

ANALISIS PERBANDINGAN PELAT LANTAI DERMAGA 209 DAN 209 L DI PELABUHAN TANJUNG PRIOK JAKARTA

Davit Fikri

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
davit_fikri@yahoo.com

Heri Khoeri

PT. Hesa Laras Cemerlang
hkhoeri@hesa.co.id

ABSTRAK : Dermaga adalah fasilitas penting yang harus dimiliki oleh sebuah pelabuhan untuk menunjang kegiatan operasionalnya. Dermaga merupakan tempat dimana terjadinya proses bongkar muat. Dalam analisis perencanaan dermaga, diperlukan data-data antara lain spesifikasi kapal yang akan bersandar, alat yang akan digunakan di dermaga tersebut seperti Container Crane atau Harbour Mobile Crane, dan kendaraan yang akan digunakan untuk mengangkut komoditas dari atau ke dermaga. Struktur dermaga akan menahan beban dari kapal, alat, dan kendaraan tersebut.

Tugas akhir ini membandingkan model dari 2 (dua) dermaga berbeda yaitu Dermaga 209 dan Dermaga 209L dengan mengacu pada 2 (dua) peraturan yang berbeda yaitu SNI 2002 dan PBI 1971. Dua program yang berbeda juga digunakan yaitu Staad Pro dan SAP2000.

Pada hipotesis awal, model yang mengacu pada SNI 2002 dan dibuat menggunakan program SAP2000 dinyatakan lebih andal dari model yang mengacu pada PBI 1971 dan menggunakan program Staad Pro. Hipotesis tersebut terbukti melalui hasil perhitungan dan analisis untuk masing-masing dermaga pada tugas akhir ini.

Kata kunci : dermaga 209, 209L, SNI, PBI, Staad Pro, SAP 2000

ABSTRACT : Berth is an important facility for a port to support its operational activity. It is a place where stevedoring activity been held. In order to design a berth, it is necessary to compile some datas such as ship specifications, crane specifications (Container Crane or Harbour Mobile Crane), and vehicles which will carry the goods from and to the berth. The berth structure will retain the loads from ships, cranes, and vehicles.

This final project compares the model of two different berth : Berth 209 and Berth 209L by referring to two different standards : SNI 2002 and PBI 1971. It also will uses two different programs : Staad Pro and SAP2000.

In the early hypothesis, the model that refer to SNI 2002 standard and use SAP2000 is state to be more reliable than the model that refer to PBI 1971 and use Staad Pro. This final project successfully proof the hypothesis through its results which show by the calculation and analysis of each berth.

Kata kunci : Berht 209, 209L, SNI, PBI, Staad Pro, SAP 2000

PENDAHULUAN

Pelabuhan tidak bisa dipisahkan dalam kehidupan manusia sebab sejak zaman dahulu kala pelabuhan sangat penting untuk melaksanakan aktivitas yang berkaitan dengan pelayaran. Sebab pada zaman dahulu belum ada yang namanya kapal udara, sehingga aktivitas kehidupan antar pulau, negara dan benua dilakukan melalui lautan.

Salah satu Pelabuhan di Indonesia adalah Pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan pelabuhan sangat sibuk dengan segala aktivitas transfer logistik di Indonesia. oleh karena itu Pelabuhan Tanjung Priok harus mampu dan dapat melayani segala kebutuhan operasional. Untuk mendukung hal itu harus memiliki dermaga yang siap melayani transfer logistik dengan kapasitas yang banyak secara baik. Untuk itu PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero) selaku Operator Pelabuhan di Pelabuhan Tanjung Priok senantiasa melakukan peningkatan-peningkatan pelayanannya. Salah satu bentuk peningkatan pelayanan yang dilakukan oleh PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Pelabuhan Priok diantaranya adanya Pekerjaan Perkuatan Dermaga 208-209 dan 209 L, 210 dan 211.

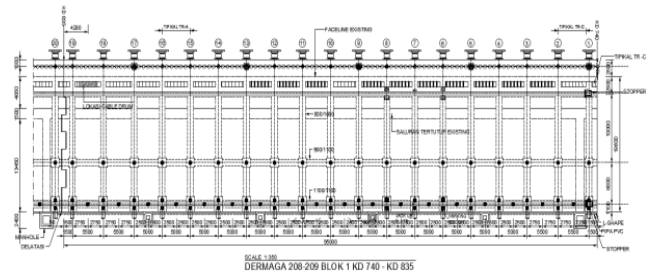
Bentuk peningkatan pelayanan tersebut diwujudkan dengan menambah fasilitas alat bongkar muat di dermaga dengan tujuan menambah kapasitas bongkar muat. Dengan akan dipasangnya alat bongkar muat (Luffing Crane) tersebut maka perlu dilakukan pekerjaan perkuatan Dermaga 209 L, 210 dan 211. Sebelum dilakukan pekerjaan perkuatan dermaga tersebut maka perlu dilakukan pekerjaan perencanaan perkuatan di Dermaga 209 L, 210 dan 211.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penulisan ini adalah untuk menganalisis tebal Pelat Lantai Dermaga 209 dan Dermaga 209 L.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui apakah tebal pelat pada Dermaga 209 dan 209 L merupakan tebal efektif yang seharusnya dipakai akibat dari beban operasional yang berada di atasnya.

