

# PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA PENUMPANG DI WONRELI, MALUKU

---

Rizki Septiawan Wijaya  
Program Studi Teknik Kelautan  
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132  
[rizkiseptiawan999@gmail.com](mailto:rizkiseptiawan999@gmail.com)

Kata kunci: *dermaga, struktur, pelabuhan, penumpang*

## ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan perlu transportasi laut yang memadai untuk menghubungkan antar pulau. Transportasi laut harus didukung dengan sarana dan prasarana yang memadai, khususnya sarana berlabuh berupa dermaga. Dengan sarana dan prasarana transportasi laut yang memadai, arus perpindahan barang dan manusia melalui laut dapat berjalan dengan lancar. Salah satu jenis dermaga yang perlu dibangun yakni dermaga penumpang. Dermaga penumpang direncanakan dibangun di Wonreli, Maluku.

Lingkup bahasan dari tugas akhir ini meliputi, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban-beban yang bekerja pada dermaga dan trestel, penentuan dimensi dermaga dan trestel, analisis struktur dermaga dan trestel, desain penulangan elemen struktural beton, dan analisis daya dukung tanah. Acuan desain yang digunakan antara lain *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) dan *British Standard* (BS), sedangkan kriteria desain untuk elemen struktural (baja dan beton) didapatkan dari SNI 1729:2012 dan SNI 2847:2013.

Hasil dari Tugas Akhir ini meliputi dimensi struktur dermaga dan trestel, dimensi elemen struktural dermaga dan trestel, detail penulangan berdasarkan gaya dalam yang bekerja, dan kedalaman rencana pemancangan yang mampu menahan reaksi struktur berdasarkan data geoteknik yang tersedia.

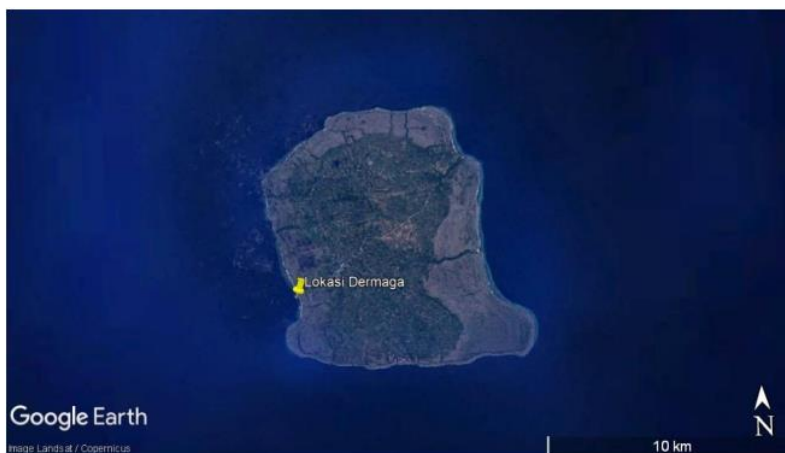
## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia memiliki lebih dari 17000 pulau serta dua per tiga dari wilayah Indonesia adalah perairan. Sehingga sebagai negara kepulauan, kegiatan pelayaran sangat diperlukan untuk menghubungkan antar pulau. Dan dalam kegiatan pelayaran dibutuhkan fasilitas pelabuhan sebagai tempat berlabuhnya kapal. Dari berbagai fasilitas yang dibutuhkan dalam suatu pelabuhan, dermaga merupakan fasilitas yang cukup penting karena dermaga berfungsi sebagai tempat kapal merapat dan bertambat selama proses bongkar muat. Direncanakan akan dibangun dermaga penumpang di Wonreli, Maluku. Diharapkan dengan tersedianya dermaga penumpang yang memadai di Wonreli dapat menunjang dalam perpindahan penduduk dari Pulau Kisar ke pulau lainnya.

