ujung-ujungnya. Sebuah batang prismatik adalah sebuah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya. Untuk menyelidiki tegangan-tegangan internal yang ditimbulkan gaya-gaya aksial dalam batang, dibuat suatu pemotongan garis khayal pada irisan mn yang ditunjukkan pada gambar 2.8. Irisan ini diambil tegak lurus sumbu longitudinal batang. Karena itu irisan dikenal sebagai suatu penampang (*cross section*).

Intensitas gaya (yakni, gaya per satuan luas) disebut tegangan (*stress*) dan lazimnya ditunjukkan dengan huruf Yunani σ (*sigma*). Dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi secara merata pada seluruh penampang batang, maka resultannya sama dengan intensitas σ kali luas penampang A dari batang. Selanjutnya, dari kesetimbangan benda, besar resultan gayanya sama dengan beban P yang dikenakan, tetapi arahnya berlawanan. Sehingga diperoleh rumus seperti pada persamaan 2.4 :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

dimana:

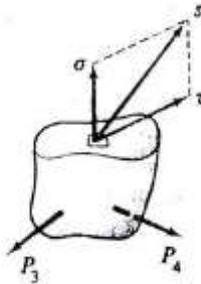
σ	= Tegangan	[N/m ²]
F	= Gaya Aksial	[N]
A	= Luas Penampang	[m ²]

2.3.1 Tegangan Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. Gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik. Jika gaya dalam diukur dalam N, sedangkan luas penampang dalam m², maka satuan tegangan adalah N/m² atau dyne/cm².

Gaya internal yang bekerja pada sebuah potongan dengan luasan yang sangat kecil akan bervariasi baik besarnya maupun arahnya. Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan, dan dilambangkan dengan σ (sigma).

Bila gaya-gaya luar yang bekerja pada suatu batang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan penampang batang tersebut konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah sejajar terhadap sumbu tersebut. Gaya-gaya seperti itu disebut gaya aksial, dan tegangan yang timbul dikenal sebagai tegangan aksial seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9.

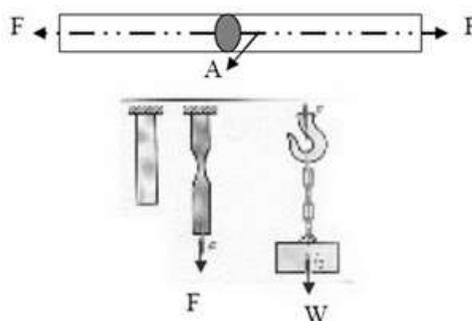


Gambar 2. 9 Komponen tegangan normal dan geser dari tegangan

2.3.2 Tegangan Tarik

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, dan akibatnya batang ini cenderung menjadi meregang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

Tegangan tarik pada umumnya terjadi pada rantai, tali, paku keling, dan lain-lain. Rantai yang diberi beban W akan mengalami tegangan tarik yang besarnya tergantung pada beratnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



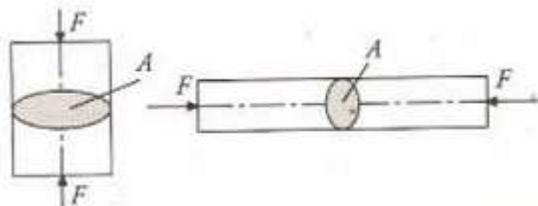
Gambar 2. 10 Tegangan Tarik

2.3.3 Tegangan Tekan

Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang, akibatnya batang ini cenderung untuk mempersempit atau menekan batang tersebut. Maka gaya tarik

aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

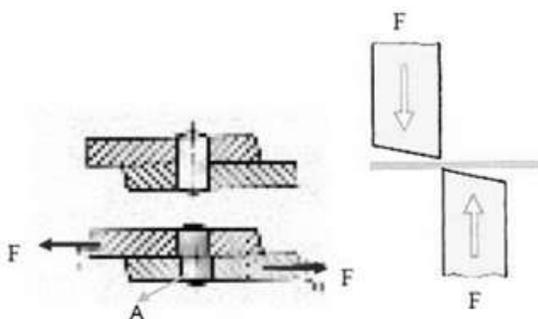
Tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya F yang saling berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya. Misalnya, terjadi pada tiang bangunan yang belum mengalami tekukan, porok sepeda, dan batang torak seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Tegangan Tekan

2.3.4 Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial F yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relatif kecil, maka pelengkungan benda diabaikan. Untuk hal ini tegangan yang terjadi adalah Apabila pada konstruksi mempunyai n buah paku keling, maka sesuai dengan persamaan dibawah ini adalah sebesar

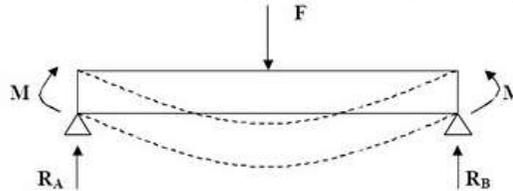
$$\tau_g = \frac{F}{\frac{\pi}{4}D^2} \quad (2.5)$$

dimana :

D = diameter paku keling

2.3.5 Tegangan Lengkung

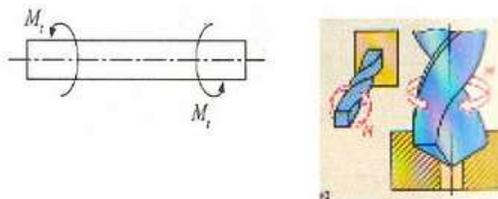
Tegangan lengkung adalah tegangan yang diakibatkan karena adanya gaya yang menumpu pada titik tengah suatu beban sehingga mengakibatkan benda tersebut seolah-olah melengkung seperti ilustrasi pada gambar 2.13. Misalnya, pada poros-poros mesin dan poros roda yang dalam keadaan ditumpu. Jadi, merupakan tegangan tangensial.



Gambar 2. 13 Tegangan Lengkung

2.3.6 Tegangan Puntir

Tegangan puntir adalah tegangan yang diakibatkan oleh gaya putar. Tegangan puntir sering terjadi pada poros roda gigi dan batang-batang torsi pada mobil, juga saat melakukan pengeboran seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14. Jadi, merupakan tegangan tangensial.



Gambar 2. 14 Tegangan Puntir

2.4 Regangan

Regangan (*strain*) adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relatif dari partikel-partikel di dalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Definisi lain dari regangan bisa berbeda-beda tergantung pada bidang apa istilah tersebut digunakan atau dari dan ke titik mana regangan terjadi.

Regangan merupakan ukuran mengenai seberapa jauh batang tersebut berubah bentuk. Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, sedangkan regangan adalah tanggapan materi terhadap tegangan. Pada daerah elastis, besarnya tegangan berbanding lurus dengan regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda tersebut disebut modulus elastisitas atau modulus Young. Pengukuran modulus Young dapat dilakukan dengan menggunakan gelombang akustik, karena kecepatannya bergantung pada modulus Young. Secara matematis dirumuskan seperti pada persamaan 2.6 :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.6)$$

dimana:

ε	= Regangan (<i>strain</i>)	
L	= Panjang benda	[mm]
ΔL	= Pertambahan panjang (<i>displacement</i>)	[mm]

2.4.1 Sifat – sifat Material

Suatu material yang kaku tentunya memiliki fleksibilitas meskipun material tersebut terbuat dari baja. Material baja meskipun dibebani dengan beban yang besar tentunya akan memiliki nilai elastisitas walaupun kecil sehingga dapat merubah bentuknya secara perlahan. Kekakuan suatu material sangat penting dalam perancangan suatu komponen konstruksi, sebab kekakuan tersebut nantinya akan menimbulkan masalah akibat pembebanan yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut tiap material suatu komponen konstruksi memiliki nilai *Modulus Young* yang besarnya berbeda untuk tiap-tiap materialnya.

2.4.2 Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan (*thoughness*) adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energi sampai patah atau penahanan suatu material terhadap pecah menjadi dua, dengan suatu retakan melintang ini disebut “retak” serta menyerap energi. Jumlah energi yang diserap selama retak tergantung pada ukuran komponen yang pecah menjadi dua. Jumlah energi yang diserap setiap satuan luas dari retakan adalah tetap untuk material yang ditentukan dan ini disebut ketangguhan juga.

2.4.3 Pemanjangan (*Elongation*)

Pemanjangan (*elongation*) sampai kegagalan (*failure*) adalah suatu ukuran keliatan suatu material, dengan kata lain adalah jumlah regangan yang dapat dialami oleh bahan sebelum terjadi kegagalan dalam pengujian tarik.

2.4.4 Kepadatan (*Density*)

Kepadatan (*Density*) adalah suatu ukuran berapa berat suatu benda untuk ukuran yang ditentukan, yaitu massa material setiap satuan volume. Perubahan temperatur tidak secara mantap (signifikan) mempengaruhi kepadatan suatu material walaupun material bertambah luas ketika dipanaskan, perubahan ukuran adalah sangat kecil.

2.4.5 Kelentingan (*Resilience*)

Kelentingan (*resilience*) adalah kemampuan material menyerap energi saat material mengalami deformasi *elastic*.

2.4.6 Keliatan (*Ductility*)

Keliatan (*ductility*) adalah ukuran derajat deformasi plastis yang telah dialami saat patah. Material yang mengalami deformasi plastis yang tinggi disebut material yang liat (*ductile*). Sedang material yang mengalami sedikit atau tidak mengalami deformasi plastis disebut material getas (*brittle*).

2.5 Solidwork

Solidwork merupakan *software* berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Penggunaan solidwork mencakup simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnetik. solidwork merupakan *computer aided engineering* (CAE) yang dikembangkan oleh solidwork, Inc. Perusahaan tersebut telah mengembangkan banyak produk CAE. Dari banyak produk komersial yang mereka kembangkan, solidwork, Inc. mungkin hanya memiliki dua produk yang paling terkenal yakni solidwork *Mechanical* & solidwork *Multiphysics*. Solidwork merupakan software penganalisa beban lokal pada struktur dengan metode elemen hingga, dengan analisa pada CFX ini, beban lokal yang menyebabkan failure yang terjadi akan terlihat jelas lebih detailnya. solidwork – Statis merupakan software penganalisa beban lokal pada karakteristis pembebanan yang bergerak pada struktur dengan metode elemen hingga, software ini pun dapat menganalis serta mensimulasikan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini adalah dengan menggunakan metode berbasis analisa dengan membuat perancangan permodelan konstruksi *corrugated floor* dengan menggunakan software *solidwork*. Kemudian dilakukan pengujian perhitungan dan analisis pada permodelan tersebut. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi. Tahapan Pengerjaan Skripsi sebagai berikut :

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahapan awal dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Kemudian timbul perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas serta memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penulisan skripsi ini. Referensi yang diperlukan mengenai perancangan model konstruksi *corrugated floor* dapat dicari melalui berbagai media, antara lain:

- | | |
|------------|-----------------|
| a. Buku | d. Tugas Akhir |
| b. Jurnal | e. Internet |
| c. Artikel | f. <i>Paper</i> |

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna menunjang proses pengerjaan skripsi. Pengumpulan data-data penunjang skripsi dilakukan secara langsung ke perusahaan atau galangan. Dalam skripsi ini penulis menggunakan data kapal tanker yang dibangun di PT. PAL, yaitu Kapal *Tanker 17.500 DWT*. Data yang diperlukan untuk merancang permodelan konstruksi *corrugated floor* adalah :

- a) Gambar *General Arrangement* Kapal *Tanker 17.500 DWT*
- b) Gambar *Section Profile* Kapal *Tanker 17.500 DWT*
- c) Data modulus konstruksi Kapal *Tanker 17.500 DWT*

D.1.4 Perancangan Model

Dalam tahap ini dilakukan perancangan model konstruksi *corrugated floor* menggunakan program *solidwork*.

3.4 Analisa Data

Dalam tahap ini dilakukan analisa hasil model konstruksi dari *solidwork* yang sudah dirancang. Dilakukan simulasi pengujian kekuatan konstruksi antara kedua model *corrugated floor* dan dilakukan perbandingan perhitungan berat konstruksi secara teknis sesuai dengan model. Outputnya adalah membandingkan kedua

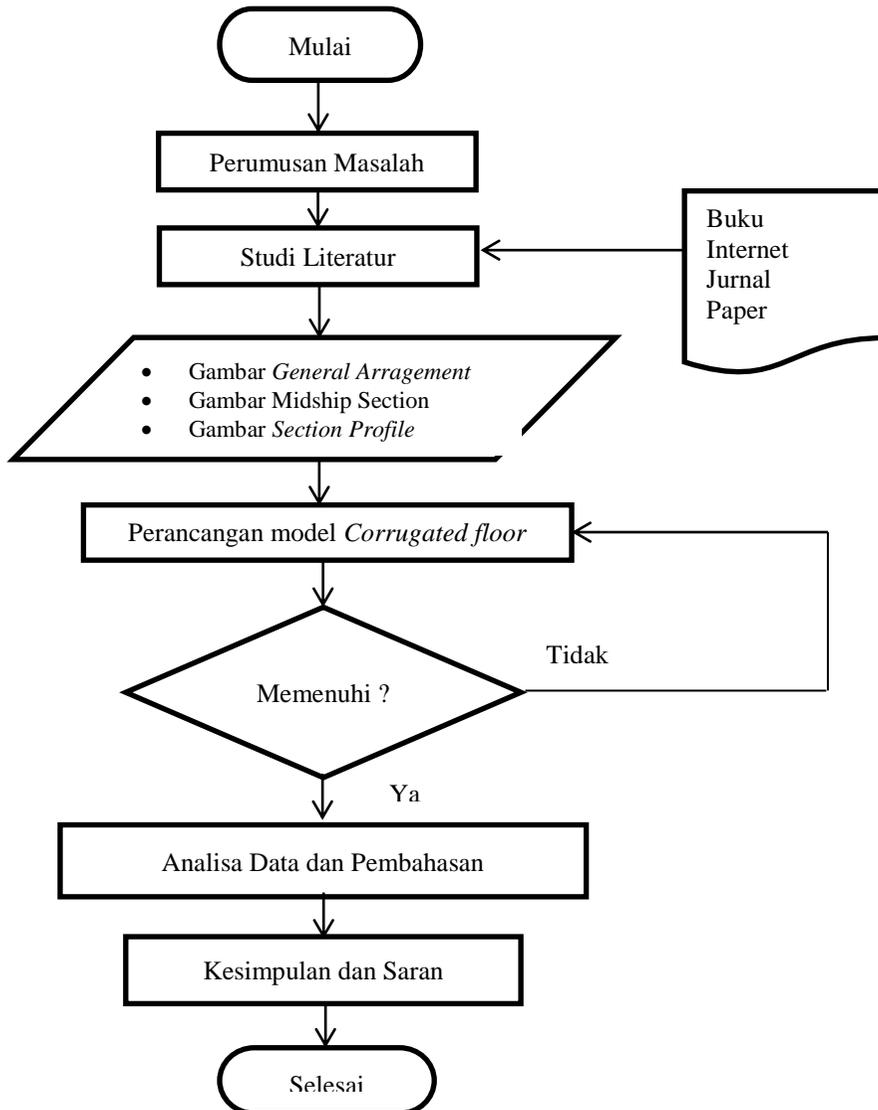
corrugated floor dengan *strong beam* dan mencari yang lebih efisien. Pada intinya akan menjawab permasalahan yang ada.

3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Selain itu, juga memberikan saran terkait dengan penelitian selanjutnya.