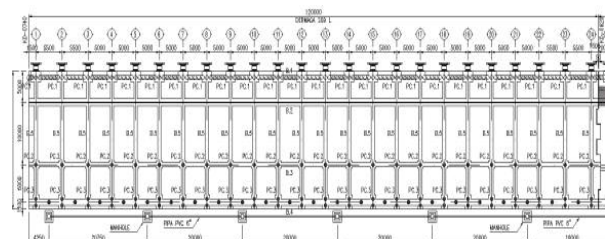
DERMAGA YANG DI ANALISIS



Gambar 1. Dermaga 209

Tabel 1. Data Teknis Dermaga 209

Uraian	Spesifikasi
Mutu Beton	K-350
Tulangan	D 19 -100
Tebal Pelat Lantai	35 cm
Peraturan Perhitungan	PBI 1971
Program Perhitungan	Staad pro
Fungsi Dermaga	Petikemas
Alat Yang Dipakai	HMC DAN CC



Gambar 2. Dermaga 209L

Tabel 2. Data Teknis Dermaga 209L

Uraian	Spesifikasi
Mutu Beton	K-430
Tulangan	D 25 -250 D 25 - 500
Tebal Pelat Lantai	40 cm
Peraturan Perhitungan	SNI 2002
Program Perhitungan	SAP 2000
Fungsi Dermaga	Petikemas
Alat Yang Dipakai	HMC DAN CC

METODA ANALISIS

Secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Melakukan inventarisasi / pendataan mengenai data tebal Pelat, beban yang bekerja dari hasil perhitungan masing-masing dermaga.
2. Beban yang dipakai adalah beban maksimum dari pelat lantai, yang didapat dari pola operasional yang bekerja di atasnya.
3. Mencoba memasukan nilai tebal pelat dengan cara coba-coba sampai mencapai nilai yang efisien.
4. Proses Perhitungan : menghitung dan menanalisis masing-masing struktur pelat lantai dermaga dengan memakai peraturan SNI tahun 2002 dan PBI tahun 1971.
5. Periksa hasil perhitungan, (tebal min pelat, chek geser, chek ρ) berdasarkan peraturan SNI dan PBI. apabila tidak memenuhi syarat maka kembali ke proses no 3.
6. Perbandingan hasil perhitungan : setelah didapat hasil analisis dari masing - masing pelat lantai dermaga, kemudian dibandingkan tebal pelat lantai yang efektif.
7. Penarikan kesimpulan.

PEMBEBANAN DAN KOMBINASI

1. Beban yang dipakai pada kedua dermaga adalah sama, baik itu di Dermaga 209, maupun 209L. karena fungsi nya pun sama sebagai dermaga petikemas. Jadi alat-alat yang digunakan dan pola operasional juga sama. beban maksimum yang dipakai adalah beban HMC, karena struktur yang ditinjau pada tugas akhir ini adalah struktur pelat dermaga saja. Beban Mati Yang Bekerja adalah berat sendiri pada pelat lantai.

Berat sendiri material yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur adalah sebagai berikut:

- Beton = 2.400 ton/m^3
- Baja = 7.850 ton/m^3

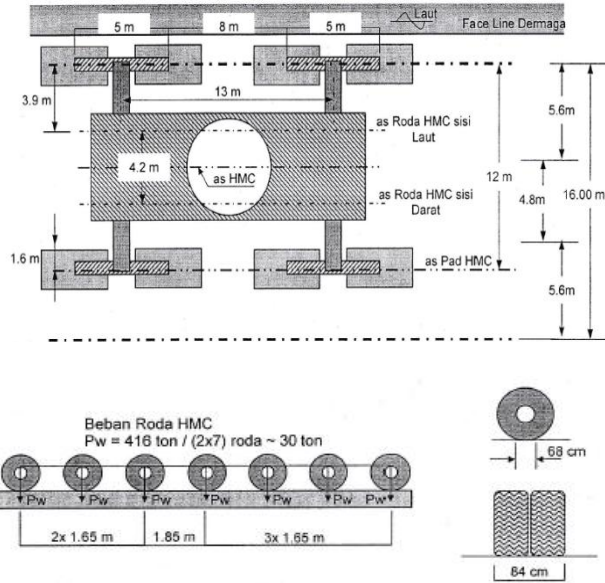
Berat-berat ini diperhitungkan sebagai beban mati (DEAD Load) ataupun beban superimposed dead load (SDL).