Lokasi dermaga penumpang berada di Wonreli, Pulau Kisar, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku, Indonesia atau pada titik koordinat  $8^{\circ}4'35,55''\text{S}$  dan  $127^{\circ}8'41,56''\text{E}$ . Lokasi dermaga ditunjukkan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**



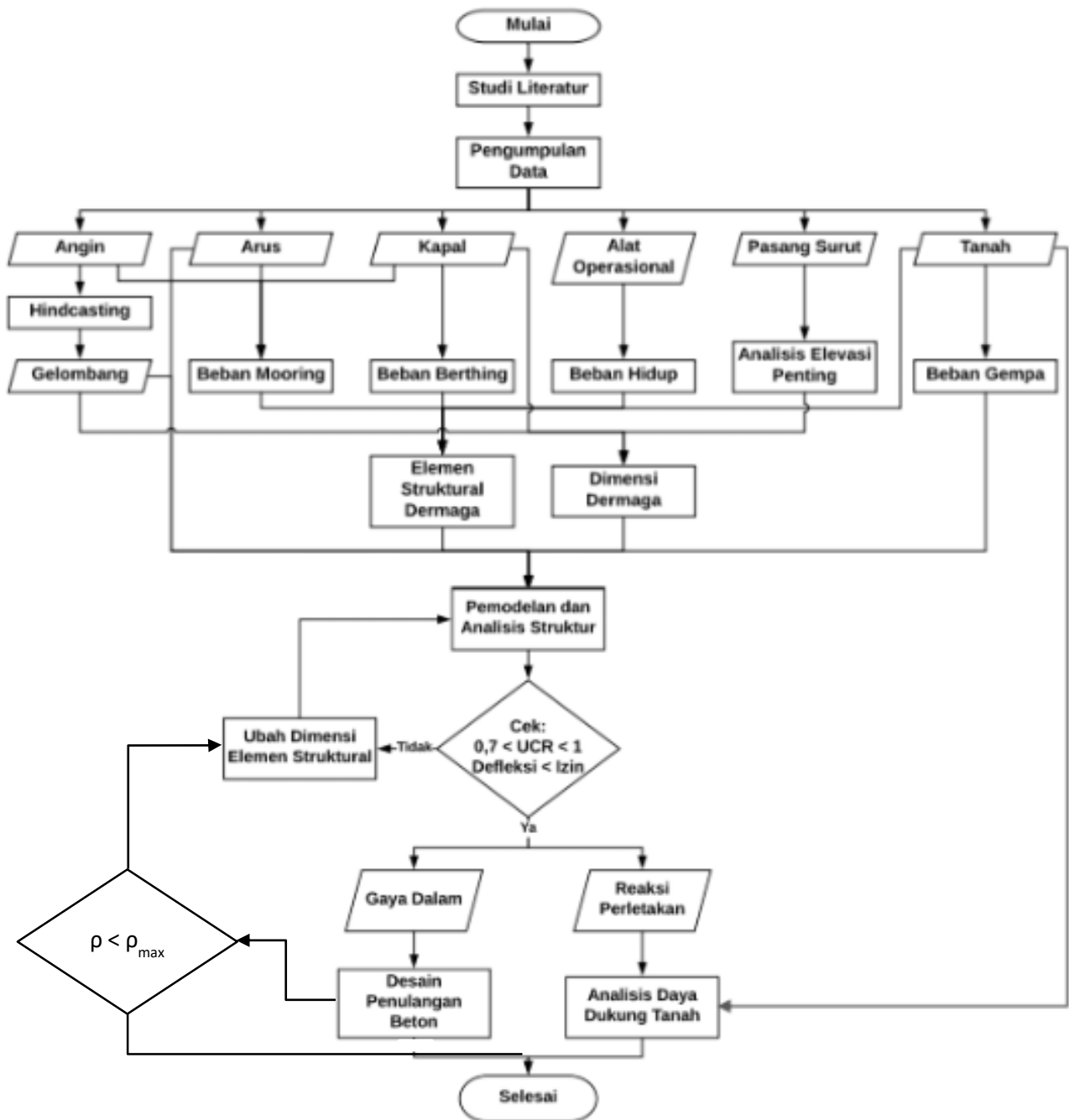
**Gambar 1** Lokasi Pulau Kisar



**Gambar 2** Lokasi Dermaga

## METODOLOGI DAN TEORI

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, metodologi pengerjaan dapat dilihat pada **Gambar 3** sebagai berikut:



