

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA KAPAL TANKER 35.000 DWT

SHIP DOCK PLANNING 35.000 DWT

TRIYAS PRASANDY PASOLONG

D111 16 304



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**PERENCANAAN DERMAGA KAPAL TANKER 35.000 DWT**

Disusun dan diajukan oleh:

TRIYAS PRASANDY PASOLONG

D111 16 304

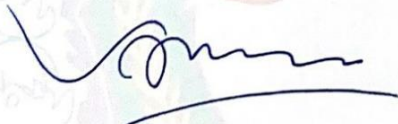
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Mei 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

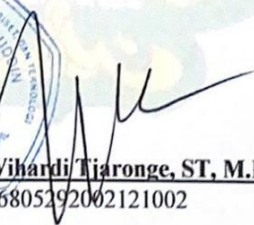
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T
NIP. 197305121999031002


Silman Pongmanda, S.T., M.T
NIP. 197210102000031001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
Nip. 196805192002121002



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini nama, Triyas Prasandy Pasolong , dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perencanaan Dermaga Kapal Tanker 35.000 DWT**" , adalah karya ilmiah dari penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 17 Mei 2022

Yang membuat pernyataan



Triyas Prasandy Pasolong

NIM: D111 16 304

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Perencanaan Dermaga Kapal Tengker 35.000 DWT**”, sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk dan perhatian dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Ibu dan bapak saya**, yang tak hentinya memberikan kasih sayang, doa, motivasi, serta bantuan moral dan materi yang tak terhingga selama ini.
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng.** selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. **Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T** selaku pembimbing I **dan bapak Silman Pongmanda, S.T., M.T** selaku pembimbing II atas saran dan masukan serta bimbingannya dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
5. **Dosen dan staf pengajar, serta pegawai Departemen Teknik Sipil** yang telah memberikan segala ilmu pengetahuan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses perkuliahan.
6. **Teknik angkatan 2016 terkhusus onta, syafiq, akmal, wawan, erik, angga, uso, rezki, itmam, mawan, po** yang selalu ada disaat masa-masa sulit.
7. **Miftahul rizka novika putri** yang selalu memberikan masukan-masukan dan arahan.
8. **Patron 2017 terkhususnya teguh , erli, dan ara.**
9. **Teman-teman Sipil angkatan 2016.**
10. **Teman-teman Sekepengurusan HMS FT-UH Periode 2019 dan juga Teman-teman di SMFT - UH Periode 2020** yang memberikan

pengalaman dan pengetahuan yang berharga selama berada di Fakultas Teknik.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 11 November 2021

Penulis

ABSTRAK

Ketersediaan infrastruktur menjadi sangat fundamental dalam menunjang segala aktivitas. Masifnya kebutuhan infrastruktur pelabuhan yang baik untuk menunjang distribusi logistik yang baik menimbulkan adanya desakan untuk dilakukan perencanaan peningkatan kapasitas dermaga guna meningkatkan efektivitas kegiatan pelabuhan yang ada di Indonesia. Berbagai permasalahan terjadi pada aktivitas di pelabuhan salah satunya adalah masalah hubungan antar kapal, muatan, hingga minimnya kapasitas dermaga. Kapal memerlukan tempat bersandar di dermaga dan membutuhkan berbagai jasa pelayanan selama berlabuh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis beban yang bekerja di lokasi penelitian guna merencanakan struktur dan dimensi dermaga dengan kapasitas kapal 35000 DWT. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini antara analisis pembebanan dengan modelisasi struktur pada aplikasi SAP 2000. Hasil penelitian menentukan type/jenis dermaga adalah jetty dengan dimensi dermaga ialah panjang 26m dan lebar 7m, platform pada dermaga dengan ketebalan plat lantai kendaraan ialah 300mm, dimensi balok platform ialah 400mm x 800mm. Hasil modelisasi struktur diperoleh panjang breasting dolphin 8m dan lebar 10m serta mooring dolphin dengan panjang 8m dan lebar 8m. Hasil penghitungan beban yang bekerja pada perencanaan dermaga adalah beban hidup merata 1ton/m^2 , beban arus sebesar 21,9 ton, beban akibat tarikan kapal sebesar 100 ton serta berat akibat tumbukan kapal sebesar 101,7 ton.

KATA KUNCI: Infrastuktur, Dermaga, Beban, Struktur, Kapal

ABSTRACT

The availability of infrastructure becomes very fundamental in supporting all activities. The massive need for good port infrastructure to support good logistics distribution led to an urge to plan to increase dock capacity to increase the effectiveness of existing port activities in Indonesia. Various problems occur in activities at the port, one of which is the problem of relations between ships, cargo, to the lack of dock capacity. The ship requires a place to lean on the dock and requires a variety of services during anchoring. The purpose of the study was to analyze the load working at the research site to plan the structure and dimensions of the pier with a ship capacity of 35000 DWT. The analysis conducted in this study between loading analysis and modelization of structures in SAP 2000 applications. The results of the study determined the type / type of pier is jetty with the dimensions of the pier is 26m long and 7m wide, the platform on the pier with the thickness of the vehicle floor plate is 300mm, the dimensions of the platform beam are 400mm x 800mm. The result of modelization of the structure is 8m long and 10m wide and mooring dolphin with a length of 8m and width of 8m. The results of calculating the load working on dock planning are an even living load of 1ton / m², current load of 21.9 tons, load due to ship pull of 100 tons and weight due to ship collision of 101.7 tons.

KEYWORDS: *Infrastructure, Dock, Load, Structure, Ship*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
OPERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tinjauan Umum	6
B. Dasar Perencanaan Dermaga	8
C. Dermaga.....	8

D.	Dimensi Dermaga	14
E.	Pembebanan Dermaga.....	17
F.	Perencanaan Konstruksi Atas Dermaga.....	29
G.	Perencanaan Fender	41
H.	Perencanaan Bollard	45
I.	Perencanaan Konstruksi Bawah Dermaga	45
J.	Metode Pelaksanaan	47
K.	Perhitungan Volume	48
BAB 3. METODE PENELITIAN.....		63
A.	Metode Desain.....	63
B.	Persiapan Pendahuluan.....	63
C.	Pengumpulan Data	64
D.	Preliminary Design.....	65
E.	Kombinasi Pembebanan.....	65
F.	Pemodelan Struktur	67
G.	Analisa Perencanaan Struktur	67
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		70
A.	Perencanaan Awal Dermaga	70
B.	Perencanaan Platform	79
C.	Perencanaan Breasting Dolphin	87

D.	Perencanaan Mooring Dolphin	91
E.	Perencanaan Catwalk Dermaga Loading	95
F.	Perencanaan Pondasi.....	98
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		92
A.	Kesimpulan	92
B.	Saran	92
LAMPIRAN		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Layout Eksisting Dermaga	7
Gambar 2.2. Layout Rencana	7
Gambar 2.3. Contoh dermaga <i>open pier</i> dengan <i>dolphin</i>	13
Gambar 2.4 Elevasi Dermaga.....	15
Gambar 2.5. Keterangan Dimensi Kapal.....	17
Gambar 2.6. Kapal yang Bersandar.....	19
Gambar 2.7. Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal	21
Gambar 2.8. Jari-jari disekeliling pusat berat kapal.....	21
Gambar 2.9. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampau 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013).....	24
Gambar 2.10. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013).....	25
Gambar 2.11. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013).....	25
Gambar 2.12. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013).....	26
Gambar 2.13. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013).....	26
Gambar 2.14. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013).....	27
Gambar 2.15. Regangan dan tegangan pada beton bertulang (SNI T-12-2004) .	30
Gambar 2.16. Benturan kapal pada Dermaga.....	43
Gambar 2.17. Jarak antara fender	43
Gambar 2.18. Tipe-tipe Fender (Marine Fender Design Manual, Bridgestone) ..	44

Gambar 4.1. Model Portal Tiga Dimensi Platform	81
Gambar 4.2. Bidang Momen Kombinasi 7 pada Platform.....	81
Gambar 4.3. Model Portal Tiga Dimensi Breasting Dolphin	89
Gambar 4.4. Model Portal Tiga Dimensi Mooring Dolphin.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tinggi Jagaan	16
Tabel 2.2. Kecepatan merapat kapal padadermaga	19
Tabel 2.3. Hubungan ukuran kapal dengan kecepatan merapat	42
Tabel 2.4. Tabel Kebutuhan Bollard.....	45
Tabel 2.5. Berat Besi	50
Tabel 2.6. Kebutuhan kayu untuk Bekisting	52

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan kurang lebih 17.508 pulau-pulau yang tersebar mulai dari Sabang hingga Merauke. Berdasarkan data Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman, Indonesia memiliki luas wilayah 5.180.053 km² dengan luas perairannya sebesar 62,89%. Data tersebut memperlihatkan bahwa Sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah perairan yang tentunya membutuhkan penunjang konektivitas sebagai pendukung stabilitas segala aspek di Indonesia secara merata. Negara Republik Indonesia yang berbentuk kepulauan dengan daerah sangat luas, sangat diperlukan adanya pengangkutan yang efektif dan efisien, dalam arti aman, murah, lancar, cepat, mudah, teratur dan nyaman. (Kramadibrata, 1985). Keadaan Indonesia menjadikan Pelabuhan sebagai hal yang mutlak dalam pembangunan Indonesia agar terciptanya keterhubungan yang baik dalam segi transportasi di seluruh Indonesia.

Semakin masifnya keterbukaan dan globalisasi yang ada pada masyarakat Indonesia mengakibatkan meningkatnya tuntutan kebutuhan logistik di seluruh Indonesia. Pada tahun 2018, ASPERINDO (Asosiasi Kurir Indonesia) meramalkan peningkatan industri logistik mencapai lebih dari 15% disbanding tahun sebelumnya. Sementara ALI (Asosiasi Logistik Indonesia) juga memprediksi adanya lonjakan pada industry logistic

setidaknya tumbuh 110% di tahun 2018. Anton Sitorus dalam salah satu wawancaranya bersama Koran Sindo yang dipublikasikan pada tahun 2021 menyebutkan, meski pertumbuhan logistik di Indonesia luar biasa pesat, tetapi saat ini ekosistem rantai pasok di Indonesia masih kekurangan pendukung pertumbuhan. Dalam Laporan Bank Dunia 2018, nilai Indeks Kinerja Logistik Indonesia hanya berkisar 3,2 dari 6.