3.6 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun flow chart pengerjaan skripsi yang digunakan untuk mempermudah proses pelaksanaan dan pengerjaan skripsi ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* metodologi penelitian

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Principle Dimension

Dalam tugas akhir ini data kapal yang digunakan sebagai permodelan merupakan hasil dari pengamatan data kapal yang sudah jadi. Namun untuk keperluan perbandingan yang seimbang maka diambil salah satu data kapal yang terdapat pada latar belakang. Dalam tugas akhir ini, kapal Tanker yang akan dilakukan pemodelan adalah kapal Tanker 17.500 DWT yang jenis tangkinya pada parallelmidle body. Data didapat dari gambar general arrangement dan midship section kapal Tanker 17.500. Adapun data utama kapal Tanker 17.500 DWT yang akan disimulasikan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Ukuran Utama Kapal Tanker 17.500 DWT

Data Utama Kapal Tanker 17.500 DWT		
LOA	157	m
LPP	149.5	m
B	27.7	M
H	12	M
T Design	7	M
Deadweight	17500	Ton
V Service	13	Knot
Cargo Tanks	24.783	m ³
Slop Tanks	796	m ³
Fuel Oil	645	m ³

4.2 Rencana Kosntruksi (Prifile Construction)

Perhitungan *profile construction* (rencana konstruksi) berdasarkan ketentuan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Th. 2014 Volume II dengan menggunakan system konstruksi membujur.

4.2.1 Perkiraan Beban

Beban geladak cuaca (*Load and Weather Deck*) adalah semua geladak yang bebas kecuali bangunan atas yang tidak efektif yang terletak di belakang 0,5L dari garis tengah.

$$P_D = P_o \frac{20T}{(10+Z-T) \times H} \times c_D \text{ [KN/m}^2\text{]}$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 4 B.1.1)

Dimana :

- P_o = Basis Eksternal dinamic Load
- P_o = 2,1 × (Cb + 0,7) × Co × Cl × f KN/m²
- c_D = 1 Untuk L > 50
- C_b = koefisien block 0,76
- C_{RW} = 0,9 untuk pelayaran nasional

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec.4.A.2.2)

$$\begin{aligned}
 C_o &= 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5} \times C_{rw} && \text{Untuk } 90 \leq L \leq 300 \text{ M} \\
 &= 10,75 - \left(\frac{300 - 119,00}{100} \right)^{1,5} \times 0,9 \\
 &= 8,02
 \end{aligned}$$

$$C_L = 1,0 \quad \text{Untuk } L \geq 90 \text{ M}$$

$$f_1 = 1,0 \quad \text{Untuk tebal plat}$$

$$f_2 = 0,75 \quad \text{Untuk Main Frame, Stiffener, Deck Beam}$$

$$= 0,6 \quad \text{Untuk CDG, CG, SG, Web Frame, Stringers, Grillage dan Transversal}$$

a) Untuk plat (P_{o1})

$$\begin{aligned}
 P_{o1} &= 2,1 \times (C_b + 0,83) \times C_o \times C_L \times f_1 \\
 &= 2,1 \times (0,70 + 0,83) \times 8,02 \times 1,0 \times 1,0 \\
 &= 27,95 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

b) Untuk Main Frame, Deck Beam, Deck Longitudinal, Stiffener (P_{o2})

$$\begin{aligned}
 P_{o2} &= 2,1 \times (C_b + 0,83) \times C_o \times C_L \times f_2 \\
 &= 2,1 \times (0,70 + 0,83) \times 8,02 \times 1,0 \times 0,75 \\
 &= 20,96 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

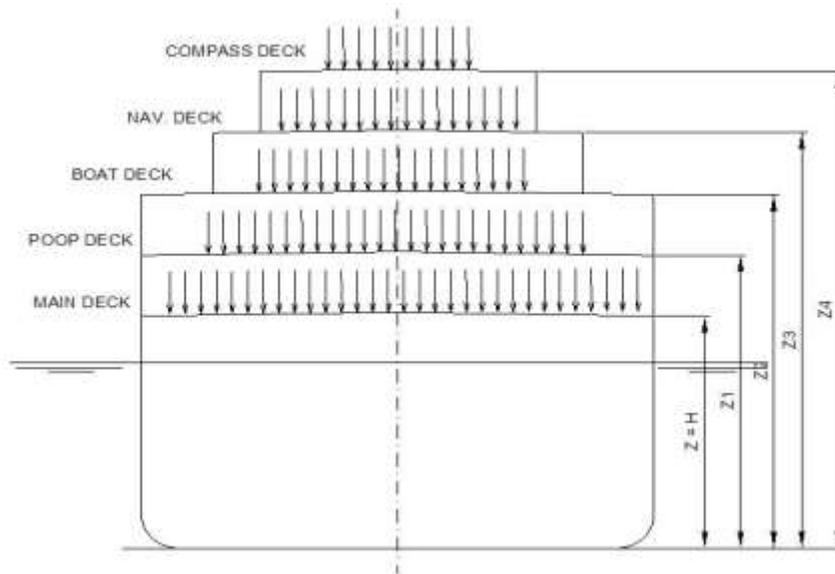
c) Untuk Web Frame, Strong Beam, Girder, Stringer, transversal dan Grillage (P_{o3})

$$\begin{aligned}
 P_{o3} &= 2,1 \times (C_b + 0,83) \times C_o \times C_L \times f_3 \\
 &= 2,1 \times (0,70 + 0,83) \times 8,02 \times 1,0 \times 0,6 \\
 &= 16,77 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$Z = \text{jarak vertikal pusat beban ke base line}$$

$$Z = H$$

$$= 12,00 \text{ m}$$



Gambar 4. 1 Nilai Z untuk menghitung Beban Geladak

Tabel 4. 2 Formula C_D dan C_F

	Range	Factor c_D	Factor c_F ¹⁾
A	$0 \leq \frac{x}{L} < 0,2$	$1,2 - \frac{x}{L}$	$1,0 + \frac{5}{C_B} \left(0,2 - \frac{x}{L} \right)$
M	$0,2 \leq \frac{x}{L} < 0,7$	1,0	1,0
F	$0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	$1,0 + \frac{c}{3} \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)$ $c = 0,15 L - 10$ where: $L_{\min} = 100 \text{ m}$ $L_{\max} = 250 \text{ m}$	$1,0 + \frac{20}{C_B} \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)^2$
¹⁾ Within the range A the ratio x/L need not be taken less than 0,1, within the range F the ratio x/L need not be taken greater than 0,93			

C_D = faktor penambahan / pengurangan untuk daerah

$$C_{D1} = 1,2 - \frac{x}{L} \quad (\text{untuk } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2 ; \text{buritan kapal}) = \frac{x}{L} = 0,1$$

$$= 1,2 - 0,1$$

$$= 1,1$$

$$C_{D2} = 1,0 \quad (\text{untuk } 0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7 ; \text{tengah kapal})$$

$$C_{D3} = 1,0 + \frac{C}{3} \left\{ \frac{x}{L} - 0,7 \right\} \quad (\text{untuk } 0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0 ; \text{haluan kapal})$$

$$= \frac{x}{L} = 0,9$$

$$= 1,0 + \frac{5}{3}(0,9 - 0,7)$$

$$= 1,33$$

Dimana :

$$\text{Nilai } C = 0,15 L - 10$$

$$L_{\min} = 100 \text{ M}$$

$$L_{\max} = 250 \text{ M}$$

$$L = 100 \text{ M}$$

$$C = (0,15 \times 100) - 10$$

$$= 7,85$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 4 Tabel. 4.1)

d) Beban minimal geladak cuaca

$$P_{D1} = 0,7 \times P_{O1}$$

$$= 0,7 \times 27,95$$

$$= 19,57 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{D2} = 0,7 \times P_{O2}$$

$$= 0,7 \times 20,96$$

$$= 14,67 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{D3} = 0,7 \times P_{O3}$$

$$= 0,7 \times 16,77$$

$$= 11,74 \text{ KN/m}^2$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 4 B.1.2)

e) Beban Geladak Cuaca pada pelat Geladak
Pada daerah midship

$$P_{D2} = P_{O1} \frac{20T}{(10+Z-T) \times H} \times C_{D2}$$

$$= 27,95 \times \frac{20 \times 7}{[10 + 12 - 7] \times 12} \times 1$$

$$= 21,74 \text{ KN/m}^2$$

f) Beban Geladak pada *Deck Beam*
Pada daerah Midship kapal (*Deck Longitudinals*)

$$P_{D2} = P_{O2} \frac{20T}{(10+Z-T) \times H} \times C_{D2}$$

$$= 20,96 \times \frac{20 \times 7}{[10 + 12 - 7] \times 12} \times 1$$

$$= 16,31 \text{ KN/m}^2$$

g) Beban Geladak pada *Center Deck Girder, Side Deck Girder, Deck Transversal*
 Beban pada daerah *midship* kapal

$$\begin{aligned} P_{D2} &= P_{O3} \frac{20T}{(10+Z-T) \times H} \times C_{D2} \\ &= 16.77 \times \frac{20 \times 7}{[10+12-7] \times 12} \times 1 \\ &= 13.05 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban sisi kapal dibawah garis air muat tidak boleh

$$P_s = 10 \times (T - Z) + P_o \times C_F \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \text{ KN/m}^2$$

(Ref : *BKI Th. 2014 Vol. II Sec.4. B.2.1.1*)

Dimana :

$$\begin{aligned} P_{O1} &= 27.96 \text{ KN/m}^2 && \text{Untuk plat} \\ P_{O2} &= 20.97 \text{ KN/m}^2 && \text{Untuk stiffener, main frame} \\ P_{O3} &= 16.77 \text{ KN/m}^2 && \text{Untuk webframe, stringer} \end{aligned}$$

Z = Jarak vertikal pusat beban ke base line

$$= \frac{1}{3} \times T$$

$$= \frac{1}{3} \times 7$$

$$= 2,33 \text{ m}$$

$$C_{F1} = 1,0 + \frac{5}{Cb} \left[0,2 - \frac{X}{L}\right] \quad \text{Untuk buritan kapal}$$

$$= 1,0 + \frac{5}{0,70} [0,2 - 0,1]$$

$$= 1,71$$

$$C_{F2} = 1,0 \text{ untuk } 0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7 \quad \text{Untuk tengah kapal}$$

$$C_{F3} = 1,0 + \frac{20}{Cb} \left[\frac{X}{L} - 0,7\right]^2 \quad \text{Untuk haluan kapal}$$

$$= 1,0 + \frac{20}{0,70} [0,9 - 0,7]^2$$

$$= 2,14$$

h) Beban pada sisi kapal di bawah garis air muat untuk pelat isi
 Beban pada daerah *midship* kapal

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 10 \times (T - Z) + P_{O1} \times C_{F2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7 - 2,33) + 27,96 \times 1,60 \times \left[1 + \frac{2,33}{7}\right] \end{aligned}$$

$$= 83,94 \text{ KN/m}^2$$

- i) Beban pada daerah sisi kapal di bawah garis air muat untuk *main frame*
Beban pada daerah *midship* kapal

$$\begin{aligned} P_{s_2} &= 10 \times (T - Z) + P_{o_2} \times C_{F_2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,0 - 2,33) + 20,97 \times 1 \times \left[1 + \frac{2,33}{7,0}\right] \\ &= 74,97 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

- j) Beban sisi kapal di bawah garis air muat untuk *web frame* dan *side stringers*
Beban pada daerah *midship* kapal

$$\begin{aligned} P_{s_2} &= 10 \times (T - Z) + P_{o_3} \times C_{F_2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,0 - 2,33) + 16,77 \times 1 \times \left[1 + \frac{2,33}{7,0}\right] \\ &= 69,03 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

- k) Beban sisi kapal di atas garis air muat

$$P_s = P_o \times C_F \times \left(\frac{20}{10 + Z - T}\right) \text{ KN/m}^2$$

(Ref : BKI Th.2013 Vol. II Sec. 4.B.2.1.2)

Dimana :

P_{o_1}	= 27,96 KN/m ²	Untuk plat kulit dan geladak cuaca
T	= 7 m	
Z	= 2,33 m	
C_{f_1}	= 1,71	Untuk Buritan Kapal
C_{f_2}	= 1,0	Untuk Midship
C_{f_3}	= 2,14	Untuk Haluan Kapal

- l) Beban sisi kapal di atas garis air muat untuk menghitung ketebalan plat sisi
Beban pada daerah *midship* kapal

$$\begin{aligned} P_{s_2} &= P_{o_1} \times C_{F_2} \times \left(\frac{20}{10 + Z - T}\right) \\ &= 27,96 \times 1 \times \left[\frac{20}{10 + 2,33 - 7}\right] \\ &= 104,84 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

- m) Beban pada alas kapal

Beban luar pada alas / dasar kapal adalah dihitung menurut formula sebagai berikut :

$$P_B = 10 \times T + P_o \times C_f \text{ KN/m}^2$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec.4. B.3)

Dimana :

T	= 8,50 m	
P _{O1}	= 27,96 KN/m ²	Untuk plat
P _{O2}	= 20,97 KN/m ²	Untuk <i>bottom longitudinal, stiffener</i>
P _{O3}	= 16,77 KN/m ²	Untuk <i>transversal, stringer, girder</i>
Cf ₁	= 1,71	Untuk buritan kapal
Cf ₂	= 1,0	Untuk midship kapal
Cf ₃	= 2,14	Untuk haluan kapal

Beban alas kapal untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca

Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times T + P_{O1} \times Cf_2 \\ &= 10 \times 7 + 27,97 \times 1,0 \\ &= 97,96 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban alas untuk menghitung bottom

Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times T + P_{O2} \times Cf_2 \\ &= 10 \times 7 + 20,97 \times 1,0 \\ &= 90,97 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban alas untuk menghitung bottom

Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times T + P_{O3} \times Cf_2 \\ &= 10 \times 7 + 16,77 \times 1,0 \\ &= 86,77 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Plat Kulit Dan Plat Geladak Kekuatan

a) Menentukan Tebal Plat Geladak

Tebal plat geladak cuaca

Tebal plat geladak cuaca pada kapal tidak boleh kurang dari :

$$t_{G1} = 1,21 \times a \sqrt{P_D \times k} + tk \quad (\text{mm})$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 7.A.7.1)

Dimana :

P _{D1}	= 23,92 KN/m ²	untuk buritan kapal
P _{D2}	= 21,74 KN/m ²	untuk midship kapal
P _{D3}	= 28,99 KN/m ²	untuk haluan kapal
a	= jarak antar gading	
	= L/500 + 0.48	
	= 0,778 m	

diambil = 0,6 m jarak antar gading untuk haluan dan buritan kapal

= 0,8 m jarak antar gading untuk midship

= 0,75 m jarak gading memanjang pada geladak dan alas

a_{max} = 1000 mm

k = 1,0 faktor bahan

tk = 1,5 untuk t_B ≤ 10 mm

$$t_k = 0,5 \quad \text{untuk } t_B \geq 10 \text{ mm}$$

Tebal plat geladak pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{G2} &= 1,21 \times 0,8 \times \sqrt{21.74 \times 1} + 1,5 \\ &= 10,37 \text{ mm} \\ t_{G2} &= t_{G\min} + 1 \\ &= 10,37 + 1 \\ &= 11,37 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Menentukan Tebal Plat sisi Kapal

Tebal plat sisi kapal di bawah garis air muat

$$t_s = 1,21 \times a \times \sqrt{P_S \times k} + t_k \text{ (mm), Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref: BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 86,00 \text{ KN/m}^2 && \text{Untuk midship kapal} \\ a &= \text{jarak antar gading} \\ &= L/500 + 0,48 \\ &= 0,778 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak Gading melintang :

$$\begin{aligned} &\text{➤ } 0,6 \text{ m} && \text{Untuk Haluan dan Buritan} \\ &\text{➤ } 0,8 \text{ m} && \text{Untuk Midship} \\ k &= 1,0 && \text{Faktor bahan} \\ t_k &= 1,5 && \text{Untuk } t_B \leq 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{s\min} &= \sqrt{L \times k} \\ &= \sqrt{149,50 \times 1} \\ &= 12,22 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{s2} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{86,00 \times 1} + 1,5 \\ &= 10,37 \text{ mm} \\ t_{s2} &= t_{s\min} + 1,5 \\ &= 12,22 + 2 \\ &= 14,22 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal plat sisi kapal di atas garis air muat

$$t_s = 1,21 \times a \times \sqrt{P_S \times k} + t_k \quad \text{Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref: BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 44,73 \text{ KN/m}^2 && \text{Untuk midship kapal} \\ a &= \text{jarak antar gading} \end{aligned}$$

$$= L/500 + 0.48$$

$$= 0,778 \text{ m}$$

Jarak Gading melintang :

➤ 0,6	m	Untuk haluan dan buritan
➤ 0,8	m	Untuk midship
k	= 1,0	Faktor bahan
tk	= 1,5	Untuk $t_B \leq 10 \text{ mm}$

$$t_{s_{\min}} = \sqrt{L \times k}$$

$$= \sqrt{149,50 \times 1}$$

$$= 12,22 \text{ mm}$$

$$t_{s_2} = 1,21 \times 0,8 \times \sqrt{44,73 \times 1} + 1,5$$

$$= 6,68 \text{ mm}$$

$$t_{s_1} = t_{s_{\min}} + 1,5$$

$$= 12,22 + 1,5$$

$$= 13,72 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

c) Tebal Plat Alas Kapal (*Bottom Plate*)

$$t_B = 1,21 \times a \times \sqrt{P_B \times k} + tk \text{ (mm) Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref : BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.B.1.2)

Dimana :

P_{B2}	= 97.96 KN/m ²	Untuk midship kapal
a	= jarak antar gading	
	= L/500 + 0.48	
	= 0,778 m	

diambil	= 0,75 m	Untuk midship (bottom long)
k	= 1,0	Faktor bahan
tk	= 1,5	Untuk $t_B \leq 10 \text{ mm}$

$$t_{s_{\min}} = \sqrt{L \times k}$$

$$= \sqrt{149.50 \times 1}$$

$$= 12,22 \text{ mm}$$

Tebal plat alas pada daerah midship

$$t_{b_2} = 1,21 \times 0,69 \times \sqrt{97,96 \times 1} + 1,5$$

$$= 9,76 \text{ mm}$$

$$t_{b_2} = t_{s_{\min}} + 2$$

$$= 12,22 + 2$$

$$= 14,22 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

d) Menentukan Tebal Plat Lajur Bilga

Tebal plat lajur bilga diambil harga terbesar dari harga tebal plat alas atau plat sisi (*BKI Th. 2014 Vol. II Sec 6.B.4.1*) dengan ketentuan sebagai berikut.

- Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,05 L dari AP = 14 mm
- Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,4 L midship = 14 mm
- Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,1 L dari FP = 14 mm

Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (149,50) \\ &= 1547 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Ref : *BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.B.4.2*)

e) Menentukan Plat Lajur Atas (*Sheer Strake*)

Lebar plat sisi lajur atas tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (149,50) \\ &= 1547 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Ref : *BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.C.3.1*)

Tebal plat lajur atas di luar midship umumnya tebalnya sama dengan

$$t = 0,5 (t_D + t_S)$$

(Ref : *BKI Th. 2014 Vol. II Sec. 6.C.3.2*)

Dimana :

t_D : Tebal plat geladak

t_S : Tebal plat sisi

Pada 0,4L Midship ,

$$\begin{aligned} t &= 0,5 (12 + 15) \\ &= 13,5 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2.3 Konstruksi Dasar Ganda

Secara Umum

- a. Pada kapal container, dasar ganda terletak antara sekat tubrukan dengan sekat buritan
- b. Dalam tangki ceruk haluan dan ceruk buritan tidak perlu dipasang alas ganda.

Penumpu Tengah (*Centre Girder*)

- a. Penumpu tengah harus kedap air, sekurang-kurangnya 0,5 L tengah kapal jika dasar ganda tidak dibagi kedap air oleh penumpu samping.
- b. Penumpu tengah pada 0,75 L di tengah kapal tidak boleh kurang dari :

(Ref : *BKI Th. 2014 Sec. 8.B.2.2*)

c. Tinggi penumpu tengah

$$h_{\min} = 600 \text{ mm}$$

$$h = 350 + 45 \times B$$

$$= 350 + 45 \times 27,7$$

$$h = 1596,6 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm}$$

d. Tebal penumpu tengah

$$\begin{aligned} t &= (h/100 + 1,0) \sqrt{tk} \\ &= (1600/100 + 1,0) \sqrt{1} \\ &= 17 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk 0,15 L pada ujung kapal, tebal penumpu tengah ditambah 10%.

$$\begin{aligned} t &= 17 + 10\% \times 17 \\ &= 18.7 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penumpu samping (*Side Girder*)

a) Penumpu samping (S.G)

Penumpu samping sekurang-kurangnya dipasang satu dalam kamar mesin dan 0,25 L, bagian haluan. Untuk jarak setengah lebar kapal lebih dari 8 m dipasang dua penumpu samping dengan jarak antar side girder tidak boleh lebih dari 4 m. Maka untuk kapal dengan jarak setengah lebar 13.85 m, dipasang dengan tiga penumpu samping.

b) Tebal penumpu samping tidak boleh kurang dari :

$$t = \left[\frac{h^2}{120 \times ha} \right] \cdot \sqrt{k} \quad (\text{mm}) \quad (\text{Ref : BKI Th. 2014 Sec. 8.B.3.2})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} h &= \text{tinggi center girder} \\ &= 1596,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ha &= \text{tinggi side girder 1} \\ &= 1400 \text{ mm} \\ &= \text{tinggi side girder 2} \\ &= 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} t_1 &= \left[\frac{1596,6^2}{120 \times 1400} \right] \cdot \sqrt{1} \\ &= 15,17 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= \left[\frac{11596,6^2}{120 \times 1400} \right] \cdot \sqrt{1} \\ &= 15,17 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk 0,15 L pada ujung kapal, tebal penumpu samping ditambah 10%.

$$\begin{aligned} t_1 &= 15 + 10\% \times 15 \\ &= 16,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= 15 + 10\% \times 15 \\ &= 16,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

c) Alas dalam

Tebal plat alas dalam (*Inner Bottom Plate*) tidak boleh kurang dari :

$$t = 1,1 \times a \sqrt{P \times k} + t_k$$

(Ref : *BKI Th. 2014 Sec. 8.B.4.1*)

Dimana :

$$P_{BM} = \text{Beban alas dalam} \quad \textit{Inner bottom, midship}$$

$$= 96,12 \text{ KN/m}^2$$

$$a = 0,75 \text{ m} \quad \text{Jarak gading memanjang untuk alas dan geladak}$$

Tebal plat alas dalam (inner Bottom plate) pada ruang muat

$$t_B = 1,1 \times 0,75 \times \sqrt{96,12 \times 1} + 1,5$$

$$= 9,58 \approx 10 \text{ mm}$$

Alas Ganda Sebagai Tangki

Tangki bahan bakar dan minyak lumas :

- Tangki alas ganda boleh digunakan untuk mengangkut minyak guna keperluan kapal yang titik nyalanya dibawah 60° C , tangki ini dipisahkan oleh cofferdam.
- Tangki minyak lumas, tangki buang, dan tangki sirkulasi harus dipisahkan oleh cofferdam.
- Minyak buang dan tangki sirkulasi minyak harus dibuat sedapat mungkin dipisahkan dari kulit kapal.
- Penumpu tengah harus dibuat kedap dan sempit diujung kapal jika alas ganda pada tempat tersebut tidak melebihi 4 m.
- Papan diatas alas ganda harus ditekan langsung diatas gelar-gelar guna mendapatkan celah untuk aliran air.

Dasar Ganda Dalam Sistem Gading Memanjang

a) Wrang alas penuh (*Solid Floor*)

- Dianjurkan untuk memasang wrang pada setiap gading dimana sistem gadingnya adalah :
 - Dibagian penguat alas haluan
 - Didalam kamar mesin
 - Dibawah ruang muat
 - Pondasi Ketel
 - Wrang alas penuh harus dipasang sekat melintang di bawah topang ruang muat.
- Dibagian lain D.G. jarak terbesar wrang alas penuh tidak boleh kurang dari 2,9 m untuk kapal $L \geq 100 \text{ m}$.
- Tebal wrang alas penuh Tidak boleh kurang dari :

$$t_{pf} = (t_m - 2) \sqrt{k}$$

$$t_m = \text{tebal centre girder}$$

$$= (19- 2) \sqrt{1}$$

$$= 17 \quad \text{mm}$$

(Ref : BKI Th. 2014 Sec. 8.B.6.2)

4. Lubang peringan

- Panjang max = $0,75 \times h$
 $= 0,75 \times 1280$
 $= 960 \quad \text{mm}$
 Direncanakan = 900 mm
- Tinggi max = $0,5 \times h$
 $= 0,5 \times 1600$
 $= 800 \quad \text{mm}$
 Direncanakan = 800 mm
- Diameter = $1/3 \times h$
 $= 1/3 \times 1600$
 $= 533,33 \quad \text{mm}$
 Direncanakan = 500 mm
- Jarak *min.* lubang peringan dari penumpu tengah dan plat tepi tidak boleh kurang dari 0,4 tinggi penumpu tengah.
 Jarak minimal = $0,4 \times 1600$
 $= 640 \quad \text{mm}$

b) Wrang Alas Kedap Air

1. Tebal dari wrang alas kedap air tidak boleh kurang dari wrang alas penuh = 17 mm
2. Ukuran *Stiffener* pada wrang kedap air :

$$W = 0,55 \times k \times a \times l^2 \times P$$

(Ref : BKI Th. 2014 Sec. 8.B.6.4.3)

Dimana :

$$l = h_{DB} - 50$$

$$= 1600 - 50$$

$$= 1550 \text{ mm}$$

$$= 1,55 \text{ m}$$

$$a = \text{jarak antar stiffener}$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$n = 0,55 \text{ jika } P = P_i$$

$$k = 1,0$$

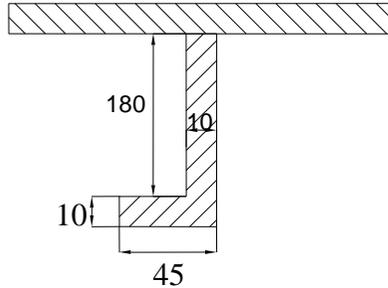
$$P_b = 96,12 \text{ KN/m}^2$$

Jadi :

$$W = 0,55 \times 1,0 \times 0,75 \times (1,55)^2 \times 96,12$$

$$= 95,26 \text{ cm}^3, \text{ diambil } 96$$

Stiffner yang direncanakan **L 180 x 45 x 10**



c) **Pembujur Alas (*Bottom Long*) dan Pembujur Alas Dalam (*Inner Bottom Long*)**

$$W = \frac{8,33}{\sigma_{pr}} \times m \times a \times l^2 \times P \quad (\text{Ref: BKI Th. 2014 Sec.9.B.3.1})$$

Dimana:

$$k = 1$$

$$\sigma_{pr} = \frac{150}{k} \quad \text{N/mm}^2$$

$$= \frac{150}{k} = 150$$

$$m_{\min} = k \times n,$$

$$n = 0,55 \text{ jika } P = P_i$$

$$m_{\min} = 1 \times 0,55$$

$$= \mathbf{0,55} \quad \text{untuk inner bottom long}$$

$$= 1 \times 0,7$$

$$= \mathbf{0,7} \quad \text{untuk bottom longitudinal}$$

$$a = \text{jarak gading pembujur} = 0,75 \text{ m}$$

$$l = \text{panjang tak ditumpu}$$

$$= 4 \times a \text{ (jarak gading melintang)}$$

$$= 4 \times 0,7 = 2,8 \text{ m}$$

$$P_i = 96,12 \text{ kN/m}^2 \text{ (beban alas dalam)}$$

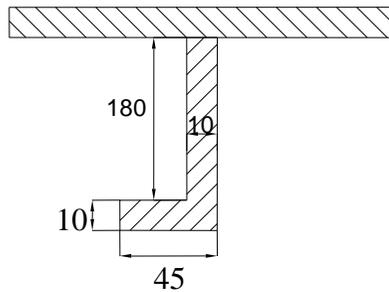
$$P_b = 90,97 \text{ kN/m}^2 \text{ (beban alas)}$$

a. **Modulus pembujur alas dalam (*Inner Bottom Long*)**

$$W = \frac{83,3}{150} \times 0,55 \times 0,75 \times (2,8)^2 \times 96,12$$

$$= 172,62 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **L 180 x 45 x 10**

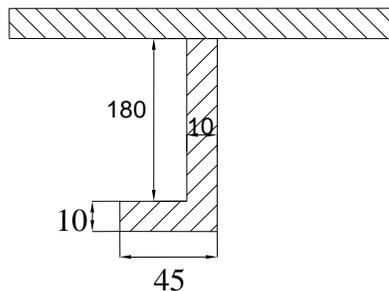


b. Modulus pembujur alas (*bottom longitudinal*)

$$W = \frac{83,3}{150} \times 0,7 \times 0,75 \times (2,8)^2 \times 90,97$$

$$= 207,93 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **L 180 x 45 x 10**



4.2.4 Perhitungan Gading-Gading

Jarak Gading Normal

- Menurut BKI Th. 2014 jarak gading normal antara 0,2 L dari FP sampai sekat ceruk buritan adalah tidak boleh kurang dari 600 mm.
- Di depan sekat tubrukan dan di belakang sekat ceruk buritan jarak gading normal maksimal 600 mm.
- Jarak gading tidak boleh lebih dari:

$$a = \frac{L}{500} + 0,48$$

$$= \frac{149,5}{500} + 0,48$$

$$= 0,779 \text{ m} \approx \text{diambil } 0,75 \text{ m}$$

1. Gading-Gading Besar (*Web Frame*)

Modulus gading Besar tidak boleh kurang dari :

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n_c \times k \quad (\text{Ref : BKI Th. 2014 Sec. 9.A.5.3})$$

Dimana :

- a = jarak antar gading melintang
 = 0,8 m Midship
 e = $4 \times a$
 = $4 \times 0,8 = 3,2$ m
 l = panjang tak ditumpu (jarak antar side *stringer*)
 ;direncanakan: $l = 3,75$ m
 P_{s2} = $69,03 \text{ kN} / \text{m}^2$
 n_c = 0,2
 k = 1,0

Number of cross ties	n_c
0	1,0
1	0,5
2	0,3
≥ 3	0,2

Jadi,

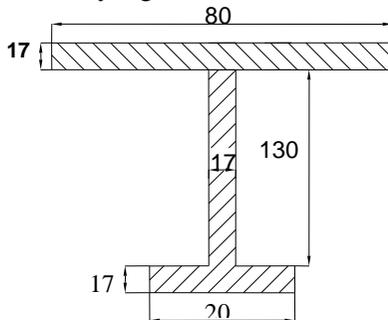
- 1) Modulus & perencanaan profil penampang gading besar pada daerah midship $a = 0,8$ m

$$P_{s2} = 74,27 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$W = 0,55 \times 3,2 \times (3,75^2) \times 69,03 \times 0,2 \times 1,0$$

$$= 299,00 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Profil yang direncanakan **T 80 x 17 FP 20 x 17**



Koreksi modulus :

$$\text{Lebar berguna} = (40 \sim 50) \times \text{tebal plat} \quad ; \text{diambil } 50 \times \text{tebal plat}$$

$$= 50 \times 1,7$$

$$= 65 \text{ cm}$$

$$f = 13 \times 1,7 = 22,1 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 20 \times 1,7 = 34,0 \text{ cm}^2$$

$$F = 80 \times 1,7 = 136,0 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,163$$

$$f_s/F = 0,250$$

$$w = 0,110$$

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,110 \times 136 \times 20$$

$$= 299,20 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan
 299,20 > 299,00 (memenuhi)

4.3 Perhitungan Senta Sisi (Side Stringer)

Modulus senta sisi tidak boleh kurang dari :

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n_c \times k \quad (\text{Ref: BKI Th. 2014 Sec. 9.A.5.3})$$