**Gambar 3** Diagram Alir Metodologi Pengerjaan

Standar yang digunakan dalam perancangan yakni:

- *British Standard 6349.*
- *Overseas Coastal Development Institute of Japan (OCDI).*
- *SNI 1725 Pembebanan untuk Jembatan* untuk beban lalu lintas.
- *SNI 1726 Perencanaan Ketahanan Gempa* untuk desain gempa.
- *SNI 2847 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung* untuk penulangan.

Perancangan dilakukan untuk mendapatkan struktur yang optimal sesuai kebutuhan, sehingga diatur batasan (*constraint*) desain sebagai berikut:

1. Nilai *Unity Check Ratio* (UCR) dari hasil pemodelan struktur dibatasi  $0,7 < \text{UCR} < 1$
2. Nilai defleksi struktur < defleksi izin maksimum
3. Nilai rasio tulangan yang dibutuhkan ( $\rho$ ) bernilai  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

## HASIL DAN ANALISIS

Dermaga didesain agar dapat menampung kapal penumpang sebesar 2000 GT. Parameter desain struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

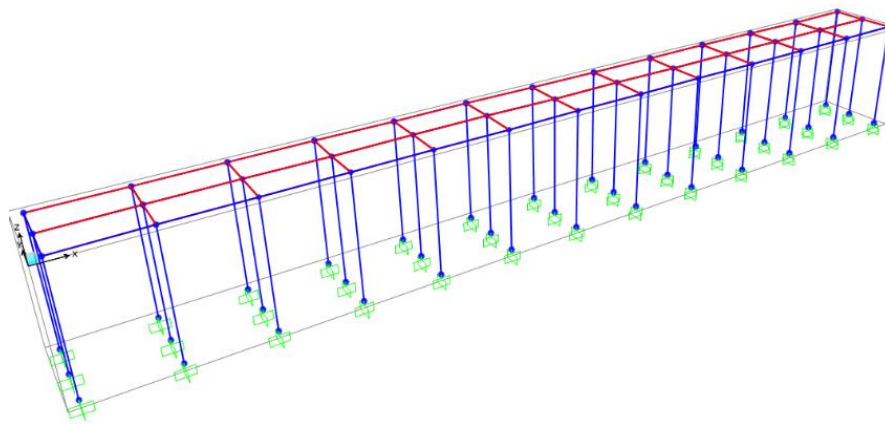
**Tabel 1** Data Lingkungan

| Data         | Simbol | Arah | Nilai | Satuan |
|--------------|--------|------|-------|--------|
| Pasang surut | HWS    | -    | 2,55  | m      |
| Arus         | $v_c$  | TG   | 0,213 | m/s    |
| Angin        | $v_w$  | B    | 15,38 | m/s    |
| Gelombang    | Hs     | BD   | 2,92  | m      |
|              | Ts     |      | 7,48  | s      |

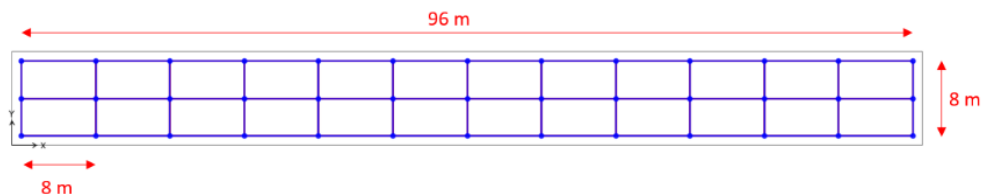
**Tabel 2** Data Kapal

| GT<br>(ton) | $M_D$<br>(ton) | $L_{OA}$<br>(m) | $L_{BP}$<br>(m) | B<br>(m) | D<br>(m) | F<br>(m) | $C_B$ |
|-------------|----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|-------|
| 2000        | 1910           | 81              | 75              | 14,4     | 3,4      | 2,9      | 0,507 |