Kurangnya kualitas infrastruktur transportasi (khususnya pada transportasi laut) menjadi salah satu sebab terhambatnya kelancaran distribusi logistik dan pemenuhan kebutuhan pasok logistik di seluruh Indonesia. Efisiensi dan efektivitas kegiatan di pelabuhan Indonesia masih terhambat oleh masalah hubungan antar kapal, muatan, hingga minimnya kapasitas dermaga. Kapal memerlukan tempat bersandar di dermaga dan membutuhkan berbagai jasa pelayanan selama berlabuh. Masifnya kebutuhan infrastruktur pelabuhan yang baik untuk menunjang distribusi logistik yang baik menimbulkan adanya desakan untuk dilakukannya perencanaan peningkatan kapasitas dermaga pelabuhan yang ada di Indonesia.

Untuk menunjang kegiatan operasional pada Jetty II sebagai fasilitas penerima crude PT Pertamina RU VII Kasim, Sorong – Papua Barat, diperlukan adanya pengembangan dermaga guna memaksimalkan kinerja dermaga yang ada saat ini. Di lokasi studi kasus saat ini sudah ada dermaga untuk menunjang aktivitas bongkar muat kapal. Jenis dermaga Jetty berfungsi untuk bongkar (*unloading*) muatan kapal kargo dan muatan

kapal curah kering. Dalam penelitian ini dengan menggunakan jenis kapal tanker kapasitas 35.000 DWT digunakan sebagai landasan perencanaan dermaga. Dengan adanya rencana pembangunan fasilitas dermaga untuk kapal tanker 35.000 DWT untuk mendukung aktivitas pelabuhan di area Jetty II, maka dibutuhkan perencanaan struktur dermaga yang memenuhi standar serta kriteria perencanaan. Untuk itulah penulis melakukan penyusunan tugas akhir berupa perencanaan detail pembangunan dermaga tersebut dengan *output* analisis beban yang nantinya bekerja pada dermaga serta analisis terkait kondisi eksisting guna mendukung lokasi pembangunan dermaga.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga.
2. Bagaimana Menentukan Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga tersebut.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dan keterbatasan waktu pengerjaan maupun disiplin ilmu yang dikuasai. Maka perlu batasan masalah sebagai berikut:

1. Perhitungan struktur dititik beratkan pada struktur dermaga.

2. Perumusan yang digunakan sesuai literatur yang ada.
3. Perencanaan Struktur yang dilakukan adalah untuk mengetahui dimensi, analisis struktur dan kontrolnya.
4. Perencanaan ini tidak meninjau analisis biaya, manajemen konstruksi.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi dari dermaga yang meliputi: panjang, lebar, dan elevasi dermaga, serta struktur elemen dermaga yang meliputi: plat, balok, tiang pancang, dan pile cap.
2. Menentukan beban beban yang bekerja pada struktur dermaga.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya – gaya yang timbul akibat beban – beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk menampung kapal dengan kapasitas sebesar 35.000 DWT.
3. Menambah wawasan dan pengalaman yang timbul dalam perencanaan struktur dermaga ini.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah tulisan ini, sistematika penulisan tesis yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga produk yang dihasilkan lebih sistematis sehingga susunan tesis ini dapat diurutkan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan dari penelitian ini, manfaat dari penelitian ini, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang teori Dermaga, tahapan perencanaan dermaga yang terdapat pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil analisis dan perhitungan stuktur dan pondasi dari perencanaan dermaga.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

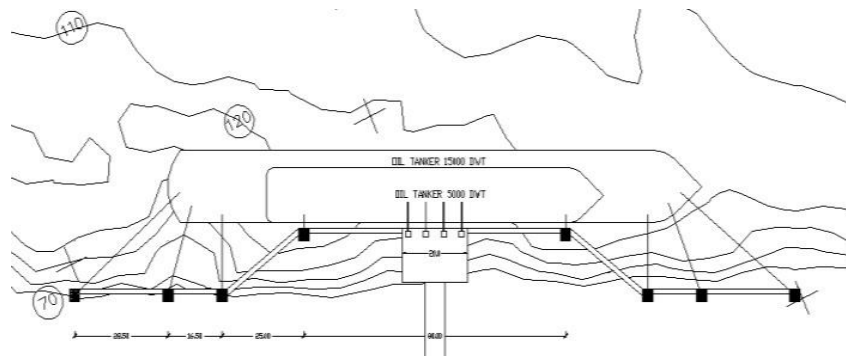
Pada bab ini dibahas mengenai gambaran perencanaan dan perhitungan yang akan dipakai pada perencanaan Dermaga Kapal Curah cair. Pada perencanaan tersebut digunakan beberapa metode dan perhitungan yang bersumber dari berbagai referensi yang terkait dengan jenis perencanaan ini.

Perencanaan dermaga tergantung dari berbagai faktor di mana setiap faktor tersebut memiliki permasalahan dan pengaruh sendiri. Permasalahan dan pengaruh yang timbul harus dapat dicermati dan diantisipasi dengan baik sehingga nantinya diharapkan dapat menghasilkan kualitas perencanaan yang baik dan efektif.

Dalam perencanaan dermaga curah air di pelabuhan mengacu pada pertimbangan-pertimbangan pokok yang meliputi:

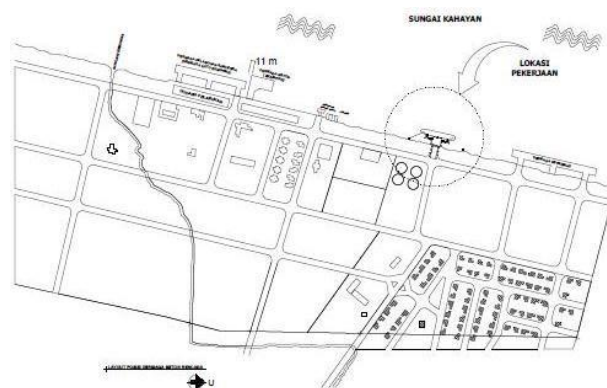
- a. Tipe dan dimensi dermaga disesuaikan jenis kapal dan sistem bongkar muat yang digunakan
- b. Alat sandar (*berth*) dermaga curah cair menggunakan *berthing dolphin*
- c. Lebar dermaga (*loading platform*) cukup untuk pengoperasian sistem bongkar muat yang digunakan

Dermaga curah cair ini terletak pada bagian utara dari wilayah pengembangan pelabuhan. Dimana letaknya di dekat tangki timbun yang akan dioperasikan oleh PT. Graha Inti Jaya.



Gambar 2.1. Layout Eksisting Dermaga

Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu wharf atau quay dan jetty atau pier. Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Wharf juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Sedangkan jetty atau pier adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan wharf yang digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, yang biasanya sejajar dengan sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan jetty, sehingga jetty dapat berbentuk T, L, atau jari.



Gambar 2.2. Layout Rencana

B. Dasar Perencanaan Dermaga

Pedoman atau dasar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan Dermaga secara umum dari buku-buku sebagai berikut :

1. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009
2. Perencanaan Pelabuhan, Soedjono Kramadibarata, 2002
3. *Standard Design and Criteria for Ports in Indonesia, (Communications)*, 1984
4. SNI 03-2847-2013, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, 2013
5. SNI 03-2833-2013, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan.
6. SNI T-12-2004, Struktur Beton Jembatan.
7. *Marine Fender Design Manual, Bridgestone*

C. Dermaga

C.1. Pengertian Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal dan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar. Di belakang dermaga terdapat apron dan fasilitas jalan. (Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan, 2009)

C.2. Perencanaan Dermaga

Pada perencanaan dermaga harus dipertimbangkan semua aspek yang mungkin akan berpengaruh baik pada saat pelaksanaan konstruksi maupun pada saat pengoperasian dermaga. Penggunaan peraturan dan persyaratan-persyaratan dimaksudkan untuk memperoleh desain yang memenuhi syarat keamanan, fungsi dan biaya konstruksi. Persyaratan dari desain dermaga pada umumnya mempertimbangkan lingkungan, pelayaann konstruksi, sifat-sifat material dan persyaratan- persyaratan sosial. Elemen-elemen yang dipertimbangkan dalam perencanaan dermaga antara lain:

a. Fungsi

Fungsi dermaga berkaitan dengan tujuan akhir penggunaan dermaga, apakah untuk melayani penumpang, barang atau untuk keperluan khusus seperti untuk melayani transportasi minyak dan gas alam cair.

b. Tingkat kepentingan

Pertimbangan tingkat kepentingan biasanya menyangkut adanya sumber daya yang bernilai ekonomi tinggi yang memerlukan fasilitas pendistribusian atau menyangkut sistem pertahanan nasional.

c. Umur (*life time*)

Pada umumnya umur rencana (*life time*) ditentukan oleh fungsi, sudut pandang ekonomi dan sosial untuk itu maka harus dipilih material yang sesuai sehingga konstruksi dapat berfungsi secara normal sampai umur rencana.

d. Kondisi lingkungan

Selain gelombang, gempa, kondisi topografi tanah yang berpengaruh langsung pada desain, juga harus diperhatikan pengaruhnya konstruksi terhadap kualitas air, kehidupan hewan dan tumbuhan serta udara sekitar.

e. Beban yang bekerja

f. Material yang digunakan

g. Faktor Keamanan

Faktor keamanan berlaku sebagai indeks yang mewakili keamanan desain suatu struktur, bermanfaat untuk mengkompensasikan ketidakpastian dalam desain yang biasanya terjadi akibat kurangnya ketelitian dan human error dalam desain maupun pelaksanaan konstruksi.

h. Periode Konstruksi

i. Biaya Konstruksi

j. Biaya Perawatan

Dalam perencanaan dermaga pertimbangan-pertimbangan pokok yang diperlukan pada pemilihan tipe dermaga secara umum adalah:

1. Tinjauan topografi daerah pantai

Tinjauan topografi daerah pantai yang akan dibangun dermaga sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan keamanan, efektifitas, kemudahan proses pengerjaan dan faktor ekonomis. Misalnya pada perairan yang dangkal sehingga kedalaman yang cukup agak jauh

dari darat, penggunaan *jetty* akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan yang besar. Sedang pada lokasi dimana kemiringan dasar cukup curam, pembuatan *pier* dengan melakukan pemancangan tiang di perairan yang dalam menjadi tidak praktis dan sangat mahal. Dalam hal ini pembuatan *wharf* bisa dipandang lebih tepat. Jadi bisa disimpulkan kalau tinjauan topografi sangat mempengaruhi dalam pemilihan alternatif tipe dermaga yang direncanakan.