2. Beban Hidup yang diterima Oleh Plat Lantai adalah beban HMC
Beban HMC yang digunakan adalah HMC 300 E , pada Tabel akan diuraikan karakteristik dari HMC 300 E.

Tabel 3. Karakteristik HMC 300 E

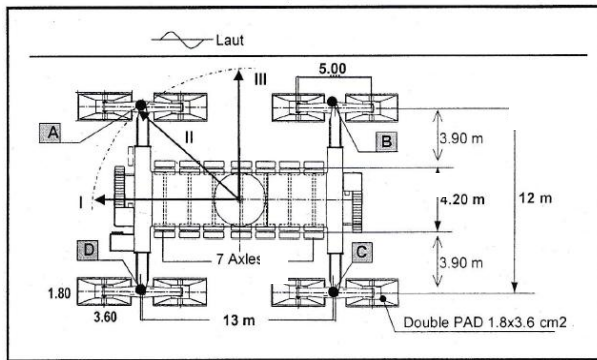
Karakteristik	Besaran
Beban Sendiri	416000 kg
Kapasitas angkat maksimum	100000 kg
Jumlah As Roda	7 buah
Jumlah Pad	8 buah
Lebar Pad	1,8 m
Panjang Pad	3,6 m

Sumber: PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero)



Gambar 3. Skema Pembebanan HMC dengan 8 buah Pad

Sumber : PT. Pelabuhan Indonesia II

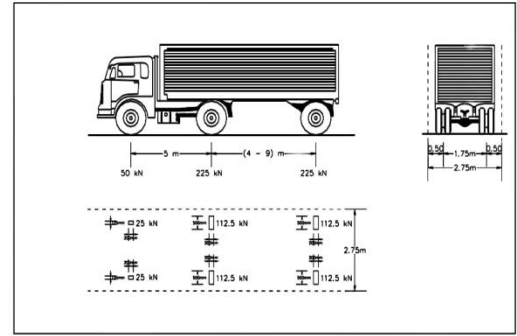


Gambar 4. Skema pembebanan HMC pada saat berjalan diatas dermaga

Sumber : PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero)

- Truck yang beroperasi di area dermaga direncanakan memiliki berat maksimum 500 kN. Spesifikasi truck mengacu kepada RSNI T-02-2005: Pembebanan untuk Jembatan.

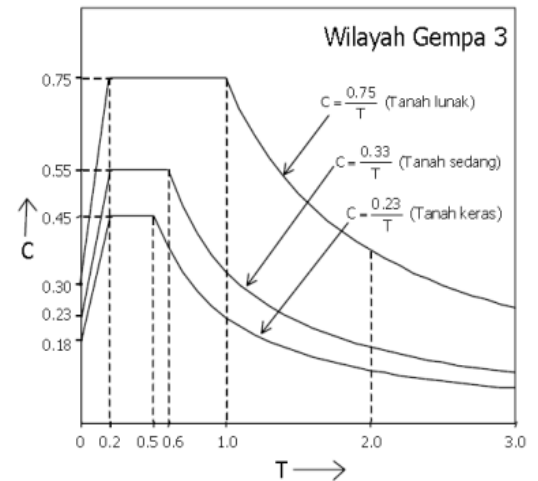
4.



Gambar 5. Beban Truck T-500 kn

5. Beban Gempa

Beban gempa yang diperhitungkan adalah untuk wilayah Gempa 3, dengan kondisi tanah sedang.



Gambar 6. Grafik Respon Spectrum

Sumber : SNI - 1726 - 2002 Respon spectrum gempa rencana untuk wilayah gempa 3

PEMODELAN PERHITUNGAN PELAT

1. DERMAGA 209L

Plat Lantai pada dermaga 209L telah dimodelkan menggunakan dua buah perangkat lunak dan dua acuan perencanaan yang berbeda. Masing-masing pemodelan tersebut dalam tugas akhir ini kemudian disebut sebagai model I dan model II.