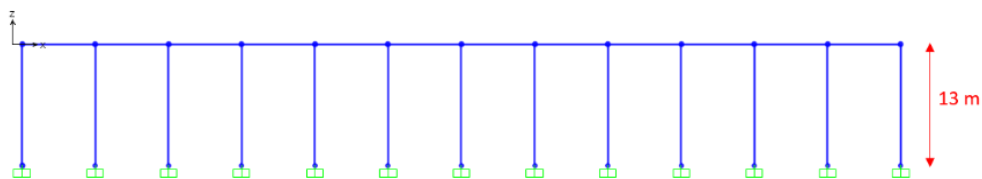
Komponen dermaga yang digunakan yaitu fender UE 900 E3.0 dan T-head bollard 10 ton. Dermaga memiliki panjang 96 m, lebar 8 m, elevasi 4,5 m diatas LWS, dan kedalaman peraitan 4 m. Trestel memiliki panjang 152 m, lebar 3 m, dan elevasi 4,5 m diatas LWS. Dimensi elemen struktural ditentukan dengan melakukan preliminary design, yaitu perkiraan ukuran penampang berdasarkan kapasitas momen yang diperlukan (balok dan pelat). Beban-beban yang bekerja lalu dimasukkan kedalam pemodelan. Geometri model struktur dermaga dan trestel ditunjukkan pada **Gambar 4** s.d. **Gambar 9**.



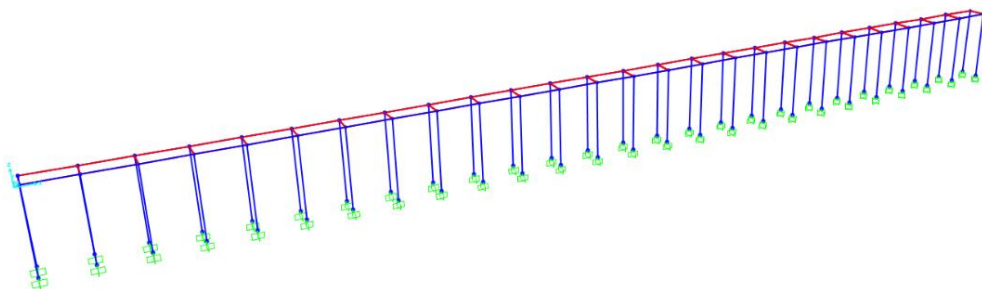
**Gambar 4** Tampak perspektif geometri model dermaga



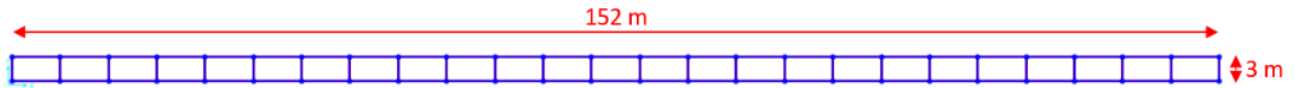
**Gambar 5** Tampak atas geometri model dermaga



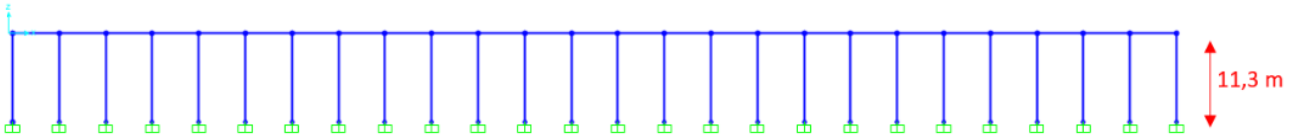
**Gambar 6** Tampak samping geometri model dermaga