2. Jenis kapal yang dilayani

Jenis kapal yang dilayani berkaitan dengan dimensi dermaga yang direncanakan. Selain itu juga aktifitas yang mungkin harus dilakukan pada proses bongkar muat dan peruntukan dermaga akan mempengaruhi pertimbangan pemilihan tipe dermaga. Dermaga yang akan melayani kapal minyak (*tanker*) dan kapal barang curah mempunyai konstruksi yang ringan dibanding dengan dermaga barang potongan (*general cargo*), karena dermaga tersebut tidak memerlukan peralatan bongkar muat yang besar (*crane*), jalan kereta api, gudang-gudang dan sebagainya. Untuk melayani kapal tersebut, biasanya penggunaan *pier* dipandang lebih ekonomis. Untuk keperluan melayani kapal tanker atau kapal barang curah yang sangat besar biasanya dibuat tambatan lepas pantai dan proses bongkar muat dilakukan menggunakan kapal yang lebih kecil atau tongkang dan barang akan dibongkar di dermaga tepi pantai yang berukuran

relatif lebih kecil.

3. Daya dukung tanah

Kondisi tanah sangat menentukan dalam pemilihan tipe dermaga. Pada umumnya tanah di dekat dataran memiliki daya dukung yang lebih besar daripada tanah di dasar laut. Dasar laut umumnya terdiri dari endapan lumpur yang padat. Ditinjau dari daya dukung tanah, pembuatan wharf akan lebih menguntungkan. Tapi apabila tanah dasar berupa karang, pembuatan wharf akan mahal karena untuk mendapatkan kedalaman yang cukup di depan wharf diperlukan pengerukan yang besar. Dalam hal ini pembuatan jetty akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan dasar karang dengan mempertimbangkan letak dermaga yang berada di perairan hilir Sungai Kahayan. Dermaga ini mencakup sebuah *loading platform* yang terhubung *trestle* dan dilengkapi dengan *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*.

C.3. Konstruksi Dermaga

Pada tugas akhir ini digunakan konstruksi dermaga *open pier*. Pada ujungnya terdapat *dolphin*, baik yang berbentuk *mooring dolphin* maupun *breasting dolphin*. Adapun bentuk konstruksi diatas adalah sebagai berikut:

a) *Open Pier*

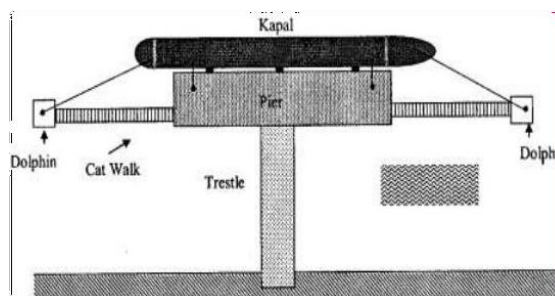
Konstruksi *open pier* dikenal juga sebagai *jetty pier* yang merupakan bangunan dermaga yang didukung tiang pancang berada diatas tanah dasar laut hingga di bawah balok atau poer.

Struktur *open pier* dibedakan antara yang seluruhnya ditopang tiang pancang tegak dan kombinasi antara tiang tegak dan miring.

Pemilihan tipe struktur ini dilakukan karena beberapa sebab diantaranya :

- Dapat dibangun menjorok kearah tengah sungai sehingga mengurangi pekerjaan pengerukan dan dengan biaya struktur yang relatif lebih murah.
- Relatif murah pelaksanaannya dan mudah pemeliharaannya.

Dermaga menerima beban yang bekerja pada struktur tersiri dari beban vertikal dan beban horizontal.



Gambar 2.3. Contoh dermaga *open pier* dengan *dolphin*

b) *Dolphin*

Dolphin adalah konstruksi yang digunakan sebagai tempat untuk bertambat kapal-kapal yang berukuran besar. *Dolphin* biasanya digunakan bersama konstruksi pier atau wharf. *Dolphin* banyak digunakan pada dermaga yang melayani bongkar muat barang curah. Alat penambat direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal yang diakibatkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal saat ditambat.

Ada dua tipe *dolphin* yaitu *mooring dolphin* dan *breasting dolphin*. *Dolphin* penahan berukuran lebih besar karena direncanakan untuk menahan gaya benturan kapal, pada *dolphin* penahan dilengkapi fender untuk meredam tumbukan kapal secara langsung pada dermaga. Sedangkan *dolphin* penambat hanya dilengkapi oleh *boulder* untuk menahan gaya tarikan kapal. Menurut konstruksinya terbagi menjadi *dolphin* lentur dan *dolphin* kaku. *Dolphin* lentur terdiri dari kelompok tiang yang terbuat dari bahan kayu, besi, atau beton yang diikat menggunakan kabel baja. Tiang pancang yang berada di tengah, biasanya lebih panjang sehingga memungkinkan untuk meningkatkan tali tambatan kapal. *Dolphin* lentur juga dapat berupa tiang pancang yang disusun simetris, tiang tersebut dipancang agak miring dan bagian atasnya disatukan. Biasanya *dolphin* lentur digunakan untuk kapal kecil, kurang dari 5000 DWT. Untuk kapal berukuran antara 9000 DWT – 17000 DWT digunakan konstruksi *dolphin* kaku dengan platform yang berfungsi seperti poer / menyatukan tiang pancang. Jika ukuran kapal lebih besar dari 17000 DWT akan digunakan tambatan kapal yang terbuat dari plat beton tebal yang didukung tiang pancang vertikal dan miring.

D. Dimensi Dermaga

D.1. Panjang Dermaga

Secara prinsip panjang dermaga menurut pasal VIII.I.I. *Standard Design Criteria Port in Indonesia*, 1984 panjang tambatan kapal adalah

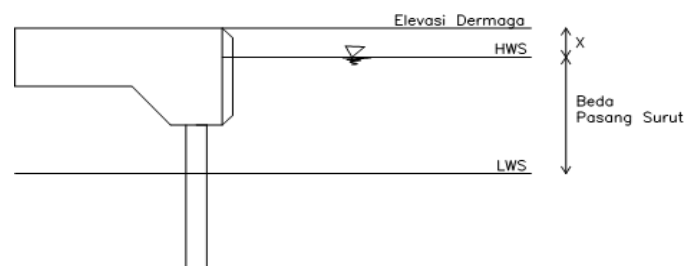
panjang kapal + 10% LOA. Menurut data kapal yang ada, kapal yang menggunakan fasilitas dermaga ini memiliki ukuran antara 5000 DWT – 15000 DWT. Perencanaan panjang area tambatan pada tugas akhir ini berdasarkan ukuran kapal sebesar.

D.2. Lebar Dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi dan kebutuhan manuver peralatan yang berada diatas dermaga. Dalam tugas akhir ini, lebar dermaga menyesuaikan kegunaan dermaga yaitu dermaga curah cair. Tipe dermaga ini tidak memerlukan lebar dermaga yang besar, karena penanganan muatan dilakukan dengan transpor melalui pipa.

D.3. Elevasi Dermaga

Tinggi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang.



Gambar 2.4 Elevasi Dermaga

Penentuan elevasi dermaga ditentukan oleh pasang surut airlaut. Berdasarkan *Tabel 7.2 Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984*, ditentukan sebagai berikut.

Tabel 2.1. Tinggi Jagaan

For a bert with	Tidal range 3m or more	Tidal range Less than 3m
Depth of 4.5m or more	0.5 – 1.5 m	1.0 – 2.0 m
Depth of less than 4.5 m	0.3 – 1m	0.5 – 1.5 m

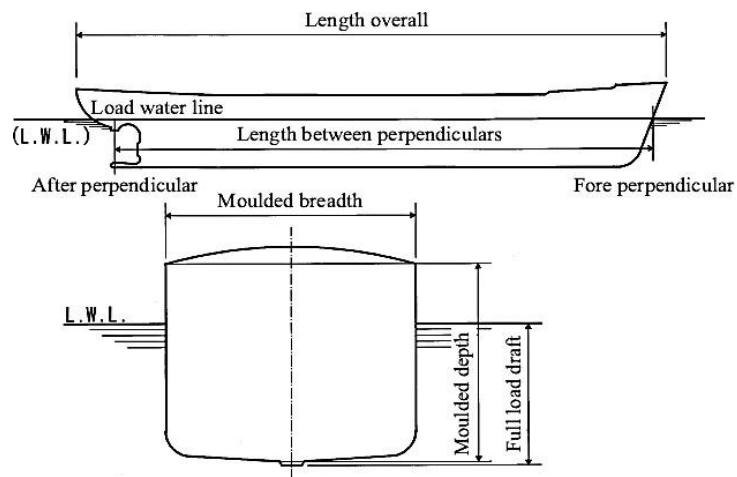
Elevasi dermaga ditentukan dengan rumus :

$$H = HWS + X \dots\dots\dots (2.1)$$

X = Alokasi jarak elevasi dermaga dari posisi HWS)

D.4. Karakteristik Kapal

Kapal yang direncanakan dalam perencanaan ini adalah kapal *tanker oil carrier* dengan kapasitas 35000 DWT. Karakteristik kapal digunakan untuk mengetahui dimensi-dimensi kapal meliputi panjang kapal, tinggi kapal, kedalaman draft dan lain-lain. Berikut adalah gambar kapal dan keterangan mengenai pengukuran dimensi kapal.