Dimana :

$$e = \text{lebar pembebanan} \\ = 3,75 \text{ m}$$

$$P_{s_2} = 69,03 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{Untuk daerah tengah kapal})$$

$$l = \text{panjang tak ditumpu} \\ = 4 \times a \\ = 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ m (4 jarak gading)}$$

$$n_c = 1,0$$

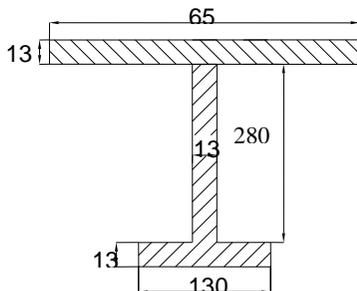
$$K = 1,0$$

Jadi :

a. Modulus senta sisi pada daerah midship

$$W = 0,55 \times 3,75 \times (3,2)^2 \times 69,03 \times 1,0 \times 1,0 \quad (\text{cm}^3) \\ = 722,15 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 280 x 13 FP 130 x 13**



Koreksi modulus :

$$\text{Lebar berguna} = (40 \sim 50) \times \text{tebal plat} \quad ; \text{diambil } 50 \times \text{tebal plat} \\ = 50 \times 1,3 \\ = 65 \text{ cm}$$

$$f = 13 \times 1,3 = 16,9 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 28 \times 1,3 = 36,4 \text{ cm}^2$$

$$F = 65 \times 1,3 = 84,5 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,200$$

$$f_s/F = 0,431$$

$$w = 0,310$$

$$W = w \times F \times h \\ = 0,310 \times 84,5 \times 28 \\ = 733,46 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan

$$733,46 > 722,15 \quad (\text{memenuhi})$$

4.2.5 Perhitungan Balok Geladak

1. Pembujur geladak (*Deck Longitudinal*) Pada Daerah Midship

Modulus pembujur geladak (*Deck Long*) tidak boleh kurang dari:

$$W = \frac{83,3}{\sigma_{pr}} \times m \times a \times l^2 \times P$$

(Ref : BKI Th. 2014 Sec.9.B.3.1)

Dimana:

$$k = 1$$

$$\begin{aligned} \sigma_{pr} &= \frac{150}{k} \quad \text{N/mm}^2 \\ &= \frac{150}{1} = 150 \end{aligned}$$

$$m_{\min} = k \times n$$

$$\begin{aligned} m_{\min} &= 1 \times 0,7 \\ &= \mathbf{0,7} \end{aligned}$$

$$a = \text{jarak gading pembujur} = 0,75 \text{ m}$$

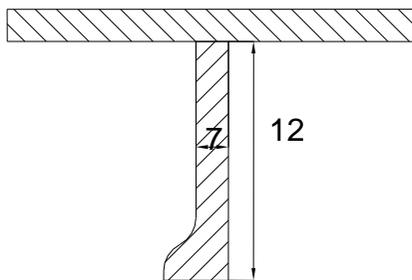
$$\begin{aligned} l &= \text{panjang tak ditumpu} \\ &= 4 \times a \text{ (jarak gading melintang)} \\ &= 4 \times 0,75 = 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Pd = 16,31 \text{ kN/m}^2$$

Pembujur geladak (*Deck Long*) daerah midship

$$\begin{aligned} W &= \frac{83,3}{\sigma_{pr}} \times m \times a \times l^2 \times Pd \\ &= \frac{83,3}{150} \times 0,7 \times 0,75 \times (3)^2 \times 16,31 \\ &= 42,79 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan **BP 180 x 10**



4.2.6 Balok Geladak Besar (*Strong Beam*)

1. Modulus penampang *strong beam* tidak boleh kurang dari :

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

(Ref : BKI Th. 2014 Sec. 10.B.4.1)

Dimana,

$$c = 0,75$$

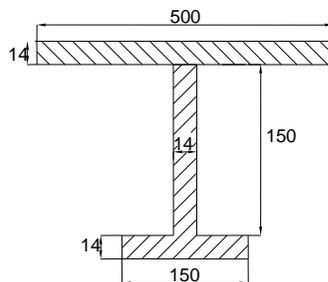
untuk *beams, girders* dan *transversal*

$$\begin{aligned}
 e &= \text{jarak gading besar} \\
 &= 4 \times a \\
 &= 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ m} \\
 l &= \text{panjang tak di tumpu} \\
 &= 3,75 \text{ m} \\
 P_{D2} &= 16,31 \text{ KN/m}^2 \text{ untuk Midship kapal} \\
 k &= 1,0
 \end{aligned}$$

a. Modulus *Strong beam* pada midship kapal $a = 0,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 W &= 0,75 \times 3,2 \times (3,75)^2 \times 16,31 \times 1,0 \text{ (cm}^3\text{)} \\
 &= 385,26 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan **T 500 x 14 FP 150 x 14**



Koreksi modulus :

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar berguna} &= (40 \sim 50) \times \text{tebal plat} \text{ ;diambil } 50 \times \text{tebal plat} \\
 &= 50 \times 1,0 \\
 &= 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f = 10 \times 1,4 = 14 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 15 \times 1,4 = 21 \text{ cm}^2$$

$$F = 50 \times 1,4 = 70 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,2$$

$$f_s/F = 0,3$$

$$w = 0,390$$

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,390 \times 50 \times 24$$

$$= 409,5 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan

$$409,5 > 385,29 \text{ (memenuhi)}$$

4.3 Penumpu Geladak (*Deck Girder*)

Tinggi penumpu tidak boleh kurang dari $1/25$ panjang tak ditumpu tinggi plat bilah hadap, penumpu yang dilubangi (lubang las) untuk balok geladak yang menerus minimal $1,5 \times$ tinggi geladak.

1. Modulus Penumpu geladak tengah (*Center Deck Girder*)

$$W = c \times e \times l^2 \times P_d \times k \quad (\text{cm}^3)$$

(Ref : BKI Th. 2014 Sec. 10.B.4.1)

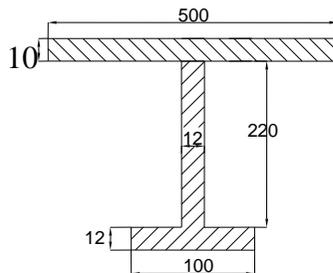
Dimana :

$$\begin{aligned} c &= 0,75 \\ e &= \text{lebar pembebanan} \\ &= 3,6 \text{ m} \\ l &= \text{panjang tak di tumpu} \\ &= 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ m} \\ P_{DI} &= 13,05 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{midship}) \\ k &= 1,0 \end{aligned}$$

- a. Modulus penampang penumpu tengah (*Centre Deck Girder*) pada midship tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 3,6 \times (3,2)^2 \times 13,05 \times 1,0 \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 360,80 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan **T 220 x 12 FP 100 x 12**



Koreksi modulus :

$$\begin{aligned} \text{Lebar berguna} &= (40 \sim 50) \times \text{tebal plat} \quad ; \text{diambil } 50 \times \text{tebal plat} \\ &= 50 \times 1,0 \\ &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f = 10 \times 1,2 = 12 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 22 \times 1,2 = 26,4 \text{ cm}^2$$

$$F = 50 \times 1,0 = 50 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,240$$

$$f_s/F = 0,528$$

$$w = 0,345$$

$$\begin{aligned} W &= w \times F \times h \\ &= 0,345 \times 72 \times 22 \\ &= 379,50 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan

$$\mathbf{379,50} > \mathbf{360,8} \quad (\text{memenuhi})$$

2. Modulus Penumpu geladak samping (*Side Deck Girder*)

$$W = c \times e \times l^2 \times P_d \times k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

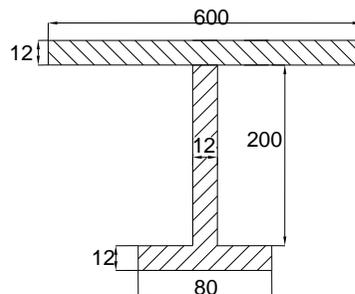
$$\begin{aligned} c &= 0,75 \\ e &= \text{lebar pembebanan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,60 \text{ m} \\
 l &= \text{panjang tak di tumpu} \\
 &= 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ m} \\
 P_{D1} &= 13,05 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{midship}) \\
 k &= 1,0
 \end{aligned}$$

- a. Modulus penampang SDG pada daerah midship tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 W &= 0,75 \times 3,6 \times (2,4)^2 \times 13,05 \times 1,0 \text{ (cm}^3\text{)} \\
 &= 202,95 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan **T 200 x 12 FP 80 x 12**



Koreksi modulus :

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar berguna} &= (40 \sim 50) \times \text{tebal plat} \quad ; \text{diambil } 50 \times \text{tebal plat} \\
 &= 50 \times 1,2 \\
 &= 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f = 8 \times 1,2 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 20 \times 1,2 = 24 \text{ cm}^2$$

$$F = 60 \times 1,2 = 72 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,133$$

$$f_s/F = 0,333$$

$$w = 0,215$$

$$\begin{aligned}
 W &= w \times F \times h \\
 &= 0,215 \times 72 \times 20 \\
 &= 309,60 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan

$$309,60 > 202,95 \quad (\text{memenuhi})$$

4.4 Corrugated Plate

Untuk perencanaan *Corrugated Plate* mengadopsi aturan berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume II 2014 Section 11 dengan cara merencanakan dan menghitung modulus, tebal pelat sekat bergelombang tidak boleh kurang dari:

$$W = t \cdot d (b + s/3) \quad [\text{cm}^3]$$

dimana :

e = *width of element* [cm]

b = *breadth of face plate* [cm]

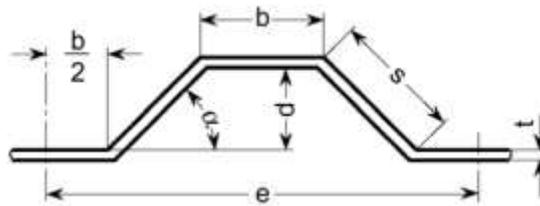
s = *breadth of web plate* [cm]

d = *distance between face plates* [cm]

t = plate thickness [cm]

$\alpha \geq 45^\circ$

W = Modulus Plate



Perencanaan Corrugated Plate Untuk Geladak :

$$W = t \cdot d \cdot (b + s/3) \quad [\text{cm}^3]$$

Dimana :

$$e = 80 \quad [\text{cm}]$$

$$b = 350 \quad [\text{mm}]$$

$$s = 100 \quad [\text{mm}]$$

$$d = 100,6 \quad [\text{mm}]$$

$$t = 13 \quad [\text{mm}]$$

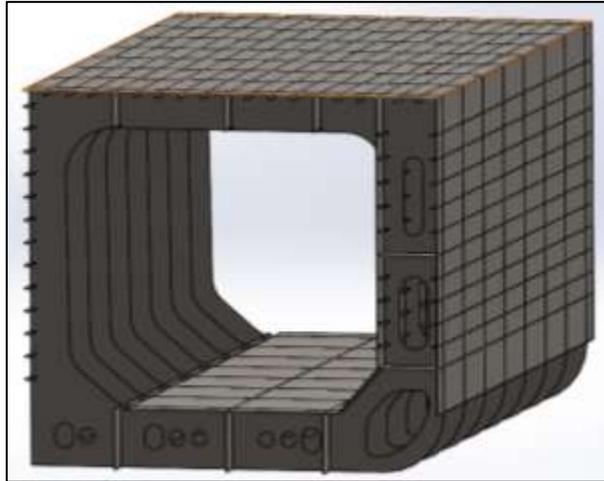
$$\alpha \geq 60^\circ$$

$$\begin{aligned} W &= 13 \times 100,6 \cdot (350 + 100/3) \quad [\text{cm}^3] \\ &= 501.323,3 \quad [\text{cm}^3] \end{aligned}$$

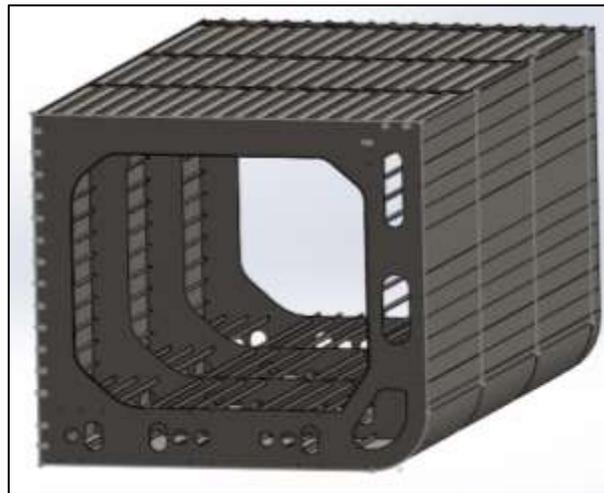
4.5 Pembuatan Model

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisa beban statis dan beban dinamis dari suatu konstruksi tanki pada Kapal Tanker 17.500 DWT yang dimodelkan dengan program Solidwork yang berbasis metode elemen hingga, kemudian disumilasikan agar diketahui hasil analisa, hasil dari serangkaian analisa yang didapatkan adalah untuk mengetahui nilai maximum stress, displacement, dan maximum strain dari konstruksi tanki tersebut.

Besarnya tegangan dari konstruksi kapal tanker tersebut yang didapat akan digunakan untuk mengetahui parameter parameter analisa kegagalan dari sebuah desain konstruksi. Adapun input properties untuk permodelan konstruksi deck yang digunakan berdasarkan variasi konstruksi deck dengan pembebanan statis dan dinamis.

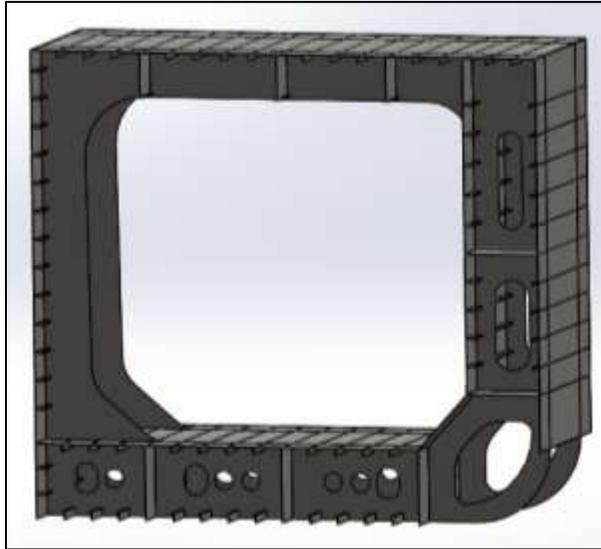


Gambar 4. 2 Pemodelan konstruksi deck kapal Tanker 17.500 DWT

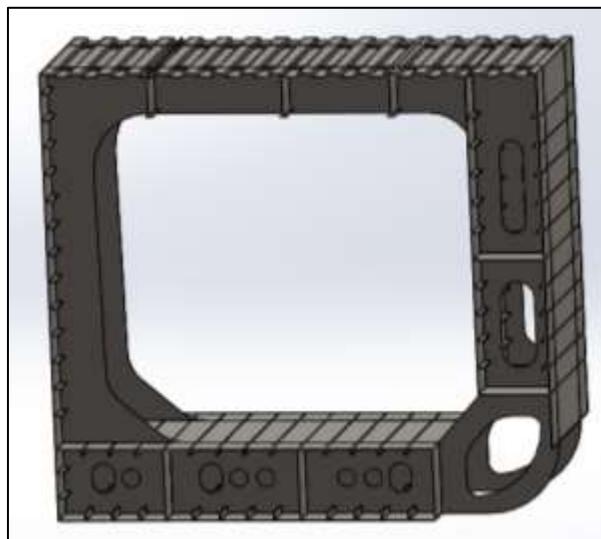


Gambar 4. 3 Pemodelan konstruksi corrugated deck kapal Tanker 17.500 DWT

Detail pengaruh pada konstruksi yang diakibatkan karena adanya gaya yang berkerja pada permukaan konstruksi dan karena kosntruksi ini pada bagian parallel midle body maka dibuatlah, konstruksi detail yang berjarak 1 kali webframe masing – masing 3 meter, konstruksi detail tersebut bisa dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 4. 4 Deck Longitudinal Model kapal Tanker 17.500 DWT

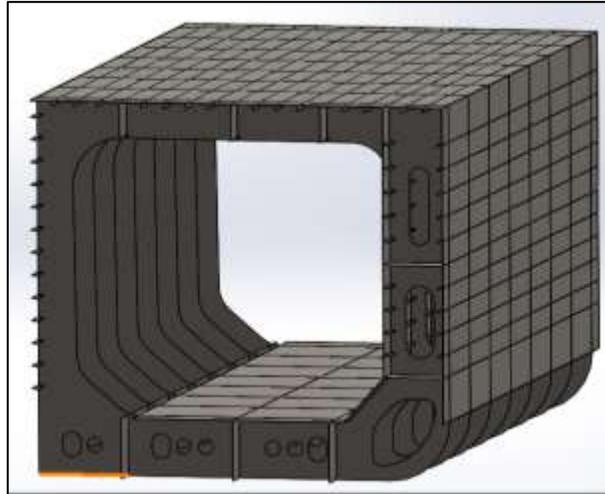


Gambar 4. 5 Corrugated Deck Model kapal Tanker 17.500 DWT

4.6 Simulasi Pengujian Konstruksi

4.6.1 Pemilihan Pembebanan secara Statis dan Dinamis

Menentukan sifat pembebanan yang akan diberikan pada kedua jenis konstruksi, baik pembebanan secara statis maupun juga secara pembebanan secara dinamis.