**Gambar 7** Tampak perspektif geometri model trestel



**Gambar 8** Tampak atas geometri model trestel



**Gambar 9** Tampak samping geometri model trestel

Proses iterasi pada pemodelan dilakukan ketika nilai UCR dan defleksi tidak memenuhi kriteria, dengan cara mengganti dimensi tiang pancang pada struktur. Rasio tulangan yang dibutuhkan elemen balok beton diperiksa, jika tidak sesuai (bernilai lebih besar dari rasio tulangan maksimum) dilakukan perubahan dimensi elemen balok.

Input beban yang bekerja pada pemodelan struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3** Beban pada model

| Kelompok Kombinasi | Kelompok Beban | Sumber Beban                           | Keterangan                                                              |
|--------------------|----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Beban vertikal     | Dead Load      | Berat sendiri struktur                 | Perhitungan otomatis oleh perangkat lunak                               |
|                    |                | Berat pile cap, fender, bollard, aspal | Input beban oleh user                                                   |
|                    | Live Load      | Beban manusia                          | Input beban oleh user                                                   |
| Beban horizontal   | Berth Load     | Beban berthing                         | Input beban oleh user                                                   |
|                    | Mooring Load   | Beban mooring                          | Input beban oleh user                                                   |
|                    | Gelombang      | Beban akibat gelombang                 | Input parameter beban oleh user, perhitungan beban oleh perangkat lunak |
|                    | Arus           | Beban akibat arus                      | Input parameter beban oleh user, perhitungan beban oleh perangkat lunak |
|                    | Quake Load     | Beban akibat gempa                     | Input parameter beban oleh user, perhitungan beban oleh perangkat lunak |

Hasil dari pemodelan untuk struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 4** s.d. **Tabel 6**.

**Tabel 4** UCR maksimum Dermaga

| Pile                                                                                  | UCR   | Kombinasi | Batas Minimum | Ket. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|---------------|------|
| PL-14                                                                                 | 0,884 | ULS2.3    | 0,7           | OK   |
| PL-26                                                                                 | 0,884 | ULS2.1    | 0,7           | OK   |
| Keterangan kombinasi:<br>ULS2.1 : 1,2 D + 1,6 (L + B)<br>ULS2.3 : 1,2 D + 1,6 (L + B) |       |           |               |      |

Dari **Tabel 4** dapat dilihat bahwa UCR terbesar dari *pile* Dermaga terletak di *pile* PL-26, dan nilai UCR sudah memenuhi batas minimum.

**Tabel 5** Defleksi tiang pancang Dermaga

| Pile                                                   | Kombinasi | Defleksi (cm) | Batas (cm) | Ket. |
|--------------------------------------------------------|-----------|---------------|------------|------|
| PL1                                                    | SLS2.3    | 5,899         | 6,5        | OK   |
| Keterangan Kombinasi :<br>SLS2.3 : 1,0 D + 1,0 (L + B) |           |               |            |      |

Dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa defleksi terbesar dari tiang pancang Dermaga terletak di *pile* PL1, yang nilainya masih dibawah batas.

**Tabel 6** Defleksi balok Dermaga

| Jenis Balok                                                                           | Balok  | Kombinasi | Defleksi (cm) | Batas (cm) | Ket. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|---------------|------------|------|
| Melintang                                                                             | BLL-13 | SLS2.3    | -0,19         | 0,83       | OK   |
| Memanjang                                                                             | BLP-14 | SLS2.1    | -0,21         | 1,67       | OK   |
| Keterangan kombinasi:<br>SLS2.1 : 1,0 D + 1,0 (L + B)<br>SLS2.3 : 1,0 D + 1,0 (L + B) |        |           |               |            |      |

Dari **Tabel 6** diketahui bahwa defleksi balok maksimum berada pada balok memanjang BLP-14, yang nilainya masih dibawah batas yang diperbolehkan.