Gambar 2.5. Keterangan Dimensi Kapal

Tabel 2.2. Bridgestone *Marine Fender Design Manual*

Deed Weight Tonnage	Loaded Displacement Tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full Draught (m)	Additional Weigth (ton)	Estimated Weigth (ton)	Berthing Energy (ton.m)		
								Berthing Speed (at 0.1 m/s ²)	Berthing Speed (at 0.15 m/s ²)	Berthing Speed (at 0.1 m/s ²)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.3
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	8.5
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	12.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.6	8.1	14.5
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	16.6
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	24.8
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.7	17.3	30.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.7	19.6	34.7
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5	11,909	38,576	9.8	22.1	39.4
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.2	27.5	48.8

E. Pembebanan Dermaga

Dermaga menerima beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal.

E.1. Pembebanan arah vertikal

a) Beban Mati

Berat mati atau berat sendiri merupakan berat dari beban-beban mati yang secara permanen dan konstan selama waktu hidup konstruksi yaitu beban pelat, balok memanjang dan melintang serta poer.

Untuk beban pelat, pertama dihitung beban terbagi rata pada setiap luasan pelat, kemudian dicari beban terbagi rata ekuivalensinya yang akan diterima oleh balok. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pelaksanaan analisa strukturnya. Pada balok, beban

terbagi rata tergantung dari beban yang direncanakan. Pada akhirnya kesemua beban diatas dijadikan satu beban yang dinamakan berat sendiri. Berikut adalah berat jenis material konstruksi pada struktur dermaga :

- Beton bertulang : 2.400 kg/m³
- Beton basah : 2.500 kg/m³
- Baja : 7.850 kg/m³
- Aspal beton : 2.300 kg/m³
- Beban lantai : 2.000 kg/m³

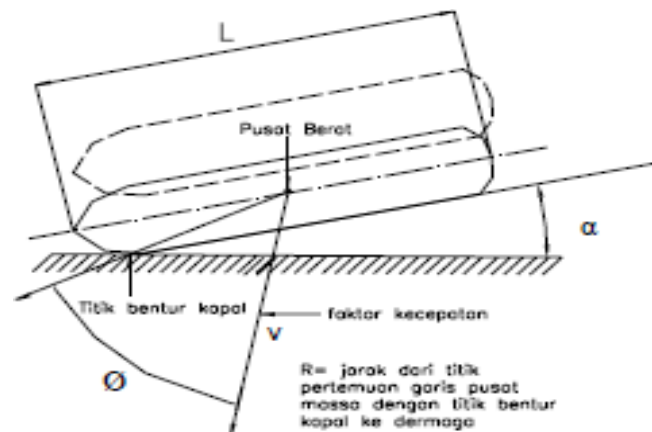
b) Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh beban hidup yang ada diatas dermaga, dipengaruhi oleh beban orang, beban truk, beban hujan, beban conveyor dan beban *marine loading arm*.

E.2. Pembebanan arah horizontal

a) Gaya benturankapal (*berthing energy*)

Pada waktu merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga pada sudut 10° terhadap sisi depan dermaga. (Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, hal 220, 2009)



Gambar 2.6. Kapal yang Bersandar

Besarnya energi benturan diberikan oleh rumus berikut :

$$E = \frac{w \cdot v^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

E = energi benturan kapal (ton.m)

w = berat kapal (ton)

v = kecepatan kapal saat membentur dermaga (m/det)

C_m = koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = koefisien kekerasan (diambil = 1)

C_c = koefisien bentuk dari tambatan (diambil =1)

Tabel 2.2. Kecepatan merapat kapal pada dermaga

Ukuran kapal(DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/det)	Laut Terbuka (m/det)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 15.000	0.15	0.20

Ukuran kapal(DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/det)	Laut Terbuka(m/det)
15.000 – 30.000	0.15	0.15
Diatas 30.000	0.12	0.15

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi \times d}{2 \times c_b \times d} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$$C_b = 1 + \frac{w}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan :

C_b = koefisien blok kapal

d = draft kapal (m)

B = lebar kapal (m)

L_{pp} = panjang garis air (m)

γ_o = berat jenis air laut (t/m^3)

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_c = \frac{1}{1 + (L/r)^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

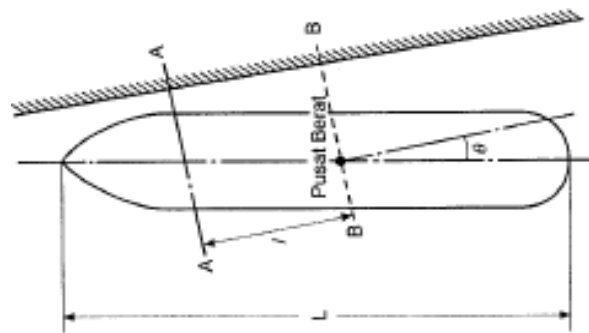
Dengan :

l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

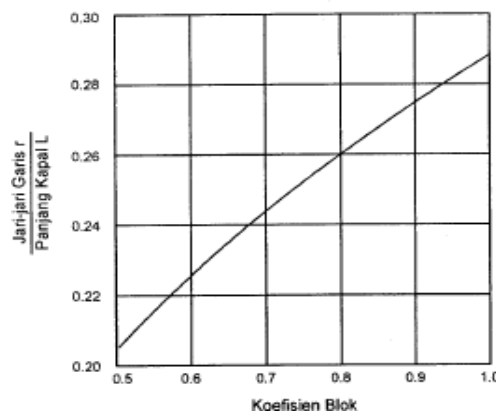
$l = \frac{1}{4} L_{oa}$ (dermaga) (m)

$l = \frac{1}{6} L_{oa}$ (dolfin) (m)

$r =$ jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air



Gambar 2.7. Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal



Gambar 2.8. Jari-jari disekeliling pusat berat kapal

1. Gaya akibat angin

Berdasarkan *Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, hal 224, 2009*, Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut akan berupa benturan kepada dermaga. Sedangkan apabila arah

angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut akan mengakibatkan gaya tarikan kepada alat penambat.

Besar gaya angin tergantung pada arah hembus angin dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- Gaya longitudinal apabila angin datang dariarah haluan ($\alpha = 0^\circ$)
 $R_w = 0.42 Q_a A_w \dots\dots\dots (2.7)$

- Gaya longitudinal, apabila angin datang dariarah buritan ($\alpha = 180^\circ$)
 $R_w = 0,5 \times Q_a \times A_w \dots\dots\dots (2.8)$

- Gaya lateral, apabila angin datang dari arahlebar ($\alpha = 90^\circ$)
 $R_w = 1,1 \times Q_a \times A_w \dots\dots\dots (2.9)$

Dimana :

$$Q_a = 0,063 \times V^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

R_w = gaya akibat angin (kg)

Q_a = tekanan angin (kg/m²)

V = kecepatan angin (m/d)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuangin (m²)

2. Gaya akibat arus

Seperti halnya angin, arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut :

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \frac{v_c^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

R_a = gaya akibat arus (kgf)

A_c = luas penampang kapal yang terendam air (m²)

γ_w = rapat massa air laut (1025 kg/m³)

V_c = kecepatan arus(m/d)

C_c = koefisien tekanan arus

Nilai C_c adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air didepan tambatan yang nilainya diberikan berikut ini :

- Di air dalam, nilai $C_c = 1,0 - 1,5$
- Kedalaman air/draft kapal = 2m, nilai $C_c = 2,0$
- Kedalaman air/draft kapal = 1,5m, nilai $C_c = 3,0$
- Kedalaman air/draft kapal = 1,1m. Nilai $C_c = 5,0$
- Kedalaman air/draft kapal = 1m, nilai $C_c = 6,0$

Faktor untuk menghitung gaya arus memanjang (longitudinal) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1.

3. Beban Gempa

Dermaga harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7%

dalam 75 tahun. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (Csm) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

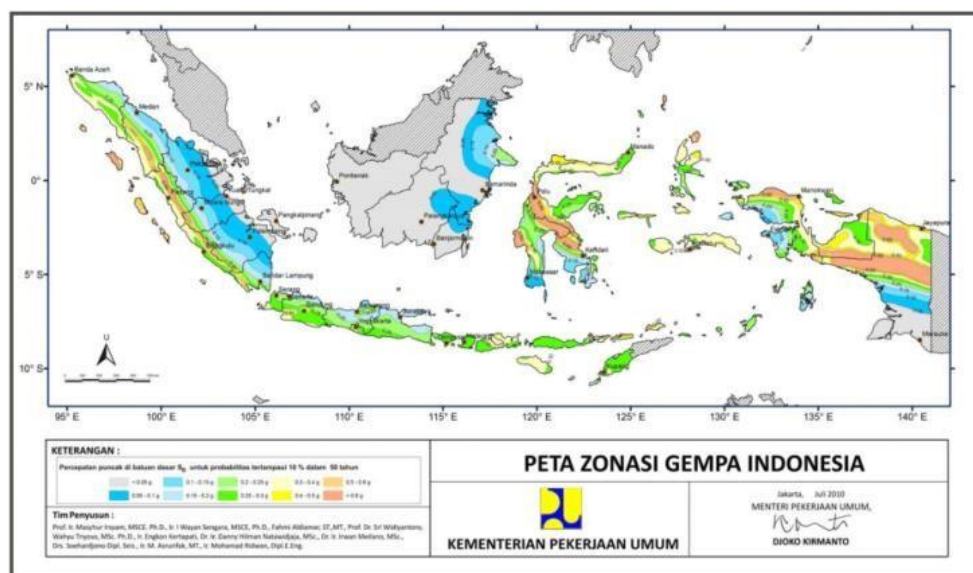
E : gaya gempa horizontal statis (kN)