Model I

Model I dilakukan dengan bantuan SAP 2000 V.11 dan acuan perencanaan SNI 03-2847-2002. Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perhitungan :

$$S = 1.0 \text{ DL}$$

$$S = 1.0 \text{ DL} + 1.0 \text{ UDL}$$

$$U = 1.2 \text{ DL}$$

$$U = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ UDL}$$

Analisis tersebut memberikan hasil sebagai berikut :

Service Limit State	SLS
M (+)	= 10.027 ton.m
M (-)	= 16.553 ton.m
V	= 26.421 ton
Ultimate Limit State	ULS
M (+)	= 15.652 ton.m
M (-)	= 25.729 ton.m
V	= 41.595 ton

Momen dan gaya geser tersebut adalah per meter panjang pelat.

Model II

Model II dilakukan dengan bantuan Staad Pro dan acuan perencanaan PBI 71 (menggunakan metode elastis). Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perhitungan :

$$\text{COMB 1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB 2} = \text{DL} + \text{TRUK}$$

$$\text{COMB 3} = \text{DL} + \text{LL} + \text{QCC}$$

$$\text{COMB 4} = \text{DL} + \text{HMC} + \text{TANAH}$$

$$\text{COMB 5} = \text{DL} + \text{LL} + \text{QCC} + \text{GEMPA}$$

$$\text{COMB 6} = \text{DL} + \text{LL} + \text{BOLLARD}$$

$$\text{COMB 7} = \text{DL} + \text{LL} + \text{FENDER}$$

Analisis tersebut memberikan hasil sebagai berikut :

Ultimate Limit State	ULS
M (+)	= 7.15 ton.m
M (-)	= 7.42 ton.m

Momen dan gaya geser tersebut adalah per meter panjang pelat.

PERHITUNGAN PEMODELAN

Analisis Perhitungan Plat lantai 209 (Perhitungan Berdasarkan SNI)

→ Analisis Model 2

Data plat lantai yang akan dianalisis adalah sebagai berikut :

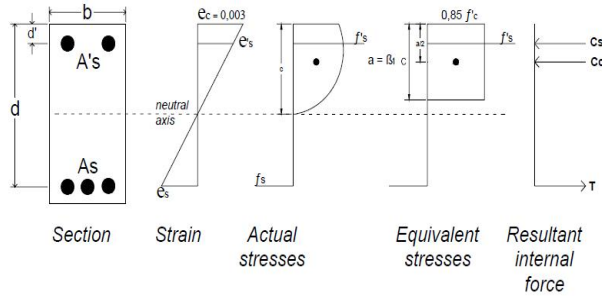
Sisi terpanjang	: 6 meter
Sisi terpendek	: 5,5 meter
Tebal pelat	: 350mm
Fy	: 400 MPa
Fc'	: 35 MPa
Es	: 200000 MPa
Tulangan Terpasang	: D19-100
Selimut beton	: 50 mm
Momen ultimate akibat beban bekerja	: 7.42 ton.m

Jumlah tulangan terpasang per meter panjang
 $= \frac{1000}{100} = 10$ buah

$$\text{As terpasang} = 10 \pi (19)^2 = 11335.4 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif (d)	= tebal pelat - selimut beton - ϕ tulangan/2
	= 350 - 50 - 19/2
	= 290.5 mm

Analisis dilakukan dengan asumsi bahwa semua tulangan leleh. Tulangan mencapai kondisi leleh jika nilai regangannya lebih besar dari fy/Es.



Gambar 7. Analisis Tegangan dan Regangan Pada Balok Beton Bertulang

Dari gambar diatas, dapat disimpulkan resultan gaya-gaya dalamnya menjadi gaya tekan pada beton (Cc) sama dengan gaya tarik pada baja (T).

$$\begin{aligned} \Sigma H &= 0 \\ Cc &= T \\ 0.85 fc' a b &= As fy \\ 0.85 (29.05) (a) (1000) &= (11335.4) (400) \\ a &= 183.62 \text{ mm} \\ c &= 0.85 a \\ c &= 156.077 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\frac{156.077}{290.5} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = 0.005584$$

$$\frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$\epsilon_s > \frac{fy}{Es}$, maka tulangan mencapai kondisi leleh

Momen kapasitas penampang berdasarkan tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal} &= 0.85.fc'.a.b.(d-0.5a) \\ &= 0.85(29.05)(183.62)(1000) \\ &\quad \left(290.5 - \frac{183.62}{2}\right) \\ &= 90.08 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor reduksi } (\phi) &= 0.85 \\ \text{Momen Ultimate} &= \phi * Mn \\ &= 0.85 * 43.2 \text{ ton.m} \\ &= 76.57 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Momen kapasitas penampang adalah 76.57 ton.m sedangkan momen ultimate akibat beban bekerja adalah 7.42 ton.m ; maka dapat disimpulkan pelat dapat memikul beban bekerja dengan angka keamanan 1.10