Hasil dari pemodelan untuk struktur trestel ditunjukkan pada **Tabel 7** s.d. **Tabel 12**.

**Tabel 7** Parameter tiang pancang beton kondisi izin

| Parameter Pile |        | Kapasitas    |                     |             |                    |
|----------------|--------|--------------|---------------------|-------------|--------------------|
| OD (mm)        | t (mm) | Aksial (ton) | Momen Crack (ton-m) | Aksial (kN) | Momen Crack (kN-m) |
| 300            | 60     | 65,4         | 4,00                | 641,574     | 39,24              |

**Tabel 7** menunjukkan kapasitas aksial dan momen yang dapat ditanggung oleh tiang pancang dalam kondisi izin.

**Tabel 8** Gaya dalam tiang pancang beton kondisi izin

| Pile                                                                          | Combo  | Gaya Dalam  |              | Ket. |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|------|
|                                                                               |        | Aksial (kN) | Momen (kN-m) |      |
| PL-2                                                                          | SLS2   | -131,91     | 0,89         | OK   |
| PL-36                                                                         | SLS3.3 | -77,73      | 7,98         | OK   |
| Keterangan Kombinasi:<br>SLS2 : 1,0 D + 1,0 L<br>SLS3.3 : 1,0 D + 0,6 (W + C) |        |             |              |      |

Dari **Tabel 8** diketahui bahwa gaya dalam yang terjadi pada *pile* masih berada dibawah kapasitas yang dapat ditanggung *pile* yang dapat dilihat di **Tabel 7**. Sehingga tiang pancang dapat digunakan.

**Tabel 9** Parameter tiang pancang beton kondisi ultimit

| Parameter Pile |        | Kapasitas           |                    |
|----------------|--------|---------------------|--------------------|
| OD (mm)        | t (mm) | Momen Break (ton-m) | Momen Break (kN-m) |
| 300            | 60     | 8                   | 78,48              |

**Tabel 9** menunjukkan kapasitas momen yang dapat ditanggung tiang pancang dalam kondisi ultimit.

**Tabel 10** Gaya dalam tiang pancang beton kondisi ultimit

| Pile                                                          | Combo  | Momen (kN-m) | Ket. |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------------|------|
| PL-36                                                         | ULS4.3 | 13,8         | OK   |
| Keterangan Kombinasi:<br>ULS4.3 : 1,2 D + 1,0 (W + C) + 1,0 L |        |              |      |

Dari **Tabel 10** diketahui bahwa momen yang terjadi pada *pile* masih lebih kecil dibanding kapasitasnya yang dapat dilihat pada **Tabel 9**. Sehingga *pile* dapat digunakan.

**Tabel 11** Defleksi tiang pancang trestel

| Pile                                                  | Kombinasi | Defleksi (cm) | Batas (cm) | Ket. |
|-------------------------------------------------------|-----------|---------------|------------|------|
| PL10                                                  | SLS3.3    | 1,17          | 5,65       | OK   |
| Keterangan kombinasi:<br>SLS3.3 : 1,0 D + 0,9 (W + C) |           |               |            |      |

Dari **Tabel 11** dapat dilihat bahwa defleksi maksimum tiang pancang masih berada dibawah batas yang diperbolehkan.