Csm : koefisien respon gempa statik pada moda getar ke – m

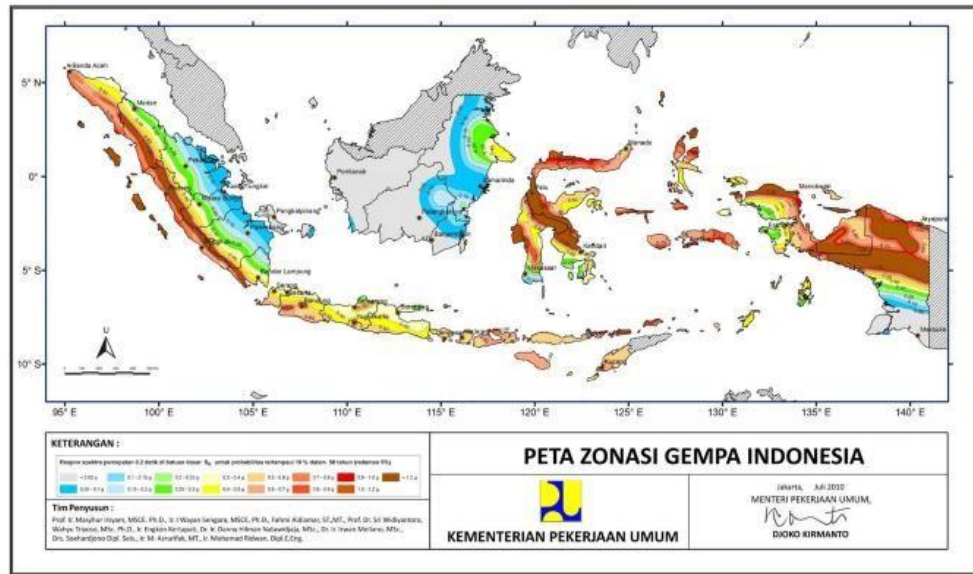
R : faktor modifikasi respon

Wt : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

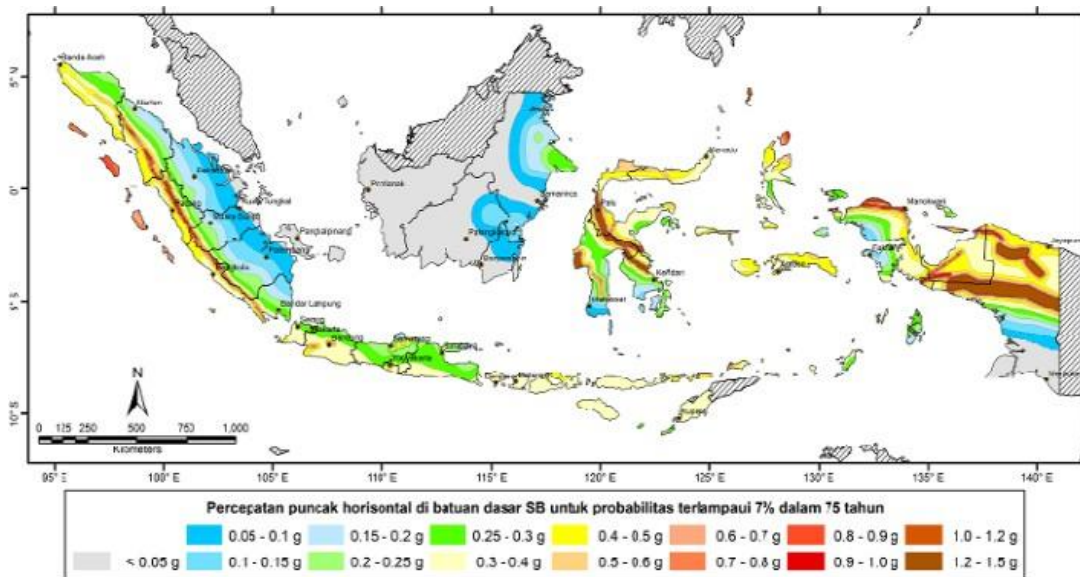
Koefisien respon elastik Csm dapat diperoleh dari percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai gambar berikut:



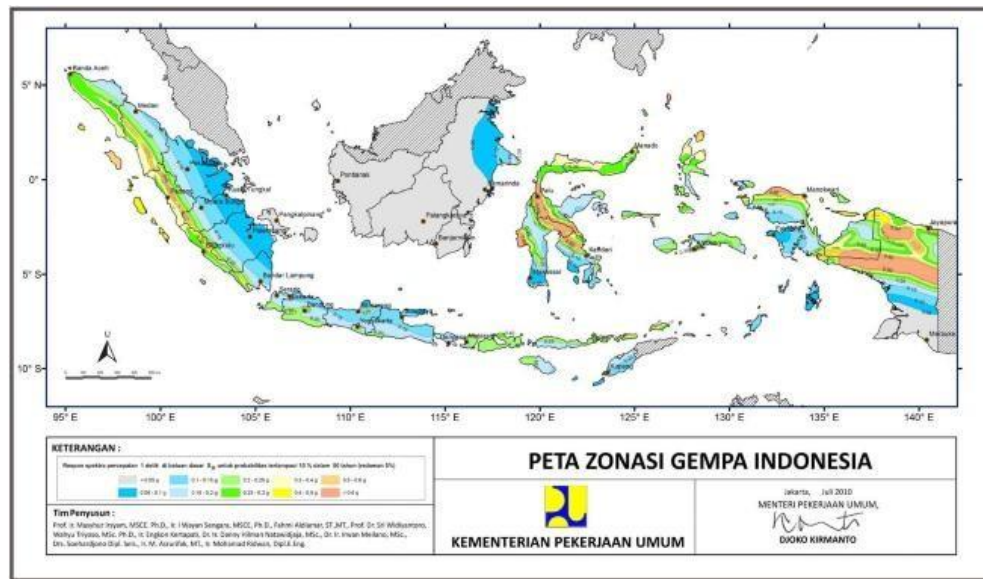
Gambar 2.9. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013)



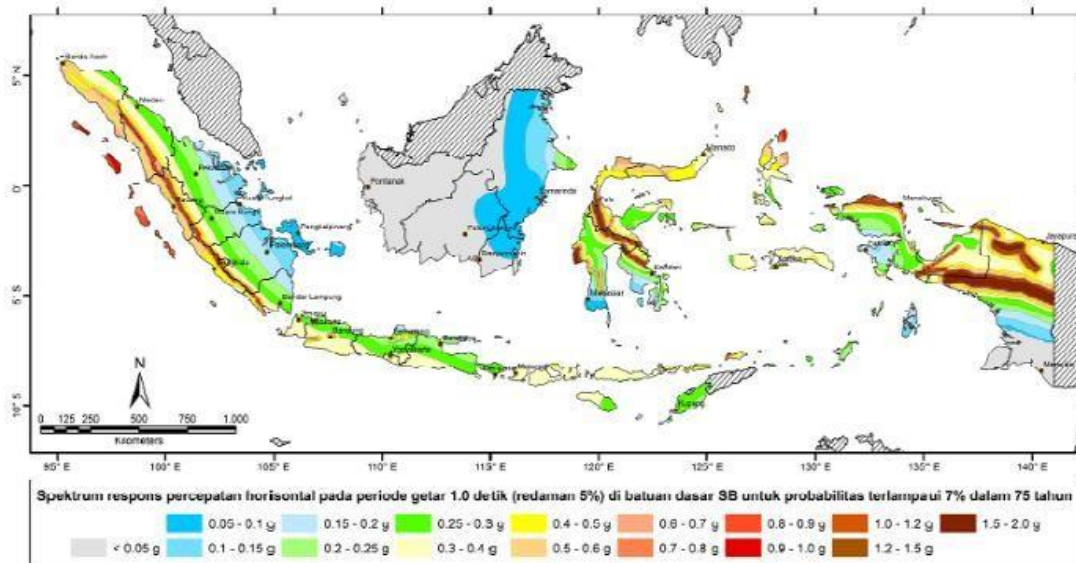
Gambar 2.10. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013)



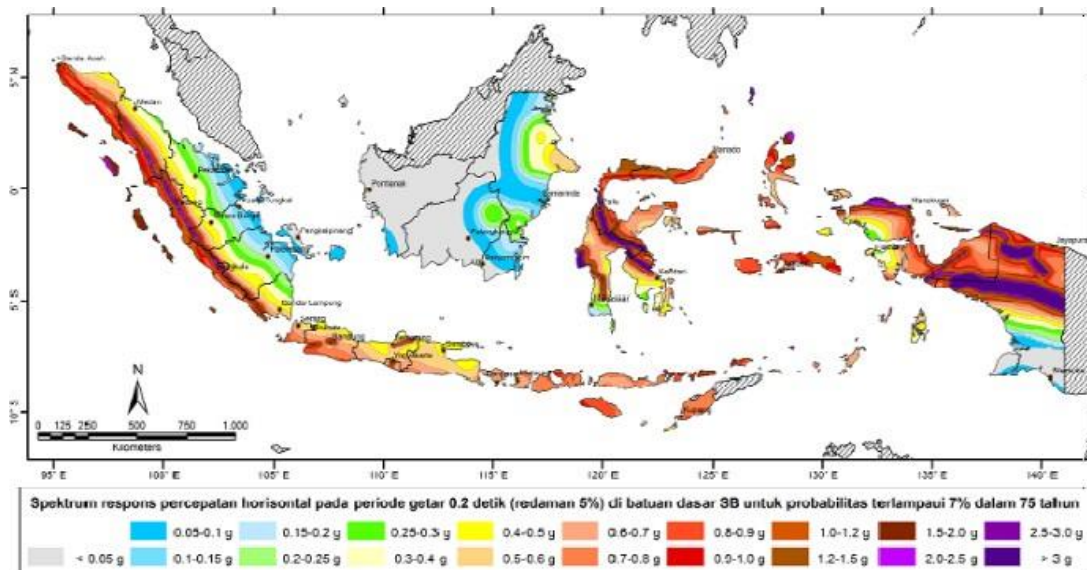
Gambar 2.11. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (SNI 2833 2013)



Gambar 2.12. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013)



Gambar 2.13. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013)



Gambar 2.14. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833 2013)

1) Respon spektrum rencana

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.

Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 (PGA, S_s , dan S_1), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_s dan F_v . Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut:

$$A_S = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots(2.14)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

A_S = koefisien percepatan puncak muka tanah (g)

F_{PGA} = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0 detik

F_a = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,2 detik

PGA = percepatan puncak batuan mengacu pada peta gempa Indonesia 2010

S_s = lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

S_1 = parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik

S_{D1} = spektra permukaan tanah pada periode 1 detik

2) Koefisien respon gempa elastik

Koefisien respon gempa elastik ditentukan berdasarkan 3 (tiga) kondisi, yaitu :

1. Untuk $T < T_0$, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_S) \frac{T}{T_0} + A_S \dots\dots\dots(2.16)$$

2. Untuk $T_0 \leq T \leq T_S$, maka nilai koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) adalah

$$C_{sm} = S_{DS} \dots\dots\dots (2.17)$$

3. Untuk $T > T_s$, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2.18)$$

Setelah nilai koefisien gempa elastik diperoleh, langkah selanjutnya ialah menemukan nilai faktor modifikasi respon (R). Berdasarkan RSNI 2833 2013 pasal 5.9.3.2 nilai faktor modifikasi respon untuk gaya gempa yang dimodifikasi diambil sama dengan 1.

F. Perencanaan Konstruksi Atas Dermaga

F.1 Beton Bertulang

Secara umum lantai dermaga tersusun dari pelat beton bertulang yang merupakan bagian struktural. Pelat lantai beton bertulang dianggap lantai dengan tulangan satu arah (*one way slab*), direncanakan mengikuti kaidah struktur, yaitu menghitung momen dengan lentur dengan mengikuti sifat balok dengan banyak perletakan. Disamping momen lentur, juga yang harus diperiksa adalah geser pada lantai akibat tekanan roda kendaraan.

Standart yang digunakan dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah RSNI T-12-2004 tentang perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan dan standart yang berkaitan dengan perencanaan struktur beton bertulang yaitu SK SNI 03-2847-2002.

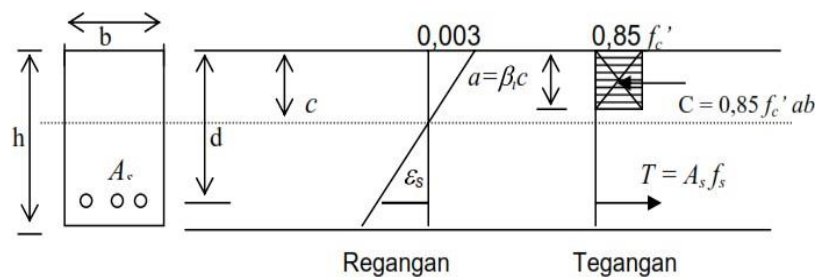
a) Asumsi Perencanaan

Perhitungan kekuatan dari suatu penampang yang terlentur harus

memperhitungkan keseimbangan dari tegangan dan komparabilitas regangan, serta konsisten dengan anggapan :

- Bidang rata yang tegak lurus sumbu tetap ratatelah mengalami lentur.
- Beton tidak diperhitungkan dalam memikul tegangan tarik
- Distribusi regangan tekan ditentukan dari hubungan tegangan regangan beton
- Regangan batas beton yang tertekan diambil sebesar 0,003

Walaupun demikian, hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekuivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton = $0,85f_c'$ terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejauh $a = \beta_1 c$ dari tepi tertekan terluar tersebut.



Gambar 2.15. Regangan dan tegangan pada beton bertulang (SNI T-12-2004)

Faktor β_1 harus diambil sebesar:

- $\beta_1 = 0,85$
untuk $fc' \leq 30$ Mpa

$$- \quad \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$$

untuk $f_c' > 30$ Mpa

Tetapi β_1 untuk $f_c' > 30$ tidak boleh kurang dari 0,65. Dimana:

β_1 = faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban

f_c' = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (MPa)

Sedangkan untuk perencanaan kekuatan pada penampang terhadap momen lentur harus berdasarkan kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan.

$$M_u = M_n \cdot \phi \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

M_u : Momen ultimate (N.mm)

M_n : Momen nominal (N.mm)

ϕ : faktor reduksi kekuatan

b) Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan (ϕ) diambil berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.5.2 yaitu dengan nilai-nilai sebagai berikut :

- Lentur = 0,80
- Geser dan torsi = 0,70
- Aksial tekan
 - Dengan tulangan spiral = 0,70
 - Dengan sengkang biasa = 0,65

- Tumpuan beton = 0,70

F.2 Perencanaan Pelat

Perencanaan Pelat berdasar pada RSNI T-12-2004 pasal 5.5 :

1) Tebal minimum pelat lantai

Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s memenuhi dua ketentuan :

- $t_s \geq 200$ mm.....(2.20)
- $t_s \geq (100 + 40 l)$ mm(2.21)

dengan pengertian :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)

2) Penulangan pada Pelat

Perencanaan Penulangan pelat dihitung dengan metode momen ultimate didasarkan pada besarnya momen yang terjadi akibat beban yang bekerja.

Standar yang dipergunakan dalam perencanaan pelat beton bertulang adalah **SNI T-12-2004**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur pelat lantai adalah sebagai berikut:

1. Menghitung momen terfaktor dengan analisis struktur (M_u) menggunakan program bantu SAP2000.'
2. Hitung momen nominal, $M_n = M_u / \phi$, dimana ϕ =faktor reduksi kekuatan lentur =0,80
3. Tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan :

b = Lebar pelat yang ditinjau (per 1 meter) d = tebal efektif pelat lantai

d = tebal efektif pelat lantai

4. Tahanan momen maksimum,

$$\rho b = \beta_1 \times 0.85 \times \frac{f_c'}{f_y} + \frac{600}{600+f_y} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan :

$\beta_1 = 0,85$ jika $f_c' \leq 30$ Mpa

$\beta_1 = 0,85 - 0,008(f_c' - 30)$ jika $f_c' > 30$ Mpa

(SNI T-12-2004 persamaan 5.1-1 dan 5.1-2)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \dots\dots\dots(2.24)$$

$$R_{max} = \rho_{max} \cdot f_y \times 1 - \frac{\frac{1}{2}\rho_{max} \cdot f_y}{0,85 f_c'} \dots\dots\dots(2.25)$$

5. Harus dipenuhi $R_n < R_{max}$

6. Rasio tulangan yang diperlukan.

$$\rho = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \times 11 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f_c'}} \dots\dots\dots(2.26)$$

7. Rasio tulangan minimum,

$$\frac{A_s}{bd} > \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.27)$$

8. Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.28)$$

9. Jarak antar tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot b}{A_s}, \dots\dots\dots(2.29)$$

3) Kontrol Stabilitas Lendutan Pelat

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3**, lendutan untuk pelat dan gelagar harus dibatasi sedemikian hingga :

- Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas wajar, yaitu: $0 < \Delta < L/300$
- Lendutan pada beban hidup layan, termasukkejut, yaitu: $\Delta < L/360$

F.3 Perencanaan Balok

Dalam suatu struktur dermaga, terdapat balok yang terletak di bawah plat lantai dermaga yang terdiri dari balok memanjang dan melintang. Perencanaan dimensi balok memanjang dan melintang mengacu pada **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Section 5 hal.5-4**, yakni tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0.06L \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)

L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

1) Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal : 6 - 47** Kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{lt}{b_{eff}} \geq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\frac{lt}{b_{eff}} \geq 60 \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan:

Lt = Jarak antar pengekang melintang (mm)

B_{eff} = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

2) Penulangan pada Balok

Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan seketika dan jangka panjang) berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol. 1, pasal 5.4.2 hal 5-94**. Untuk momen, gaya lintang, dan nilai-nilai analisa mekanika lainnya diperoleh dari hasil analisis program bantu SAP 2000. Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

- Penulangan Lentur

Penulangan lentur balok dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan lentur pelat dengan persamaan berikut :

$$M_n = M_u / \phi$$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c'$$

$$R_n = M_n / b d^2$$

Rasio tulangan minimum :

$$P_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_{max} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0,75 \rho_{max} A$$

$$s_t = \rho \cdot b \cdot d$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_s t \cdot F_y$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \times (d - a/2)$$

Nilai ϕM_n harus lebih besar dari M_u .

$$\frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_c p^2}{\rho c p} \right)$$

- Penulangan Torsi

Tu dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p h}{1,7 A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2 \sqrt{f_c'}}{3} \right) \dots \dots \dots (2.34)$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y v}{s} \cdot \cot \phi \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

Tulangan puntir tambahan untuk menahan geser harus direncanakan dengan menggunakan persamaan:

Dengan $\phi T_n \geq T_u$

Tulangan puntir tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang dari pada:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cot^2 \phi \dots \dots \dots (2.36)$$

Sedangkan luas total minimum tulangan puntir longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

$$A_{l_{min}} = \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dengan A_t / s tidak kurang dari $b_w / 6f_y$

Luas tulangan tambahan kemudian disebar merata ke 4 sisi balok.