Analisis Perhitungan Plat lantai 209 L (Perhitungan Berdasarkan PBI)

→ Analisis Model 1

Data plat lantai yang akan dianalisis adalah sebagai berikut :

Sisi terpanjang	: 10 meter
Sisi terpendek	: 5.5 meter
Tebal pelat	: 400mm
Fy	: 400 MPa
Fc'	: 35 MPa
Es	: 200000 MPa
Tulangan Terpasang	: D25-150
Selimut beton	: 50 mm
Mu akibat beban bekerja	: 25.729 ton.m

Jumlah tulangan terpasang per meter panjang

$$\begin{aligned} &= \frac{1000}{150} = 7 \text{ buah} \\ \text{As terpasang} &= 7 \pi (25)^2 = 3436.12 \text{ mm}^2 \\ \text{Tinggi efektif } (d) &= t. \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{\phi \text{tul}}{2} \\ &= 400 - 50 - 25/2 \\ &= 337.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mutu Bahan Konstruksi

Mutu Bahan Konstruksi Akibat Beban Tetap

Tegangan Tekan Ijin Beton σ_{bk}'	= 115,5 g/cm ²
Tegangan Tarik Ijin Beton σ_b	= 8,98 kg/cm ²
Tegangan Geser Ijin Tanpa Tulangan Geser τ_b	= 8,04 kg/cm ²
Tegangan Geser Ijin dengan Tulangan Geser τ_{bm}	= 20,2 kg/cm ²
Modulus Elastisitas Beton E_c	= 119700 kg/cm ²
Angka Ekivalensi N	= 17,64
Modulus Elastisitas Baja E_s	= 2111508 kg/cm ²
Tegangan Tarik Ijin Baja σ_a	= 2250 kg/cm ²

Pehitungan Penulangan Lentur Beban Sementara

Perhitungan Tulangan Lentur

Momen Ultimate pada Tumpuan $M_u + = 25.729 \text{ ton.m}$

$$\rho = \sigma' a / (\sigma' b \times n) = 1.10434$$

$$h = h_t - 5 \text{ cm} = 35$$

$$C_a = (h / \sqrt{(n \times M_u / b \times \sigma' a)}) = 77.9289$$

$$\delta = 0.6$$

Dari tabel lentur "n" dengan nilai C_a & δ diperoleh :

$$\rho = 8,091$$

$$\rho' = 89$$

$$100n \omega = 0,684\omega$$

$$= 0,00039$$

Luas Tulangan tumpuan yang dibutuhkan,

$$A_s = \omega \times b \times h = 1,16327 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = \delta \times A_s = 0,69796 \text{ cm}^2$$

Menggunakan Tulangan D 25

Jumlah Tulangan terpasang A_s terpasang $= 7 \pi (25)^2 = 3436.12 \text{ mm}^2 < A_s$ yang dibutuhkan Aman

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T$$

$$0.85 f_c' a b = A_s f_y$$

$$0.85 (35) (a) (1000) = (3436.12) (400)$$

$$a = 46.19 \text{ mm}$$

$$c = 0.85 a$$

$$c = 54.34 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\frac{54.34}{337.5} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = 0.018$$

$$\frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$\epsilon_s > \frac{f_y}{E_s}$, maka tulangan mencapai kondisi leleh

Momen kapasitas penampang berdasarkan tulangan terpasang :

$$\text{Momen Nominal} = 0.85 f_c' a b (d - 0.5a)$$

$$= 0.85(35) (46.19) (1000) (337.5 - \frac{46.19}{2}) = 43.2 \text{ ton.m}$$

$$\text{Faktor reduksi } (\phi) = 0.85$$

$$\text{Momen Ultimate} = \phi * M_n = 0.85 * 43.2$$

ton.m

$$= 36.7 \text{ ton.m}$$

Momen kapasitas penampang adalah 36.7 ton.m sedangkan momen ultimate akibat beban bekerja adalah 25.729 ton.m ; maka dapat disimpulkan pelat dapat memikul beban bekerja dengan angka keamanan 1.4

Setelah dianalisis dari kedua Model diatas perhitungan pelat lantai menggunakan PBI dan SNI terdapat perbedaan hasil perhitungan dikarenakan karena beban yang bekerja pada masing-masing pelat dermaga berbeda, yaitu Dermaga 209L menggunakan beban sebesar 25, 729 tonm sedangkan untuk Dermaga 209 sebesar 7,42 tonm.