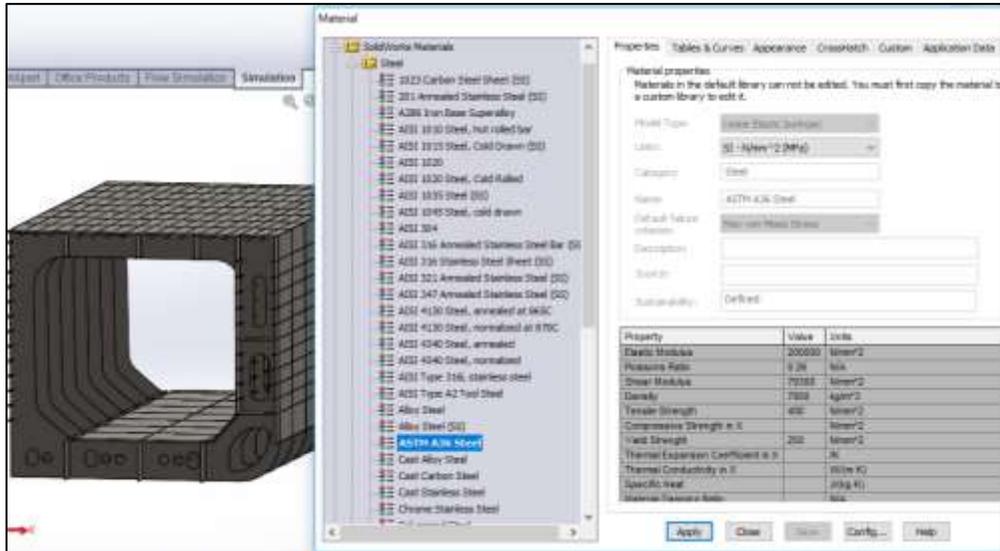
Gambar 4. 6 Pemodelan pemilihan beban konstruksi geladak bergelombang

4.6.2 Pemilihan Material

Semua sifat material yang dibutuhkan oleh jenis analisis terkait dan model material yang ditentukan. Model material menggambarkan perilaku material dan menentukan sifat material yang dibutuhkan.

Tabel 4. 3 Material ASTM 36 steel

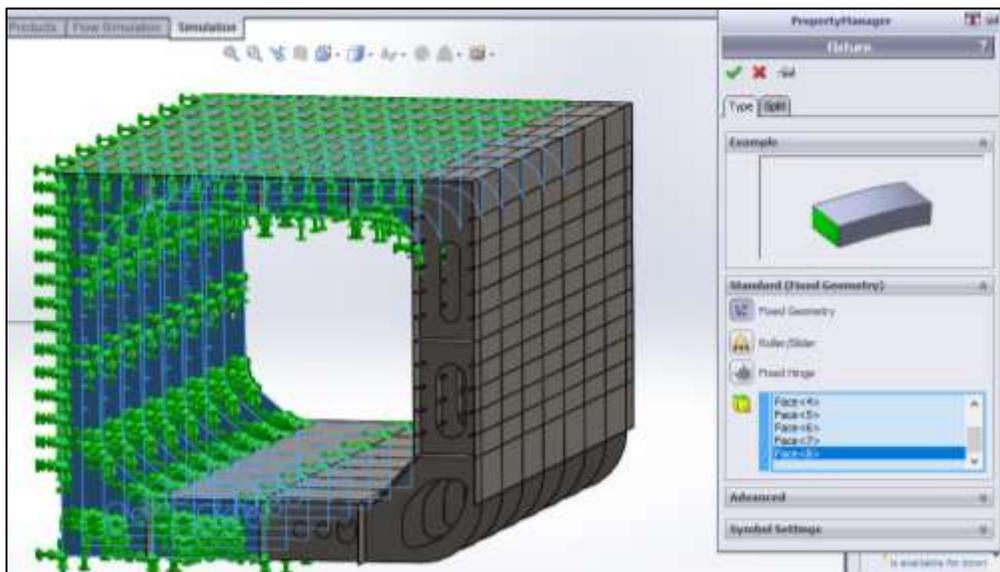
Material ASTM 36 Steel		
Property	Value	Units
Elastic modulus	200.000.000.000	N/m ²
Poisson's ratio	0,26	N/A
Shear modulus	79.300.000.000	N/m ²
Mass density	7850	kg/m ³
Tensile strength	40.000.000	N/m ²
Yield strength	250.000.000	N/m ²
Thermal conductivity		W/(m-k)
Specific heat		J/(kg-k)



Gambar 4. 7 Pemodelan pemilihan material konstruksi geladak bergelombang

4.6.3 Pemilihan Fixtures

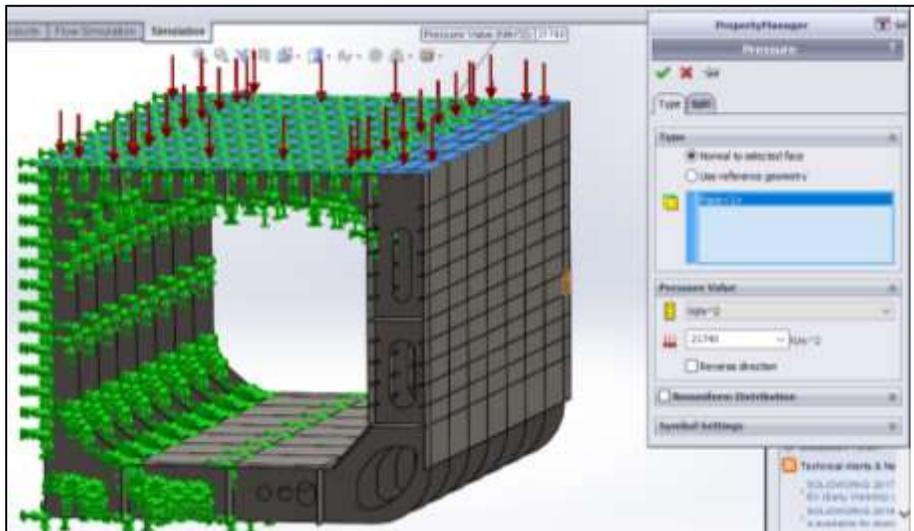
Fixture PropertyManager memungkinkan Anda untuk menentukan pemindahan nol atau non-zero pada simpul, tepi, atau wajah untuk digunakan dengan studi statik, frekuensi, tekuk, dinamis dan nonlinier.



Gambar 4. 8 Pemodelan *fix geometry* konstruksi geladak bergelombang

4.6.4 Pemilihan External Load

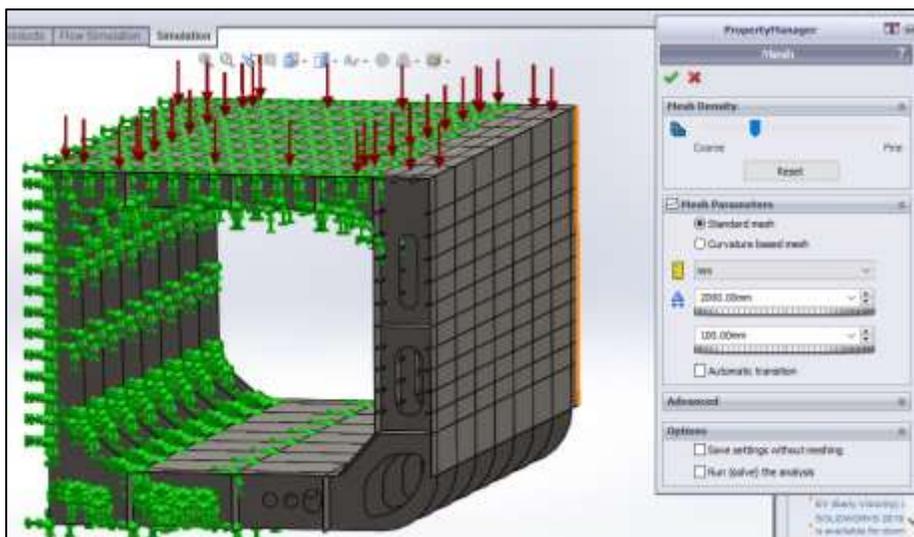
Penerapkan tekanan seragam atau tidak seragam (variabel) ke wajah untuk digunakan dalam studi struktural (statis, frekuensi, tekuk, nonlinier dan dinamis).



Gambar 4. 9 Pemodelan *external load* konstruksi geladak bergelombang

4.6.5 Penentuan Meshing

Meshing adalah langkah yang sangat penting dalam analisis desain. Mesher otomatis dalam perangkat lunak menghasilkan mesh berdasarkan ukuran elemen global, toleransi, dan spesifikasi kontrol mesh lokal. Kontrol jala memungkinkan Anda menentukan ukuran elemen yang berbeda untuk komponen, wajah, tepi, dan simpul.



Gambar 4. 10 Pemodelan penentuan *meshing* konstruksi geladak bergelombang

4.7 Analisa Hasil Simulasi Model Konstruksi

Hasil dari serangkaian analisa yang didapatkan adalah untuk mengetahui nilai maximum stress, displacement, dan strain serta besarnya tingkat defleksi dari konstruksi deck. Besarnya tegangan dari konstruksi deck yang didapat akan digunakan untuk mengetahui parameter – parameter analisa kegagalan dari sebuah desain struktur.

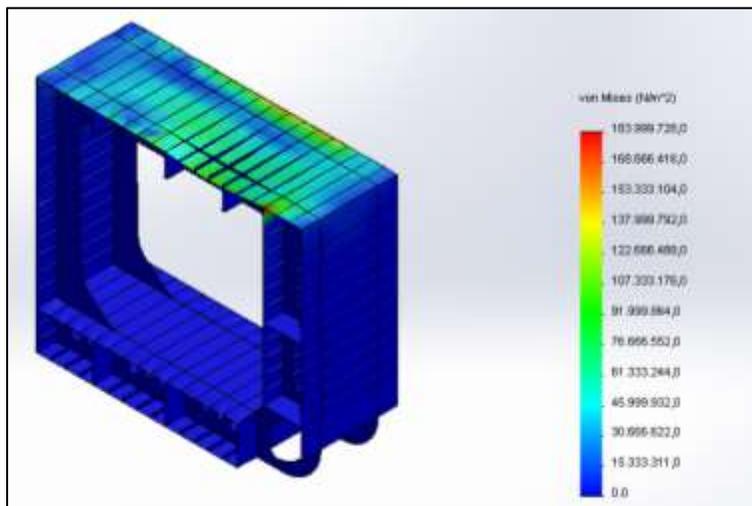
4.7.1 Hasil Simulasi Model Konstruksi Pembebanan Statis

4.7.1.1 Pembebanan Statis (*Stress*)

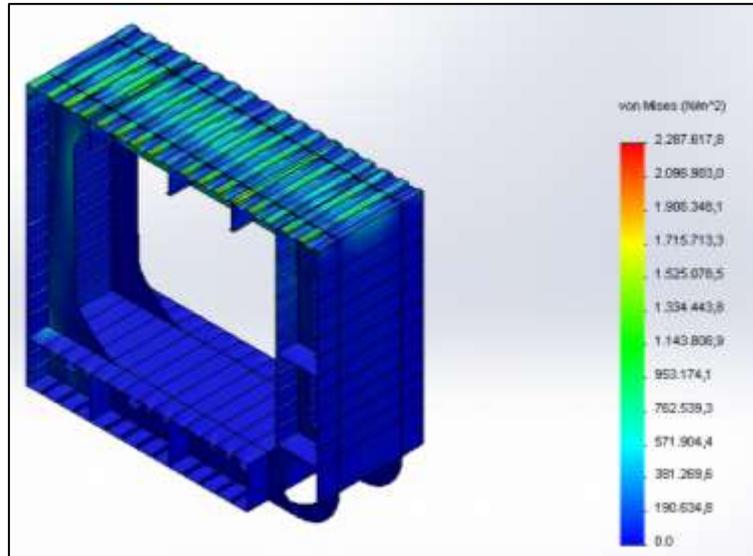
Tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa tegangan pada konstruksi Deck Longitudinal Model dengan konstruksi Corrugated Deck Model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Perbandingan nilai tegangan pada pembebanan statis

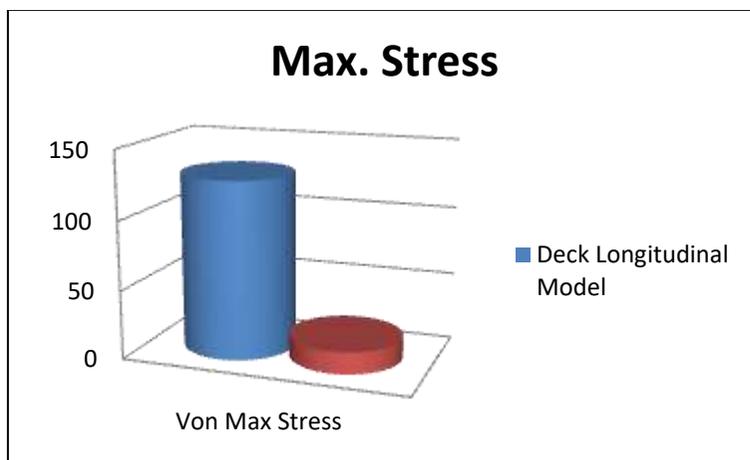
Area	Deck Longitudinal Model (N/m ²)	Corrugated Deck Model (N/m ²)
A1	183.999.726	2.287.317,8
A2	183.999.726	2.287.317,8
A3	183.999.726	2.287.317,8
A4	183.999.726	2.287.317,8
A5	183.999.726	2.287.317,8
A6	183.999.726	2.287.317,8
A7	183.999.726	2.287.317,8
Jumlah	128,8 x 10 ⁷	16,01 x 10 ⁷