- Penulangan Geser

Perencanaan terhadap geser didasarkan mengacu pada SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung **SNI 2847-2002, pasal 13.**

$$\phi V_n \geq V_u \dots \dots \dots (2.38)$$

V_n adalah gaya geser terfaktor yang dihitung menurut:

$$V_n = V_c + V_s \dots \dots \dots (2.39)$$

Sedangkan V_c adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung menurut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots \dots \dots (2.40)$$

Cek kondisi :

- Kondisi 1

$$V_u > \phi V_c \dots\dots\dots (2.41)$$

Tulangan geser diperlukan

- Kondisi 2

$$V_u > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \dots\dots\dots (2.42)$$

Tulangan geser minimum diperhitungkan Perhitungan tulangan

geser:

$$V_s = V_n - V_c \dots\dots\dots (2.43)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$\frac{A_v \text{ tot}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \dots\dots\dots (2.45)$$

Sedangkan nilai A_v total minimum adalah :

$$A_v + 2 A_t = 75 \cdot \sqrt{f_c'} \frac{b_w \cdot s}{1200 \cdot f_{yv}} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dan nilai $A_v + 2 A_t$ tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{3} b_w \frac{s}{f_{yv}} \dots\dots\dots (2.47)$$

Kontrol spasi :

$$S \text{ maksimum} = Ph/8 \text{ atau } 300\text{mm} \dots\dots\dots (2.48)$$

- 3) Kontrol Stabilitas Balok

- Kontrol Retakan Lentur

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaanlaya, oleh pembagian penulangan sedemikian berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992)Vol 1, pasal5.3.1.a:**

1. Jarak antara pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Jarak dari pinggir atau dasar balok terhadappusatbatang tulangan memanjang terdekat tidakboleh melebihi 100 mm.

Untuk maksud di atas, suatu batang tulangan dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

- Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2.a.,lendutanpada balok (dan pelat) harus dibatasi sedemikian bahwa:

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan sudut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar.Batas berikut umumnya diinginkan $0 < \text{lawan lendutan} < L/300$.
2. Lendutan pada beban hidup laya, termasuk kejut, tidak boleh melebihi $L/800$ untuk bentang dan $L/400$ untuk kantilever.

Selanjutnya, untuk perhitungan lendutan, baiklendutan sesaat maupun jangka panjang, mengacu pada **PeraturanPerencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2 Halaman 5-3.**

F.4 Perencanaan Pilecap

Shear ring merupakan alat penyatu beton (*pile cap*) dengan baja (tiang pancang). Langkah-langkah penulangan pada *shear ring* sebagai berikut:

1. Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimate dari output SAP2000
2. Tentukan kekuatan beton dalam tiang pancang P_{beton} dalam tiang = $L_{\text{penampang}} \cdot 0,85 \cdot K_{Rc} \cdot f_c'$
3. Kontrol retak beton $V_c > V_u$
4. Kontrol kekuatan las

Kekuatan las tiap *ring* = (keliling x tebal las) $\cdot \sigma_e \cdot n$

Dengan:

n = jumlah *shear ring*

5. Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas secara praktis dihitung sebagai berikut:

A tiang $\cdot f_{sy}$ tiang = A_{st} perlu $\cdot f_{sy}$ tulangan

6. Panjang penyaluran (l_d)

Perhitungan panjang penyaluran sesuai dengan persamaan:

$$L_{sf} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25 \cdot k_1 \cdot d_b \dots \dots \dots (2.49)$$

Dengan:

L_{sf} = panjang penjangkaran baut bollard (mm)

$k_1 = 1,0$

$$k_2 = 2,4$$

A_b = luas penampang baut (mm²)

d_b = diameter baut (mm)

$2a$ = 2 kali selimut pada batang tulangan

G. Perencanaan Fender

G.1 Perencanaan Fender

Fungsi utama dari fender adalah mencegah kerusakan pada kapal dan dermaga sewaktu kapal merapat di dermaga. Pada waktu kapal merapat dan bertambat di dermaga terjadi benturan, gesekan dan tekanan antara kapal dan dermaga.

Perencanaan sistem fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedang sisanya diserap oleh struktur dermaga. Prosedur perencanaan fender diberikan berikut ini :

1. Menentukan energi benturan kapal, yang didasarkan pada kapal terbesar yang merapat dermaga.
2. Menentukan energi yang dapat diserap oleh dermaga. Energi tersebut sama dengan setengah gaya reaksi fender (F) dikalikan dengan defleksinya $E = 1/2 Fd$.
3. Energi yang akan diserap oleh fender adalah energi yang ditimbulkan oleh benturan kapal dikurangi energi yang diserap dermaga.
4. Pilih fender yang mampu menyerap energi yang sudah dihitung

diatas berdasar karakteristik fender yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya.

Tabel 2.3. Hubungan ukuran kapal dengan kecepatan merapat

Ukuran Kapal (GT)	Kecepatan merapat (m/dt)	Laut terbuka (m/dt)
Sampai 500	0,25	0,30
500 – 15.000	0,15	0,20
15.000 – 30.000	0,15	0,15
>30.000	0,12	0,15

Gaya benturan kapal yang bekerja secara horizontal dapat dihitung berdasarkan energi benturan kapal terhadap dermaga. Defleksi terjadi dari nilai nol sampai nilai maksimum yang diijinkan pada saat kapal merapat di dermaga, kerja yang dilakukan oleh dermaga adalah :

$$E = \frac{1}{2} Fd \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\frac{1}{2} W/gV^2 = \frac{1}{2} Fd \dots\dots\dots(2.51)$$

Maka:

$$F = W/gd V^2 \dots\dots\dots(2.52)$$

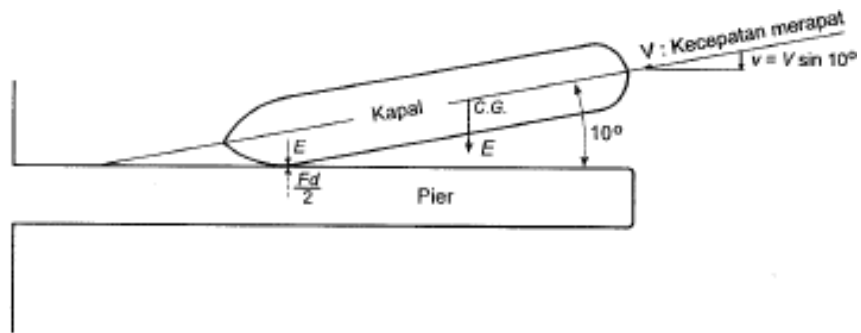
Dengan:

F = gaya bentur yang diserap sistem fender

d = defleksi fender

V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga

W = bobot kapal bermuatan penuh



Gambar 2.16. Benturan kapal pada Dermaga

G.2 Penentuan Jarak Antar Fender

Dalam arah horisontal jarak antara fender harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari kontak langsung antara kapal dan dinding dermaga. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum antar fender:

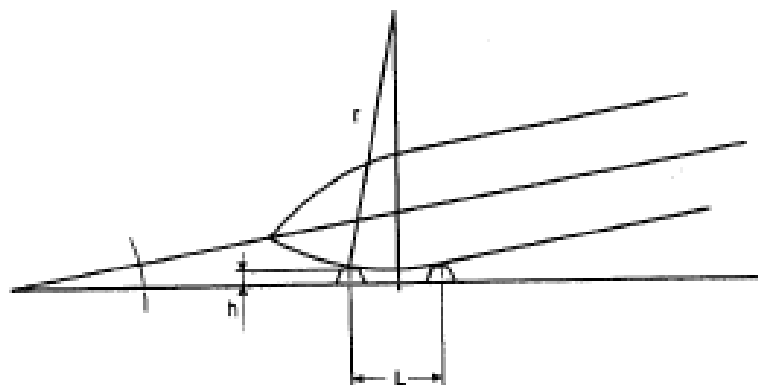
$$L = \sqrt{r^2 - (r - h)^2} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dengan :

L = jarak maksimum antara fender (m)

r = jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = tinggi fender



Gambar 2.17. Jarak antara fender

Apabila data jari-jari kelengkungan kapal tidak diketahui, maka persamaan berikut dapat digunakan sebagai pedoman untuk menghitungnya:

- Kapal barang dengan bobot 500 – 35000 DWT

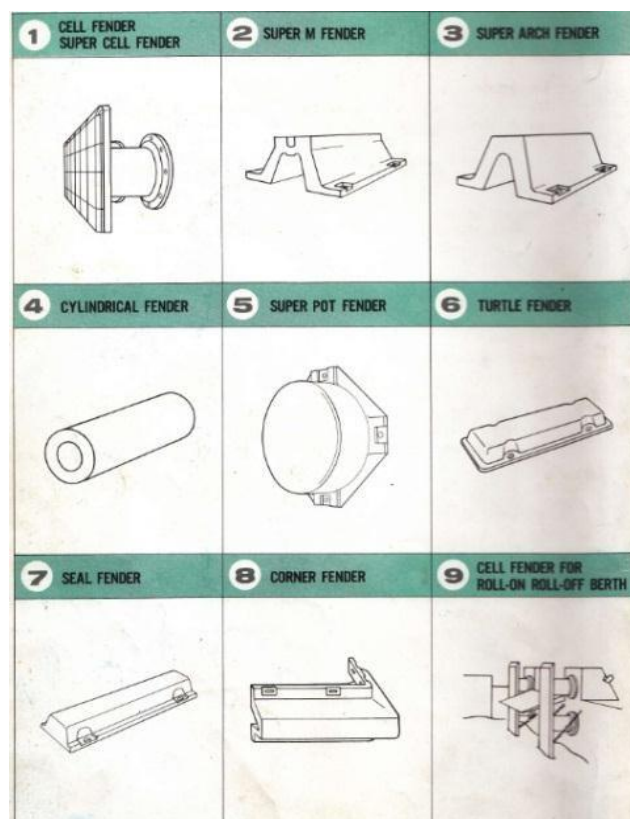
$$\log r = -1,055 + 0,650 \log(DWT) \dots \dots \dots (2.55)$$

- Kapal tanker dengan bobot 5000 – 200.000 DWT

$$\log r = -0,133 + 0,440 \log(DWT) \dots \dots \dots (2.56)$$

G.3 Tipe-Tipe Fender

Menurut *Marine Fender Design Manual, Bridgestone* terdapat kurang lebih tipe fender seperti yang tertera pada gambar berikut :



Gambar 2.18. Tipe-tipe Fender (Marine Fender Design Manual, Bridgestone)

H. Perencanaan Bollard

H.1 Pemilihan Tipe Bollard

Bollard adalah konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat *boulder* terdapat disekitar ujung depan (*bow*) dan diujung belakang (*stem*).