Sehingga perlu dilakukan analisis terhadap beban momen yang bekerja pada Masing - masing dermaga. Selanjutnya akan di lakukan simulasi momen yang bekerja pada Dermaga dengan bantuan program SAP 2000 v.11.

CEK ANALISIS PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI DERMAGA 209L & DERMAGA 209 DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000 V.11

Pemodelan dilakukan dengan bantuan SAP 2000 V.11 dan acuan perencanaan SNI 03-2847-2002.

Beban yang bekerja pada dermaga :

Dead Load (DL) : Berat Sendiri Struktur

Live Load (LL) : Beban merata 3 ton/m²

Beban Crane : 12.28 ton/m²

Perhitungan Beban Crane

Type Crane: Harbour Mobile Crane Gottwald HMK 6406

Counterweight : 82 ton

Total Weight of Fully Rigged Crane: 360 ton

Total Weight: 442 ton

Proping Base: 14 m x 12.5 m

Number of Proping Pads: 4

Size of Proping Pads: 2 m x 4.5 m

Area of Each Proping Pads: 9 m²

Uniform Gravity Load: 12.28 ton/m²

Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perhitungan :

Service = 1.0 DL+ 1.0 UDL

Ultimate = 1.2 DL+ 1.6 UDL

Crane = 1.2 DL + 1.0 UDL + 1.0 HMC

Dibuat 4 model berbeda yaitu :

Model 1 → dermaga dimodelkan antar dilatasi dengan tebal plat lantai 35 cm

Model 2→ dermaga dimodelkan antar dilatasi dengan tebal plat lantai 40 cm

Model 3→ dermaga dimodelkan sebagai segmen dengan tebal plat lantai 35 cm

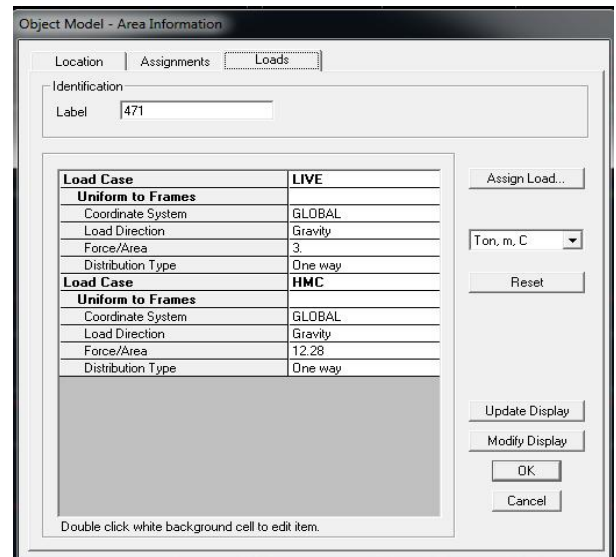
Model 4→ dermaga dimodelkan sebagai segmen dengan tebal plat lantai 40 cm



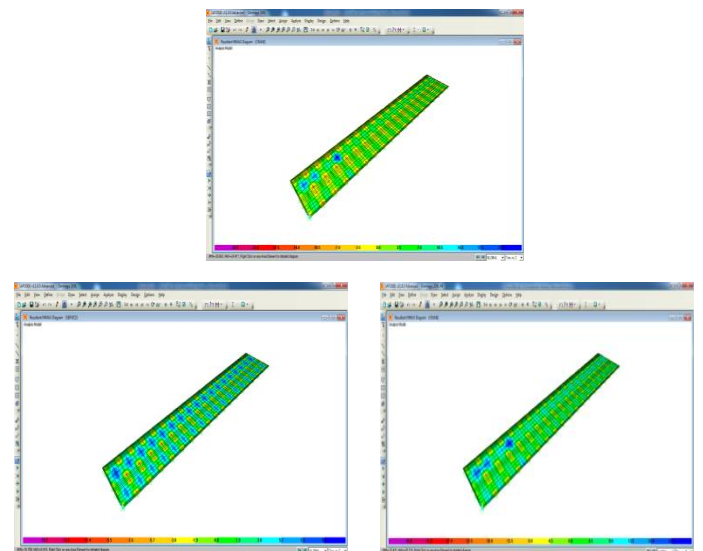
Gambar 7. Input Live Load pada Model



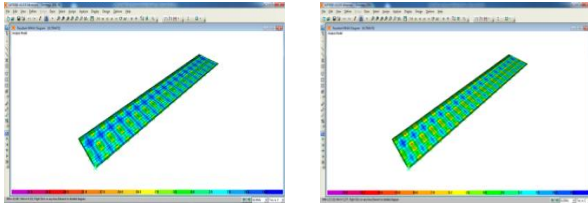
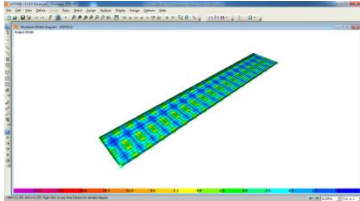
Gambar 8. Input Beban Crane pada Model