Gambar 4. 11 Analisa tegangan pada konstruksi geladak pembebanan statis



Gambar 4. 12 Tegangan pada *corrugated* pembebanan statis



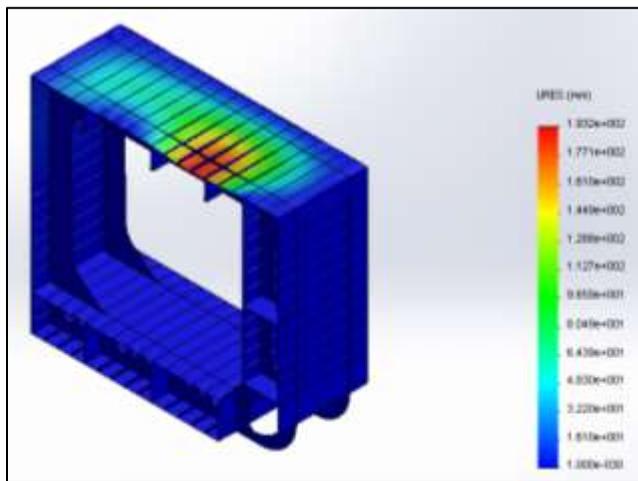
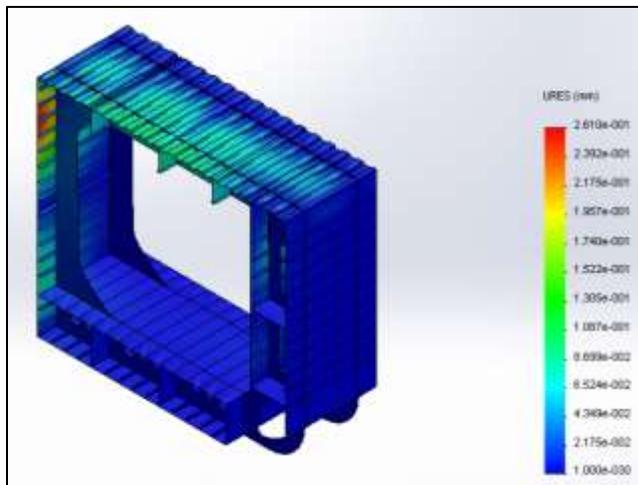
Gambar 4. 13 Tegangan maksimal pada *corrugated* pembebanan statis

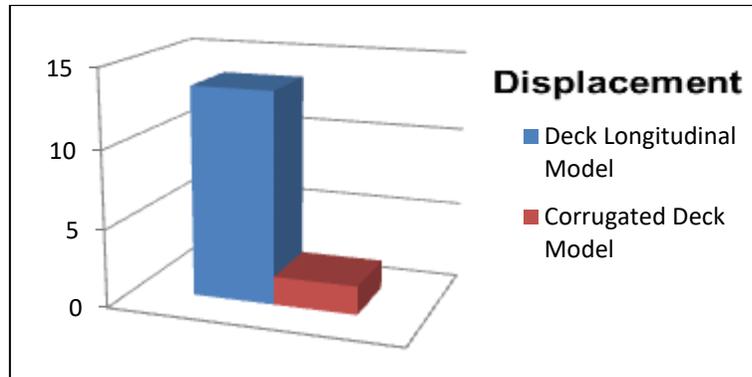
4.7.1.2 Pembebanan Statis (*Displacement*)

Displacement adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya. Dalam hal ini melengkung atau mengalami deformasi. Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Apa bila gaya bekerja, mau gaya sekecil apapun maka benda itu akan mengalami perubahan bentuk. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa Displacement pada konstruksi Deck Longitudinal Model dengan konstruksi Corrugated Deck Model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Perbandingan nilai displacement pada pembebanan statis

Area	Deck Longitudinal Model (mm)	Corrugated Deck Model (mm)
A1	193,181	0.260966
A2	193,181	0.260966
A3	193,181	0.260966
A4	193,181	0.260966
A5	193,181	0.260966
A6	193,181	0.260966
A7	193,181	0.260966
Jumlah	1352,267	1,826762

Gambar 4. 14 Analisa *displacement* pada geladak pembebanan statisGambar 4. 15 Displacement pada *corrugated* pembebanan statis



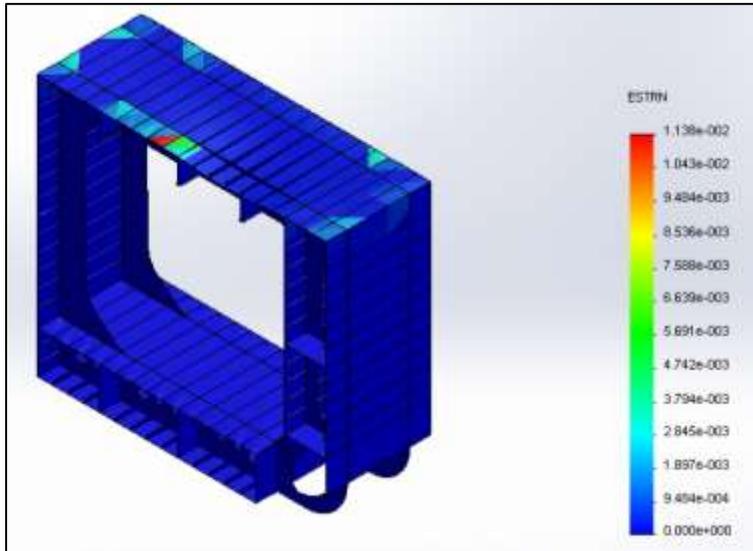
Gambar 4. 16 Displasement pada *corrugated* pembebanan statis

4.7.1.3 Pembebanan Statis (*Strain*)

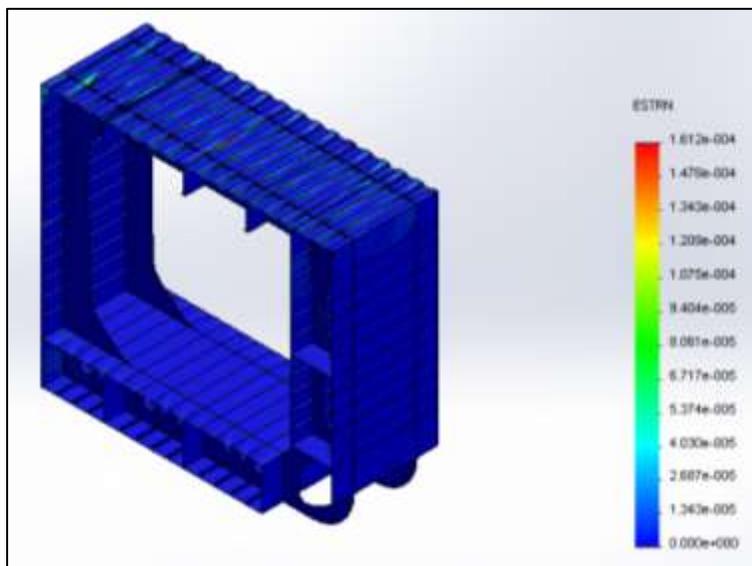
Regangan (*strain*) adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relatif dari partikel-partikel di dalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Definisi lain dari regangan bisa berbeda-beda tergantung pada bidang apa istilah tersebut digunakan atau dari dan ke titik mana regangan terjadi. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa Regangan pada konstruksi *deck longitudinal* model dengan konstruksi *corrugated deck* model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Perbandingan nilai *strain* pada pembebanan statis

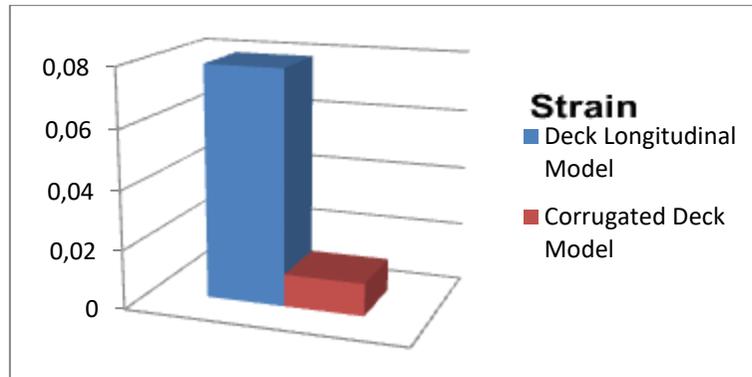
<i>Area</i>	<i>Deck Longitudinal Model</i>	<i>Corrugated Deck Model</i>
A1	0.0113813	0.00161214
A2	0.0113813	0.00161214
A3	0.0113813	0.00161214
A4	0.0113813	0.00161214
A5	0.0113813	0.00161214
A6	0.0113813	0.00161214
A7	0.0113813	0.00161214
Jumlah	0.0796691	0.01128498



Gambar 4. 17 Analisa *strain* pada konstruksi geladak pembebanan statis



Gambar 4. 18 Analisa *strain* pada *corrugated* pembebanan statis



Gambar 4. 19 Strain pada *corrugated* pembebanan statis

Setelah penggambaran model konstruksi geladak, pengaplikasian materi bahan konstruksi sekat, menentukan letak tumpuan beban dan pemberian beban, langkah selanjutnya adalah mesh and run, dimana model yang telah dibuat mulai area A1 sampai dengan area A7 diakumulasi untuk menghitung hasil dari Tegangan, Displacement, dan Regangan yang berada pada model konstruksi. Dari hasil simulasi pengujian, didapatkan hasil sebagai berikut dapat dilihat pada table

Tabel 4. 7 Hasil analisa model statis

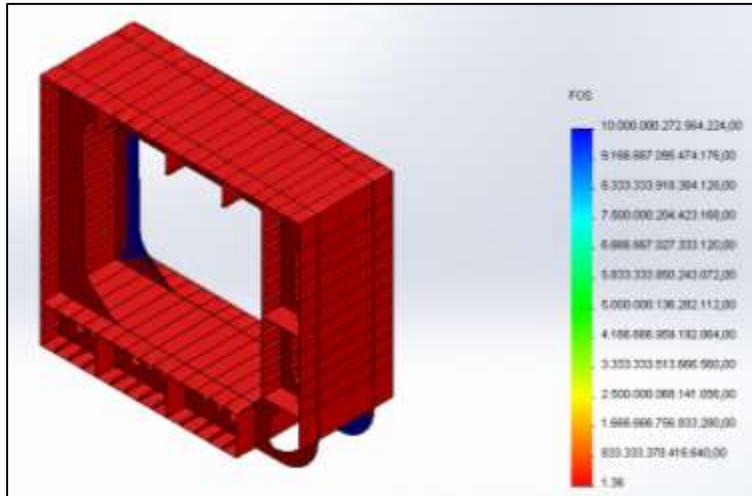
No.	Hasil Analisa Model	Deck Long. Model	Corrugated Deck Model
1.	Max. Stress (N/m ²)	128,8 x 10 ⁷ N/m ²	16,01 x 10 ⁷ N/m ²
2.	Displacement (mm)	13.52267 mm	1,826762 mm
3.	Strain	0.0796691	0.011284

4.7.1.4 Pembebanan Statis (*Factor of Safety*)

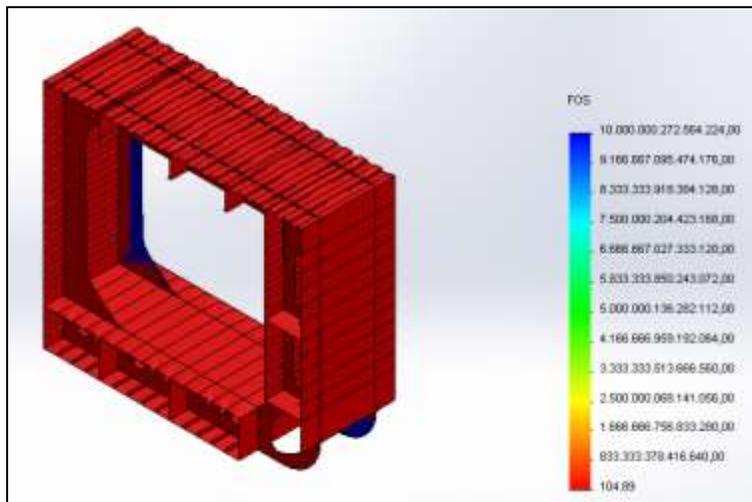
Faktor keamanan atau *Safety Factor* (SoF) adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan. Permasalahan ini sudah menjadi subyek penelitian dan telah banyak dibicarakan di kalangan insinyur sipil, khususnya di bidang rekayasa struktur. Faktor keamanan elemen dan sistem struktur sangat tergantung pada ketahanan struktur (R : bahan dan geometri), dan beban yang bekerja (S:beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin, dan sebagainya.). Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa *Factor of Safety* pada konstruksi Deck Longitudinal Model dengan konstruksi Corrugated Deck Model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Faktor pembebanan statis

Area	Deck Longitudinal Model	Corrugated Deck Model
A1	1.36	104.889
A2	1.36	104.889
A3	1.36	104.889
A4	1.36	104.889
A5	1.36	104.889
A6	1.36	104.889
A7	1.36	104.889



Gambar 4. 20 Analisa *factor of safety* pembebanan statis



Gambar 4. 21 Analisa *factor of safety* pada *corrugated* pembebanan statis

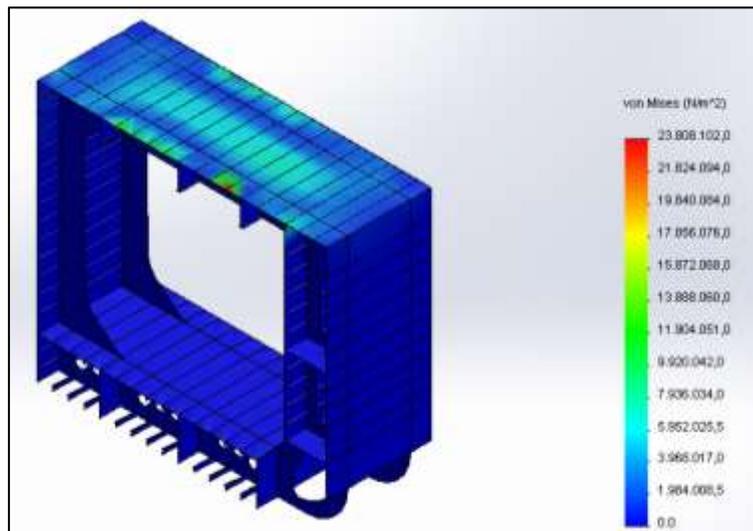
4.7.2 Pembebanan Dinamis

Beban yang besarnya (intensitasnya) berubah-ubah menurut waktu, sehingga dapat dikatakan besarnya beban merupakan fungsi waktu. Bekerja hanya untuk rentang waktu tertentu saja, akan tetapi walaupun hanya bekerja sesaat akibat yang ditimbulkan dapat merusakkan struktur bangunan, oleh karena itu beban ini harus diperhitungkan didalam merencanakan konstruksi.