Boulder yang digunakan pada dermaga berbahan baja cor karena lebih tahan cuaca dan cukup kuat untuk menahan gaya yang bekerja, tinggi *boulder* tidak lebih dari 50cm dengan ujung tertutup dan lebih besar untuk mencegah terjadinya terlepasnya tali kapal yang diikat. Tabel dibawah ini menunjukkan kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana yang akan menambat dan hubungannya dengan diameter bollard.

Tabel 2.4. Tabel Kebutuhan Bollard

Gross Tonnage (GT) of vessel (tons)	Tractive force acting on mooring post (kN)	Tractive force acting on a bollard (kN)
200<GT≤500	150	150
500<GT≤1,000	250	250
1,000<GT≤2,000	350	250
2,000<GT≤3,000	350	350
3,000<GT≤5,000	500	350
5,000<GT≤10,000	700	500
10,000<GT≤20,000	1,000	700
20,000<GT≤50,000	1,500	1,000

I. Perencanaan Konstruksi Bawah Dermaga

I.1 Perencanaan Kepala Jembatan

Kepala jembatan (abutmen) merupakan suatu bangunan / bagian dari

konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. Tekanan tanah dapat berupa tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal di bagian belakang abutmen dan besar tekanan dapat meningkat perlahan – lahan sampai mencapai harga tetap. Sedangkan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif.

I.2 Perencanaan Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang baik dari arah vertikal dan horizontal dihitung dengan menggunakan metode spring constant. Perbandingan tekanan tanah aktif dan pasif biasanya kurang lebih adalah 1 : 2-3. Dengan metode spring constant ini akan dimodelkan perbandingan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif adalah 1 : 1, jadi kekuatan tekanan tanah pasif yang akan melawan tekanan tanah aktif dimodelkan setara dengan kekuatan tanah aktif yang terjadi. Metode ini memodelkan keliling permukaan sepanjang tiang pancang adalah spring/pegas dan ujung tiang adalah rol.

Salah satu contoh rumus yang digunakan adalah spring constant nakazawa.

➤ Perhitungan daya dukung vertikal

$$K_v = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot A$$

Keterangan :

K_v : daya dukung vertikal (T/m)

E_o : 28 N (N = jumlah SPT tiap 1 m) (kg/cm^2)
D: diameter tiang pancang (cm)

A : luas permukaan tiang pancang (cm^2)

➤ Perhitungan daya dukung horizontal = $0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot y^{-0,75}$

Keterangan :

Y : tinjauan per 1 cm
 $K_x = K_y = K \cdot D \cdot D_z$

Keterangan :

D_z : kedalaman tinjauan (m)

J. Metode Pelaksanaan

J.1 Pekerjaan Persiapan

1. Pekerjaan Pengukuran
2. Pekerjaan Pembersihan
3. Mobilisasi dan Demobilisasi

J.2 Pekerjaan Pemancangan

1. Pengangkutan Tiang Pancang
2. Pemancangan Tiang Pancang
3. Pekerjaan Penyambungan Tiang Pancang
4. Pekerjaan Pemotongan Tiang Pancang
5. Pekerjaan Tulangan Tiang Pancang

J.3 Pekerjaan Pile Cap

1. Pekerjaan Penulangan
2. Pekerjaan Bekisting
3. Pekerjaan Pengecoran

J.4 Pekerjaan Balok Memanjang dan Melintang

1. Pekerjaan Penulangan
2. Pekerjaan Bekisting
3. Pekerjaan Pengecoran

J.4 Pekerjaan Pelat Lantai

1. Pekerjaan Penulangan
2. Pekerjaan Bekisting
3. Pekerjaan Pengecoran

K. Perhitungan Volume

K.1 Pekerjaan Persiapan

1. Pekerjaan Pengukuran

Perhitungan volume untuk pekerjaan pengukuran sebagai berikut :

- Luas lahan = panjang (m) x lebar (m)..... (2.76)

2. Pekerjaan Pembersihan

Perhitungan volume untuk pekerjaan pembersihan sebagai berikut :

- Luas lahan = panjang (m) x lebar (m)..... (2.77)

3. Mobilisasi dan Demobilisasi

Perhitungan volume untuk pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi adalah Lumpsum (Ls). Yang artinya adalah kontrak jasa atas

penyelesaian seluruh pekerjaan dalam jangka waktu tertentu dengan jumlah harga yang pasti dan tetap.

K.2 Pekerjaan Pemancangan

1. Pengangkutan Tiang Pancang

Perhitungan volume untuk pekerjaan pengangkutan tiang pancang adalah diukur untuk setiap meter lari yang diangkut.

2. Pemancangan Tiang Pancang

Perhitungan volume untuk pekerjaan pemancangan tiang pancang adalah diukur untuk setiap meter lari yang pemancangan.

3. Pekerjaan Penyambungan Tiang Pancang

Perhitungan volume untuk pekerjaan penyambungan tiang pancang adalah dalam buah atau nos.

4. Pekerjaan Pematangan Tiang Pancang

Perhitungan volume untuk pekerjaan penyambungan tiang pancang adalah dalam buah atau nos.

5. Pekerjaan Tulangan Tiang Pancang

Perhitungan volume tulangan pembesian ditentukan dengan menghitung jumlah total dari panjang besi yang digunakan pada sebuah struktur atau dapat dirumuskan dengan :

$$F = A + B + C + D + E \dots\dots\dots (2.78)$$

Keterangan :

F = panjang total tulangan (m)

A = panjang tulangan terpendek

B = panjang tulangan terpanjang

C = panjang kaitan

D = panjang kaitan tambahan

E = panjang bengkokan

Setelah diketahui total dari panjang besi menggunakan rumus maka dapat diketahui volume besidalam satuan kg dengan rumus:

$$Volume = p \times w \dots\dots\dots(2.79)$$

Keterangan :

- W = berat (sesuai tabel 2.7)
- P = panjang total (jumlah panjang tulangan yang telah dihitung sesuai rumus volume besi)

Tabel 2.5. Berat Besi

Diameter (m)	Berat (kg/m)
6	0,222
8	0,395
10	0,627
12	0,888
14	1,208
16	1,578
19	2,226
22	2,984
25	3,853

6. Pekerjaan Beton Isian Tiang Pancang

Perhitungan volume untuk pekerjaan beton isian tiang pancang adalah :

$$Volume\ silinder\ (m^3) = Luas\ permukaan \times\ tinggi$$

$$\text{Volume silinder} = r^2 \times t \dots\dots\dots(2.80)$$

K.3 Pekerjaan Pilecap

1. Pekerjaan Penulangan

Perhitungan volume tulangan pembersihan ditentukan dengan menghitung jumlah total dari panjang besi yang digunakan pada sebuah struktur atau dapat dirumuskan dengan :

$$F = A + B + C + D + E \dots\dots\dots(2.81)$$

Keterangan :

F = panjang total tulangan (m) A = panjang tulangan terpendek B = panjang tulangan terpanjang C = panjang kaitan

D = panjang kaitan tambahan E = panjang bengkokan

Setelah diketahui total dari panjang besi menggunakan rumus maka dapat diketahui volume besi dalam satuan kg dengan rumus:

$$\text{Volume} = p \times w \dots\dots\dots(2.82)$$

Keterangan :

- W = berat (sesuai tabel 2.7)

- P = panjang total (jumlah panjang tulangan yang telah dihitung sesuai rumus volume besi)

2. Pekerjaan Bekisting

Kebutuhan kayu bekisting untuk tiap jenis pekerjaan berbeda-beda. Berikut ini adalah kebutuhan kayu yang digunakan untuk bekisting:

Tabel 2.6. Kebutuhan kayu untuk Bekisting

No.	Jenis cetakan	Kayu (m ³)	Paku, baut dan kawat (kg)
1	Pondasi/ pangkal jembatan	0,46-0,81	2,73-5
2	Dinding	0,46-0,62	2,73-4
3	Lantai	0,41-0,64	2,73-4
4	Atap	0,46-0,69	2,73-4,55
5	Tiang-tiang	0,44-0,74	2,73-5
6	Kepala tiang	0,46-0,92	2,73-5,45
7	Balok-balok	0,69-1,61	3,64-7,27
8	Tangga	0,69-1,38	3,64-6,36
9	Sudut tiang/balok berukir	0,46-1,84	2,73-6,82
10	Ambang jendela dan lintel	0,58-1,84	3,18-6,36

Berikut adalah rumus perhitungan keperluan bahan bekisting :

Keperluan kayu =

$$\frac{\text{Luas bekisting (m}^2\text{)}}{10\text{m}^2} \times \text{keperluan kayu} \dots\dots\dots (2.83)$$

Keperluan paku =

$$\frac{\text{Luas bekisting (m}^2\text{)}}{10\text{m}^2} \times \text{keperluan paku} \dots\dots\dots (2.84)$$

3. Pekerjaan Pengecoran

Perhitungan volume untuk pekerjaan pengecoran pilecap adalah :

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{jumlah pilecap (m}^3\text{)} (2.85)$$

K.4 Pekerjaan Balok Memanjang dan Melintang

Perhitungan volume untuk pekerjaan balok memanjang dan melintang :

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{jumlah balok} \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.86)$$

K.5 Pekerjaan Pelat Lantai

Perhitungan volume untuk pekerjaan pengecoran pelatlantai adalah :

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.87)$$