Gambar 9. Shell Information Load



Gambar 10. Diagram Momen Model 1

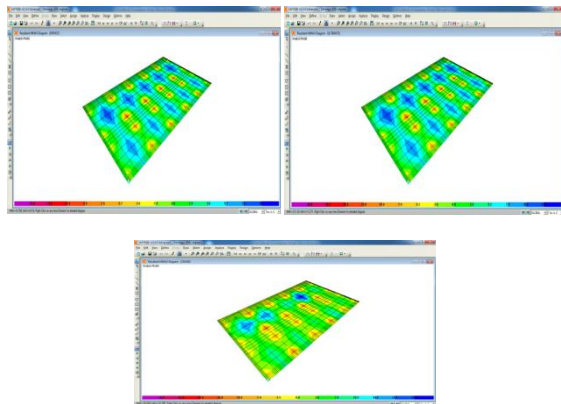


Gambar 11. Diagram Momen Model 2

Dari analisis tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Momen Maksimum

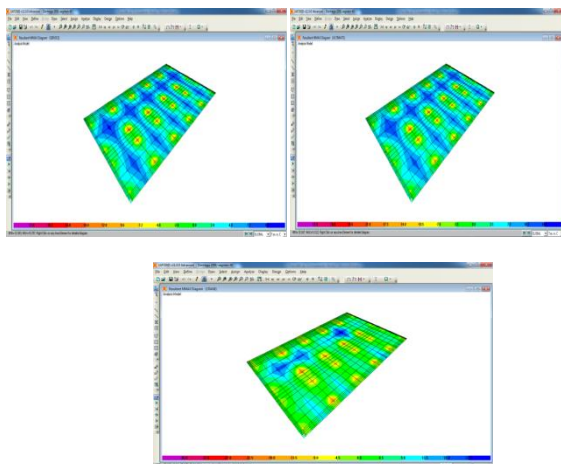
Model	Momen Maximum		
	Kombinasi		
	Service	Ultimate	Crane
1	9.41601	13.27088	24.41114
2	10.25666	14.32151	9.41601
3	9.41601	13.27088	24.38477
4	10.25666	14.32151	25.67559



Gambar 12. Diagram Momen Model 3

Tabel 5. Momen Maksimum

Model	Momen Minimum		
	Kombinasi		
	Service	Ultimate	Crane
1	-17.38723	-23.99975	-33.3898
2	-24.77015	-33.89694	-17.38723
3	-17.38722	-23.99975	-33.38979
4	-24.77014	-33.89692	-46.84301



Gambar 13. Diagram Momen Model 4

Tabel 6. Momen Ultimate Design

Kombinasi	Momen Max	Momen Min
Service	10.25666	-24.77015
Ultimate	14.32151	-33.89694
Crane	25.67559	-46.84301
Momen Ultimate Design	25.67559	-46.84301

Penulangan Momen Positif

Mu = 25.67 ton-m/m
 Faktor reduksi (Φ) = 0.8
 $Mn = \frac{25.67}{0.8} = 32.1$ ton-m/m
 Mn = 314,739,406.8 Nmm
 Tebal Plat = 40 cm
 Fy = 400 MPa
 Selimut beton = 40 mm
 Lebar plat = 1000 mm
 Diameter tulangan rencana = 19 mm
 Tinggi efektif (d) = $400 - 40 - \frac{19}{2} = 350.5$ mm
 Lengan Momen (jd) = $0.925 d = 324.213$ mm

$$\text{As perlu} = \frac{Mn}{fy \cdot jd} = \frac{314,739,406.8}{400 \cdot 324.213} = 2426.95 \text{ mm}^2$$

$$\text{As rencana per tulangan} = 0.25 \pi (19)^2 = 283.529 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{\text{Asperlu}}{\text{Asrencanapertulangan}} = \frac{2426.95}{283.529} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Spasi tulangan} = \frac{1000}{9} \approx 111.11$$

$$\text{Spasi tulangan rencana} = 100 \text{ mm}$$

Analisis tegangan regangan

$\Sigma H = 0$
 Cc = T
 $0.85 f_c' a b = As f_y$
 $0.85 (35) (a) (1000) = (0.25 \pi 19^2) (10) (400)$
 a = 38.12 mm
 c = 0.85 a
 c = 32.4 mm

$$\frac{c}{d} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\frac{32.4}{350.5} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = 0.032$$

$$\frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$\epsilon_s > \frac{f_y}{E_s}$, maka tulangan mencapai kondisi leleh