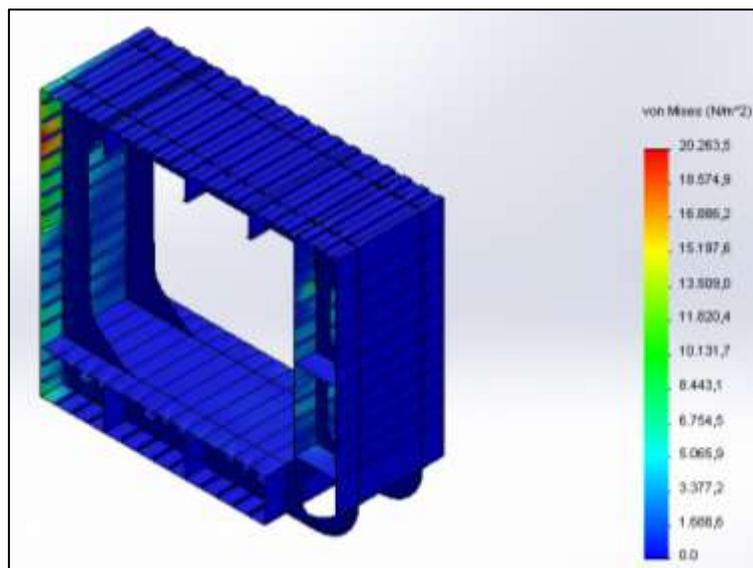
4.7.2.1 Pembebanan Dinamis (*Stress*)

Tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa tegangan (dinamis) pada

konstruksi *deck longitudinal* model dengan konstruksi *corrugated deck* model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :



Gambar 4. 22 Analisa *stress* pada pembebanan dinamis

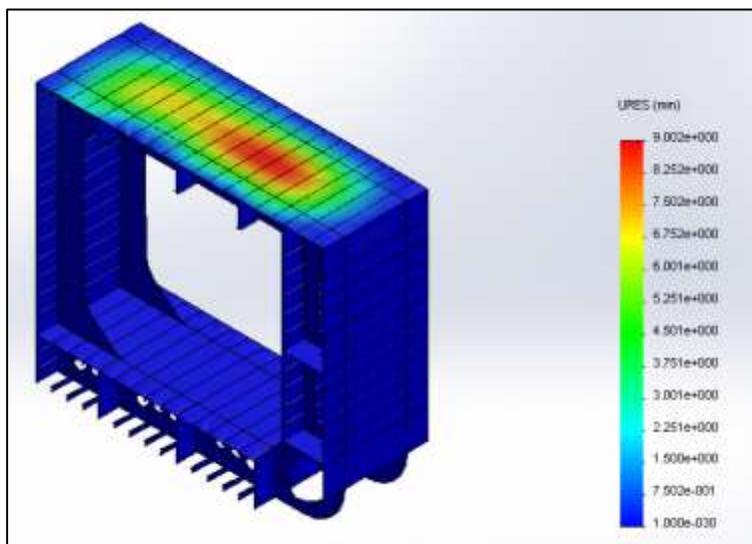


Gambar 4. 23 Analisa *stress* pada *corrugated* pembebanan dinamis

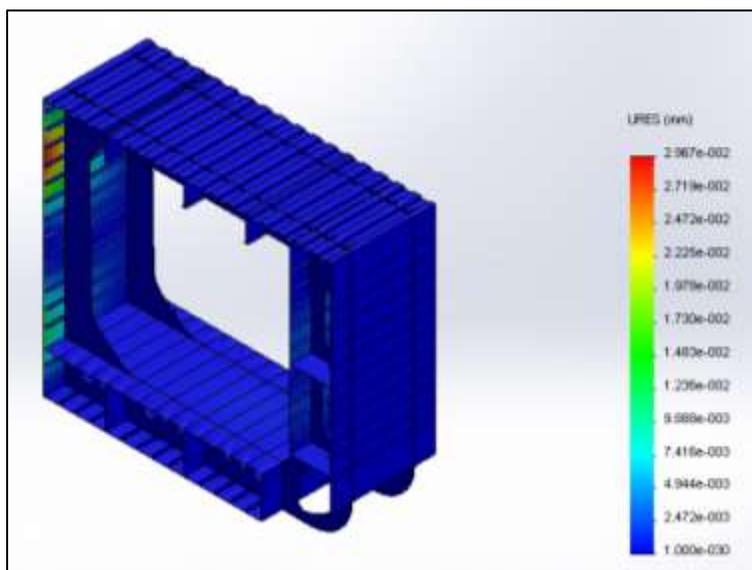
4.7.2.2 Pembebanan Dinamis (*Displacement*)

Displacement adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya. Dalam hal ini melengkung atau mengalami deformasi. Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Apa bila gaya bekerja, mau gaya sekecil apapun maka benda itu akan mengalami perubahan bentuk. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa *Displacement* (Dinamis) pada konstruksi Deck Longitudinal Model dengan konstruksi

Corrugated Deck Model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :



Gambar 4. 24 Analisa *displacement* pada pembebanan dinamis

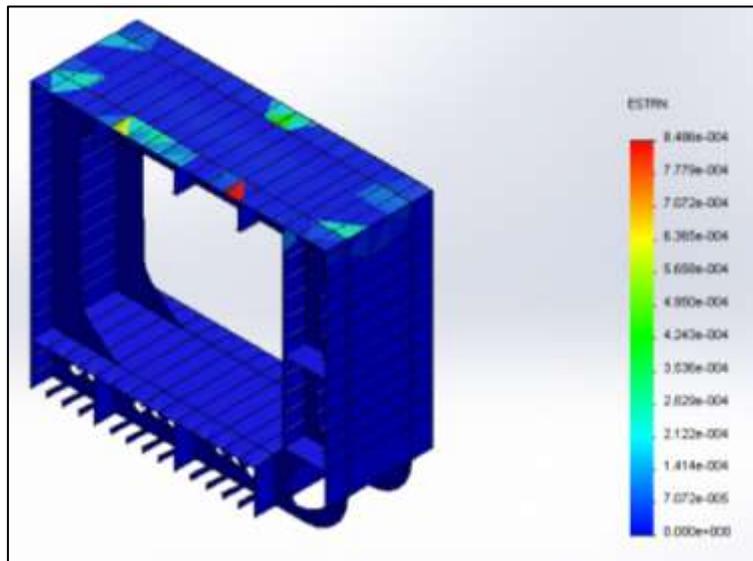


Gambar 4. 25 Analisa *displacement* pada *corrugated* pembebanan dinamis

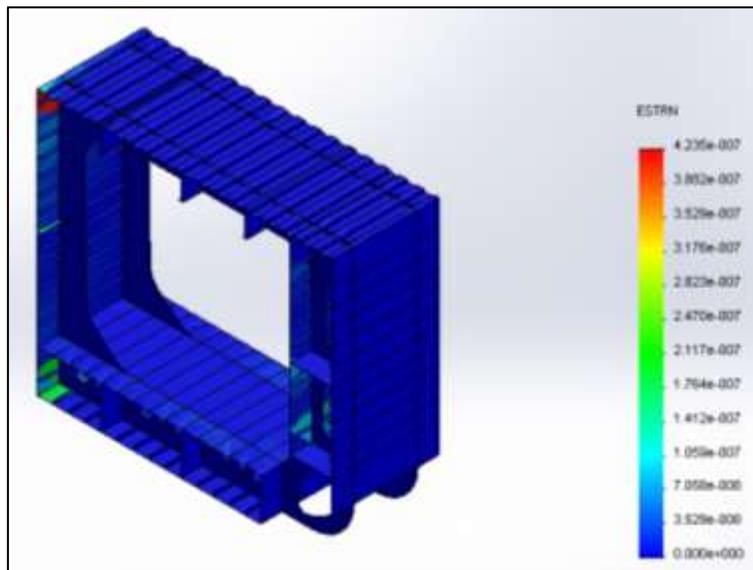
4.7.2.3 Pembebanan Dinamis (*Strain*)

Regangan (*strain*) adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relatif dari partikel-partikel di dalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Definisi lain dari regangan bisa berbeda-beda tergantung pada bidang apa istilah tersebut digunakan atau dari dan ke titik mana regangan terjadi. Berikut adalah tabel hasil perbandingan dan gambar analisa Regangan (Dinamis) pada konstruksi *Deck*

Longitudinal Model dengan konstruksi *Corrugated Deck* Model yang dianalisa perbagian A1 sampai dengan A7, sebagai berikut :



Gambar 4. 26 Analisa *strain* pada pembebanan dinamis



Gambar 4. 27 Analisa *strain* pada *corrugated* pembebanan dinamis

Setelah penggambaran model konstruksi geladak, pengaplikasian materi bahan konstruksi sekat, menentukan letak tumpuan beban dan pemberian beban, langkah selanjutnya adalah mesh and run, dimana model yang telah dibuat mulai area A1 sampai dengan area A7 diakumulasi untuk menghitung hasil dari Tegangan, Displacement, dan Regangan yang berada pada model konstruksi. Berikut adalah hasil

analisa model dengan beban dinamis yang diukur per 10% dari nilai beban statis (2174 N/m²) pada kedua konstruksi Deck Longitudinal Model dan Corrugated Deck Model, hasil ini dimuat dalam tabel yang berada dibawah ini.

Tabel 4. 9 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 10% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A2	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A3	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A4	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A5	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A6	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾
A7	2,38081x10 ⁽⁷⁾	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454x10 ⁽⁻⁷⁾

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 10% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 2.3808×10^7 N/m², nilai *displacement* 9.0024 mm, dan nilai regangan 0.000848628, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 20263.5 N/m², nilai *displacement* 0.0296654 mm, dan nilai regangan 4.2345×10^{-7} .

Tabel 4. 10 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 20% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement	Regangan
A1	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A2	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A3	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A4	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A5	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A6	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾
A7	3,47529x10 ⁽⁷⁾	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909x10 ⁽⁻⁷⁾

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 20% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 3.4752×10^7 N/m², nilai *displacement* 40.1893 mm, dan nilai regangan 0.00138764, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 40527 N/m², nilai *displacement* 0.0593309 mm, dan nilai regangan 8.46909×10^{-7} .

Tabel 4. 11 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 30% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement	Regangan
A1	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A2	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A3	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A4	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A5	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A6	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾
A7	4,9273x10 ⁽⁷⁾	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,557922x10 ⁽⁻⁶⁾

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 30% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 4.9273×10^7 N/m², nilai *displacement* 59.5296 mm, dan nilai regangan 0.00196086, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 81054 N/m², nilai *displacement* 0.112882 mm, dan nilai regangan 1.557922×10^{-6} .

Tabel 4. 12 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 40% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement	Regangan
A1	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A2	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A3	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A4	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A5	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A6	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)
A7	9,64769x10 ⁷ (7)	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382x10 ⁻⁶ (-6)

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 40% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 9.64769×10^7 N/m², nilai *displacement* 55.5869 mm, dan nilai regangan 0.00135057, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 121581 N/m², nilai *displacement* 0.118662 mm, dan nilai regangan 1.69382×10^{-6} .

Tabel 4. 13 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 50% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement	Regangan
A1	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A2	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A3	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A4	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A5	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A6	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)
A7	8,2113x10 ⁷ (7)	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203x10 ⁻⁶ (-6)

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 50% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 8.2113×10^7 N/m², nilai *displacement* 99.2041 mm, dan nilai regangan 0.00160265, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 1310167 N/m², nilai *displacement* 0.188136 mm, dan nilai regangan 2.6320×10^{-6} .

Tabel 4. 14 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 60% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A2	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A3	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A4	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A5	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A6	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)
A7	1,84691x10 ⁸ (8)	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073x10 ⁻⁶ (-6)

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 60% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 1.84691×10^8 N/m², nilai *displacement* 118.103 mm, dan nilai regangan 0.00344361, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 216946 N/m², nilai *displacement* 0.177993 mm, dan nilai regangan 2.54073×10^{-6} .

Tabel 4. 15 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 70% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A2	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A3	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A4	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A5	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A6	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷
A7	1,21634x10 ⁸	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484x10 ⁻⁷

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 70% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 1.21634×10^8 N/m², nilai *displacement* 140.644 mm, dan nilai regangan 0.00485512, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 303724 N/m², nilai *displacement* 0.263391 mm, dan nilai regangan 3.68484×10^{-6} .

Tabel 4. 16 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 80% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A2	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A3	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A4	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A5	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A6	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶
A7	1,39012x10 ⁸	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125x10 ⁻⁶

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 80% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 1.39012×10^8 N/m², nilai *displacement* 160.736 mm, dan nilai regangan 0.00555055, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 347130 N/m², nilai *displacement* 0.301018 mm, dan nilai regangan 4.21125×10^{-6} .

Tabel 4. 17 Hasil Analisa model dengan beban dinamis 90% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A2	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A3	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A4	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A5	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A6	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷
A7	1,5636x10 ⁸ (8)	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765x10 ⁻⁷

Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 90% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 1.5636×10^8 N/m², nilai *displacement* 180.8 mm, dan nilai regangan 0.00620807, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 390502 N/m², nilai *displacement* 0.338645 mm, dan nilai regangan 4.73765×10^{-7} .

Tabel 4. 18 Hasil Analisa model beban dinamis 100% dari beban statis

Area	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
A1	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A2	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A3	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A4	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A5	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A6	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶
A7	1,64245x10 ⁸ (8)	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406x10 ⁻⁶

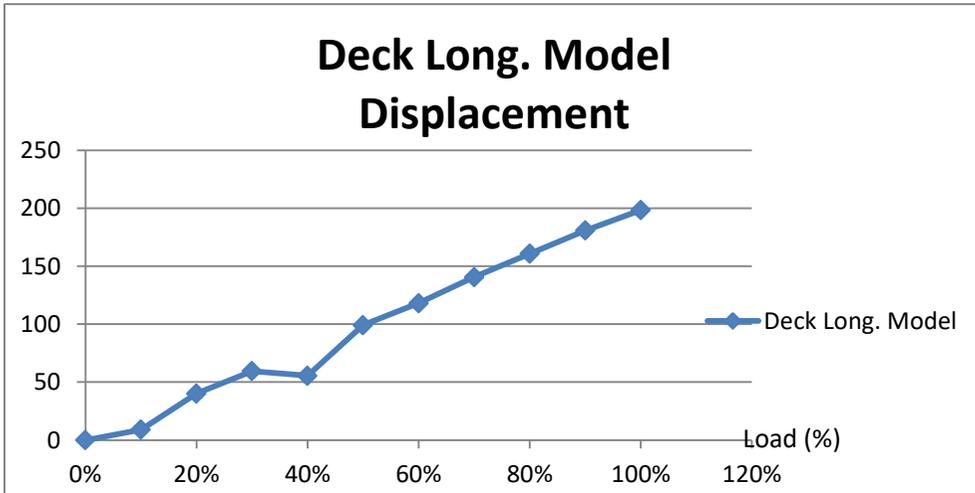
Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap area yang terbagi dikondisi beban dinamis 100% dari nilai beban statis, contoh area 1 pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* memiliki nilai tegangan 1.64245×10^8 N/m², nilai *displacement* 198.432 mm, dan nilai regangan 0.0065362, serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 433891 N/m², nilai *displacement* 0.376273 mm, dan nilai regangan 5.26406×10^{-6} .

Tabel 4. 19 Hasil Analisa model dengan beban dinamis

persentase	Deck Longitudinal Model			Corrugated Deck Model		
	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan	Tegangan (N/m ²)	Displacement (mm)	Regangan
0%	0	0	0	0	0	0
10%	23808100	9,00224	0,000848628	20263,5	0,0296654	4,23454E-07
20%	34752900	40,1893	0,00138764	40527	0,0593309	8,46909E-07
30%	49273000	59,5296	0,00196086	81054	0,112882	1,55792E-06
40%	96476900	55,5869	0,00135057	121581	0,118662	1,69382E-06
50%	82113000	99,2041	0,00160265	130167	0,188136	2,63203E-06
60%	184691000	118,103	0,00344361	216946	0,177993	2,54073E-06
70%	121634000	140,644	0,00485512	303724	0,263391	3,68484E-07
80%	139012000	160,736	0,00555055	347130	0,301018	4,21125E-06
90%	156360000	180,8	0,00620807	390502	0,338645	4,73765E-07
100%	164245000	198,432	0,0065362	433891	0,376273	5,26406E-06

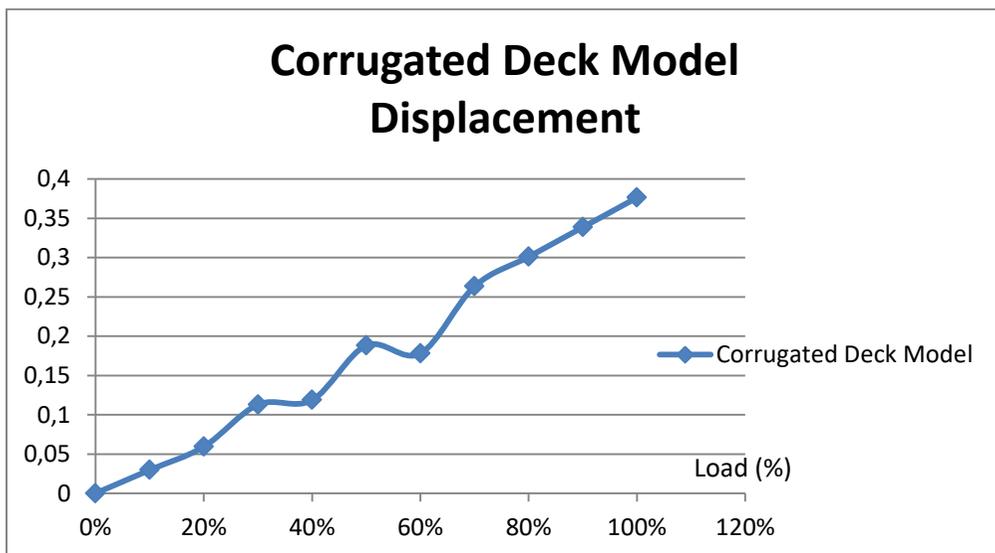
Dari tabel diatas menunjukkan perbedaan nilai tegangan, *displacement*, dan regangan pada kontsruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* di setiap persentase yang diambil pada satu area (A1) yang terbagi dikondisi beban dinamis. Contoh area 1 kondisi 10% pada konstruksi *Deck Longitudinal Model*

memiliki nilai tegangan 23808100 N/m^2 , nilai *displacement* 9.00224 mm , dan nilai regangan 0.0008486 , serta untuk konstruksi *Corrugated Deck Model* memiliki nilai tegangan 20263.5 N/m^2 , nilai *displacement* 0.0296654 mm , dan nilai regangan 4.23456×10^{-7} .