➔ Tulangan rencana D19-100

Penulangan Momen Negatif

Mu = -46.8 ton-m/m
 Faktor reduksi (Φ) = 0.8
 $Mn = \frac{46.8}{0.8} = 58.6$ ton-m/m
 Mn = 574,216,256.7 Nmm
 Tebal Plat = 40 cm
 Fy = 400 MPa
 Selimut beton = 40 mm
 Lebar plat = 1000 mm
 Diameter tulangan rencana = 25 mm
 Tinggi efektif (d) = $400 - 40 - \frac{25}{2} = 347.5$ mm

$$\text{Lengan Momen (jd)} = 0.925 d = 321.438 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = \frac{Mn}{fy \cdot jd} = \frac{574,216,256.7}{400 \cdot 321.438} = 4466.002 \text{ mm}^2$$

$$\text{As rencana per tulangan} = 0.25 \pi (25)^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{\text{Asperlu}}{\text{Asrencanapertulangan}} = \frac{4466.002}{490.874} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Spasi tulangan} = \frac{1000}{9} \approx 111.11$$

$$\text{Spasi tulangan rencana} = 100 \text{ mm}$$

Analisis tegangan regangan

$\Sigma H = 0$
 Cc = T
 $0.85 f_c' a b = As f_y$
 $0.85 (35) (a) (1000) = (0.25 \pi 25^2) (10) (400)$
 a = 65.9 mm
 c = 0.85 a
 c = 56.09 mm

$$\frac{c}{d} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\frac{56.09}{347.5} = \frac{0.003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = 0.018$$

$$\frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$\epsilon_s > \frac{f_y}{E_s}$, maka tulangan mencapai kondisi leleh

➔ Tulangan rencana D25-100

KESIMPULAN :

Berdasarkan hasil analisis data dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain

1. Perhitungan momen yang di input pada masing - masing perencana Dermaga 209 dan 209L berbeda sehingga menghasilkan Tebal plat, mutu beton, dan tulangan pelat lantai yang berbeda.
Momen pelat Dermaga 209 = 7,42 ton m
Momen pelat Dermaga 209L = 25,72 ton m
2. Berdasarkan hasil perhitungan dengan Menggunakan peraturan PBI Perbandingan *Safety Factor* pada Dermaga 209 adalah 1:10, sedangkan untuk perhitungan menggunakan peraturan SNI 2002 pada Dermaga 209L diketahui *Safety Factor* yang dihasilkan perbandingan 1:4 sehingga, penggunaan peraturan PBI menghasilkan Desain yang lebih Konservatif.
3. Perbedaan desain rencana pada Dermaga 209 dan Dermaga 209L dipengaruhi oleh peraturan yang dipakai, yaitu 209 PBI tahun 1971 dan SNI tahun 2002.
4. Berdasarkan pemodelan yang dibuat dengan ukuran masing-masing dermaga dan beban yang diambil adalah beban HMC maksimum, dihasilkan momen pelat sebesar 24,77 ton m, lebih mendekati momen yang diinput pada Dermaga 209L 25,729 ton m. dari hasil pemodelan tersebut dapat disimpulkan Dermaga 209 memakai momen pelat lebih kecil dari momen pelat yang dipakai pada Dermaga 209L.
5. Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dibuat, dengan menggunakan program SAP 2000. Momen pelat Dermaga 209 L lebih mendekati momen plat yang dihasilkan dari perhitungan.
6. Hipotesis awal bahwa dermaga 209 L *over Design* tidak bisa dibuktikan dengan cara membandingkan hasil desain (tebal pelat, mutu pelat, tulangan pelat lantai) secara langsung antar Dermaga 209 dan 209L, tetapi harus melihat konsep dari perencana Dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang Triatmodjo Prof., "*Pelabuhan*", Beta Offset, Yogyakarta, 1996
2. OCIDI, The Overseas Coastal Area Development Institute Of Japan - Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities In Japan, Tokyo, 2002
3. Direktori Pelabuhan Tanjung Priok Edisi 2008, PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Tanjung Priok
4. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
5. PBI 1971 Peraturan Beton Bertulang Indonesia.
6. Wangsadinata, Ir. Wiratman. Perhitungan Lentur dengan cara "n" : 1979.
7. Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. "Pedoman Pembangunan Pelabuhan". Japan International Cooperatin Agency. Jakarta, 2000.:
8. Desain Konstruksi Plat & Rangka Beton Bertulang dengan SAP 2000 Versi ; Handi Pramono & Rekan