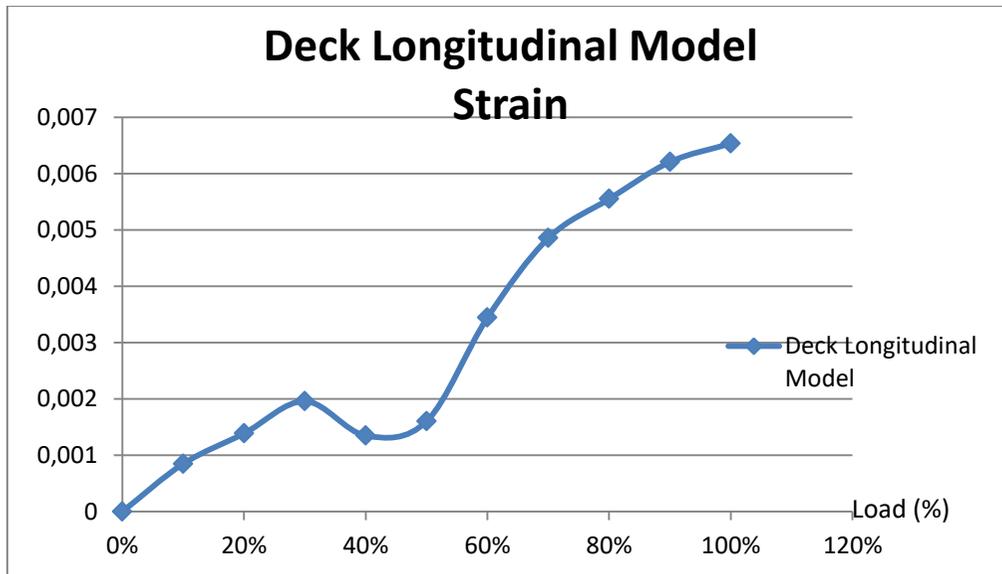
Gambar 4. 28 Grafik deck long. Model displacement

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *displacement* pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 40% grafik mengalami penurunan dengan nilai *displacement* 55.5896 mm .



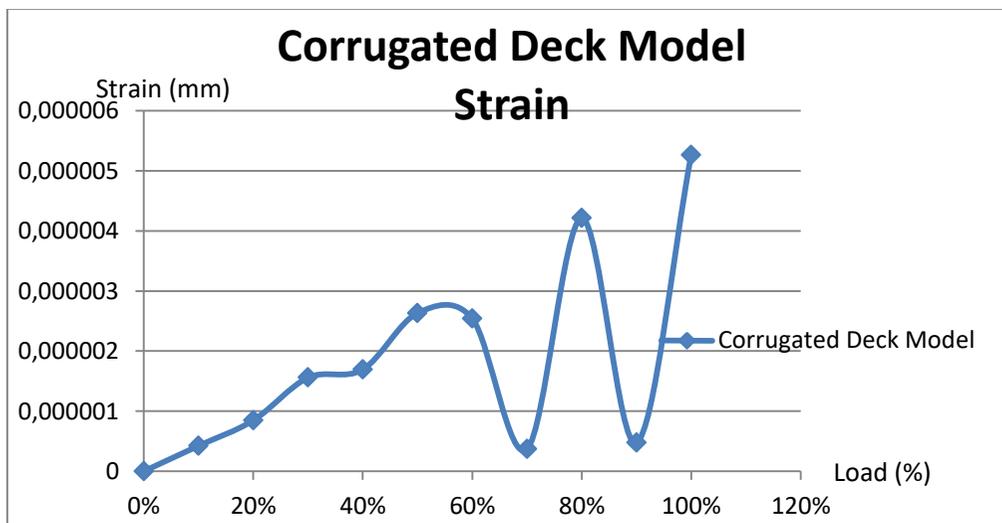
Gambar 4. 29 Grafik corrugated deck model displacement

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *displacement* pada konstruksi *Corrugated Deck Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 40% &60% grafik mengalami penurunan dengan nilai *displacement* 0.1128 mm & 0.1177993 mm.



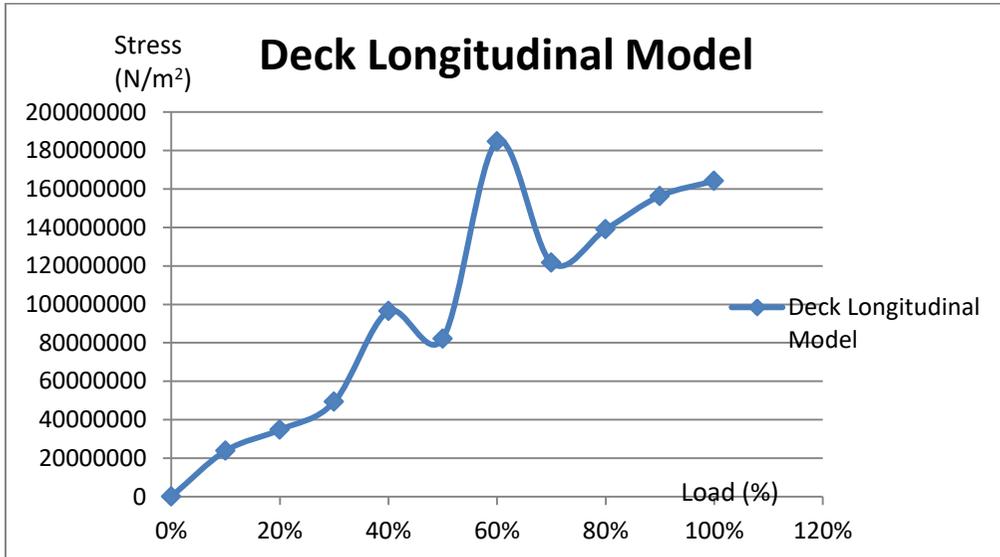
Gambar 4. 30 Grafik deck long. Model strain

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *strain* pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 40% &50% grafik mengalami penurunan dengan nilai *strain* 0.00135057 & 1.66×10^{-6} mm



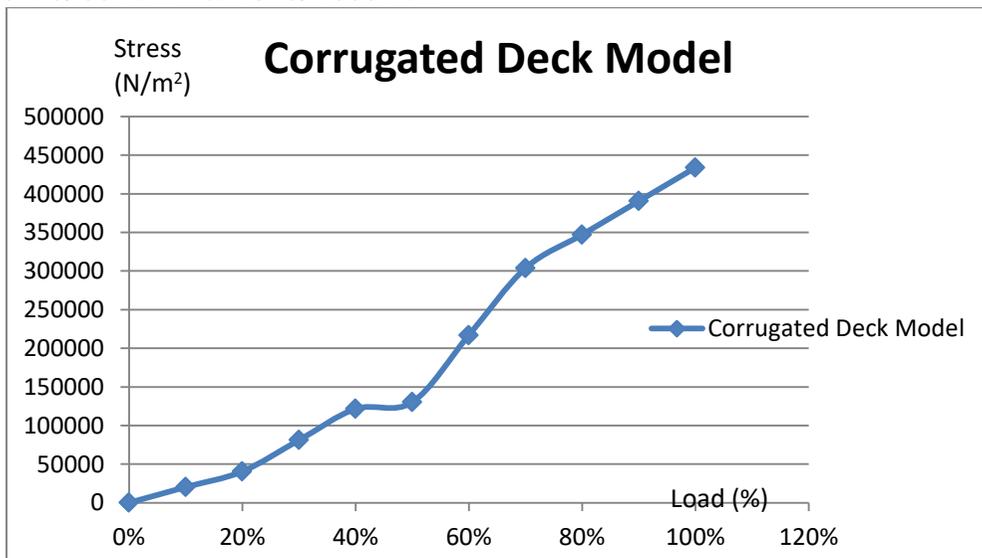
Gambar 4. 31 Grafik corrugated deck model strain

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *strain* pada konstruksi *Corrugated Deck Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 70% & 90% grafik mengalami penurunan dengan nilai *strain* 3.6×10^{-7} & 4.7×10^{-7} .



Gambar 4. 32 Grafik deck longitudinal model

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *stress* pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 40% & 60% grafik mengalami kenaikan dengan nilai *stress* 96476900 N/m^2 & 184691000 N/m^2 .



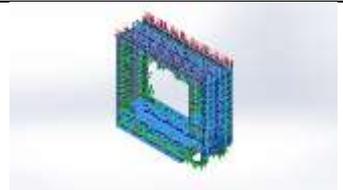
Gambar 4. 33 Grafik corrugated deck model

Dari grafik diatas menunjukkan nilai *stress* pada konstruksi *Deck Longitudinal Model* pada beban dinamis dengan variasi beban setiap 10% dari nilai beban statis, dan pada nilai 50% grafik mengalami penurunan dengan nilai *stress* 130167 N/m².

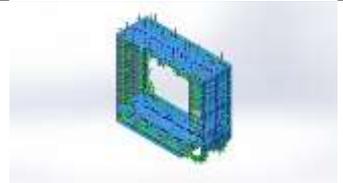
Perbandingan Berat Konstruksi

Setelah ditentukan ukuran dan dimensi masing-masing komponen konstruksi, maka analisa berat konstruksi dapat diketahui melalui metode elemen hingga, maka didapatkan perbandingan berat konstruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* yang dianalisa bagian area, perbandingan berat konstruksi tersebut dapat dilihat tabel dibawah ini.

Tabel 4. 20 Hasil Analisa model berat konstruksi *Corrugated Deck Model*.

Document Name and Reference	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
	Thickness:13 mm Weight:607316 N Volume:7.8944 m ³ Mass:61971 kg Density:7850kg/m ³	C:\Users\Adam\Desktop\3D Model\Corrugated Deck Model\Part A1 Deck Corrugated Model.SLDPRT

Tabel 4. 21 Hasil Analisa model berat konstruksi *Deck Longitudinal Model*

Document Name and Reference	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
	Thickness:15 mm Weight:706935 N Volume:9.18933 m ³ Mass:72136.2 kg Density:7850kg/m ³	C:\Users\Adam\Desktop\3D Model\Deck Long Model\Part A1 Deck Long Model.SLDPRT

Dari tabel hasil analisa metode elemen hingga diatas maka diketahui nilai berat konstruksi *Corrugated Deck Model* sebesar 61971 kg untuk dengan ketebalan pelat 13 mm dan volume konstruksi 7.894 m³ dan berat konstruksi *Deck Longitudinal Model* sebesar 72136.2 kg untuk dengan ketebalan pelat 15 mm dan volume konstruksi 9.18933 m³. Hal ini disebabkan karena semakin besar luasan penampang, maka akan mempengaruhi berat penampang tersebut (semakin berat). Meskipun komponen dari konstruksi *Corrugated Deck Model* lebih sedikit dari komponen konstruksi *Deck Longitudinal Model*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1) Dari hasil analisa kekuatan konstruksi *Deck Longitudinal Model & Corrugated Deck Model* dengan beban statis dan variasi nilai beban dinamis dari nilai persentase beban statis maka diperoleh nilai Pembebanan Statis.

- Hasil analisa konstruksi *Deck Longitudinal Model*
 - = Max. Stress = $183.999.726 \text{ N/m}^2$,
 - = Displacement = 1.93181 mm,
 - = Strain = 0.0113813,
 - = FOS = 1.36,
- Hasil analisa konstruksi *Corrugated Deck Model* :
 - = Max. Stress = $2.287.317,8 \text{ N/m}^2$,
 - = Displacement = 0.260966 mm,
 - = Strain = 0.00161214
 - = FOS= 104.889.

Pembebanan Dinamis Hasil analisa konstruksi diambil sampel nilai beban dinamis yang paling tinggi pada kedua konstruksi.

- Hasil analisa konstruksi *Deck Longitudinal Model*
 - = Max. Stress = $1.64245 \times 10^8 \text{ N/m}^2$,
 - = Displacement = 198.432 mm,
 - = Strain = 0.0065362,
- Hasil analisa konstruksi *Corrugated Deck Model*
 - = Max. Stress = 433891 N/m^2 ,
 - = Displacement = 0.376273 mm,
 - = Strain = 5.26406×10^{-6} .

2) Berikut adalah hasil analisa berat konstruksi *Corrugated Deck Model* dan konstruksi *Deck Longitudinal Model*, sebagai berikut :

- Konstruksi *Corrugated Deck Model*
 - Berat 61971 kg
 - Ketebalan pelat 13 mm
 - Volume konstruksi 7.894 m^3
- Konstruksi *Deck Longitudinal Model*
 - Berat 72136.2 kg
 - Ketebalan pelat 15 mm
 - Volume konstruksi 9.18933 m^3 .

3) Sehingga dari pembahasan analisa pada Bab IV dapat disimpulkan konstruksi *Corrugated Deck Model* lebih efisien dan efektif dalam hal kekuatan dan berat lebih ringan dibandingkan dengan konstruski *Deck Longitudinal Model*.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dan didapat kesimpulan dalam penulisan, maka diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lain tentang penanggulangan pelat bergelombang agar saling melengkapi.
2. Perlu adanya perbandingan, penelitian tentang corrugated dengan metode yang lain, agar bisa membandingkan hasil yang lebih akurat.
3. Perlu adanya analisa perbandingan antara analisa hasil eksperiment maupun antar software agar lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, B., Handoyo, A. & Riyanto, B., Analisa Corrugated Plate , 2nd ed., Publisher, hal. 5-10,
- Callister, D William Jr. 2006. Material Science & Engineering, hal. 137-150,
- H.L.Cox and R. Riddle, “Buckling of a Longitudinally Stiffened Flat Panel”. Aeronaut.Q., 1, November 1949.
- Putra, Stevan Manuky. 2014. “Analisa Kekuatan Konstruksi Corrugated Watertight Bulkhead dengan Transverse Plane Watertight Bulkhead Pada Pemasangan Pipa di Ruang Muat Kapal Tanker”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santosa, Budie. 1990. “Analisa Buckling Pada Pelat Dengan Satu Lajur Corrugated Memanjang”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- B. K. Indonesia. Volume II. Rules for Hull. 1st ed, 2014

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Semarang, 12 Januari 1994, Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN Muktiharjo Kidul 05, SMPN 34 Semarang, SMAN 10 Semarang dan Diploma III Teknik Perkapalan Unirversitas Dponegoro. Kemudian penulis melanjutkan Studinya dan diterima sebagai mahasiswa lintas jalur pada pertengahan tahun 2015 di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Kota Surabaya

Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Manufacture Design* (MMD). Selama menempuh kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik. Kegiatan akademik meliputi kegiatan perkuliahan dari semester pertama hingga semester akhir.