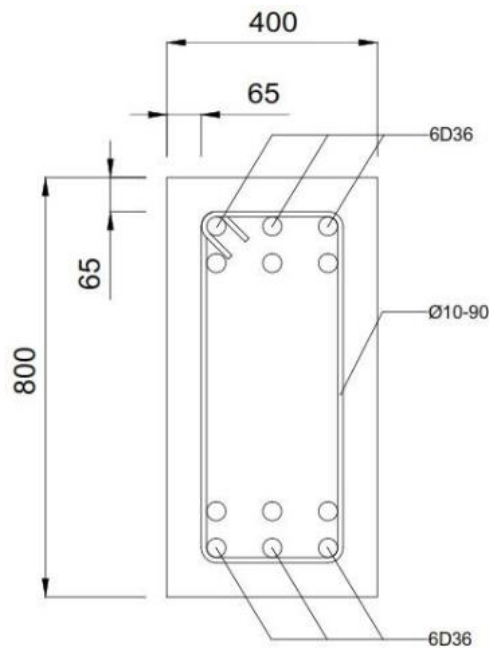
**Tabel 12** Defleksi balok trestel

| Jenis Balok                                   | Balok  | Kombinasi | Defleksi (cm) | Batas (cm) | Ket. |
|-----------------------------------------------|--------|-----------|---------------|------------|------|
| Melintang                                     | BLL-23 | SLS2      | -0,187        | 0,625      | OK   |
| Memanjang                                     | BLP-36 | SLS2      | -0,193        | 1,25       | OK   |
| Keterangan kombinasi:<br>SLS2 : 1,0 D + 1,0 L |        |           |               |            |      |

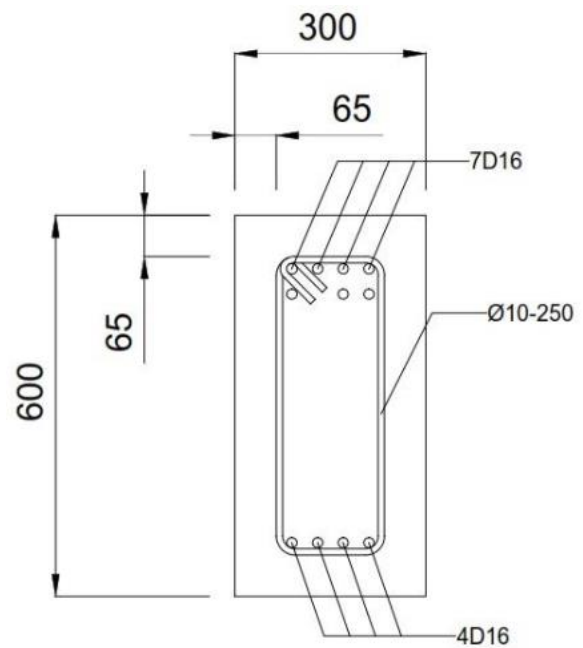
Dari **Tabel 12** diketahui bahwa defleksi maksimum balok terletak pada balok memanjang BLP-36, yang nilainya masih dibawah batas yang diizinkan.

Dari **Tabel 7** s.d. **Tabel 12** dapat diketahui bahwa struktur memenuhi syarat izin.

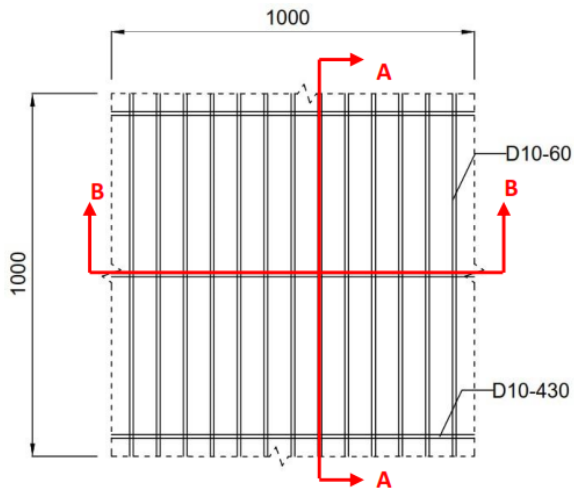
Perhitungan penulangan beton berdasarkan gaya dalam ultimit yang terjadi. Penulangan meliputi penulangan lentur, geser untuk masing-masing elemen beton yaitu balok, pelat, dan *pile cap*. Struktur pelat dan *pile cap* dianalisis kemampuannya terhadap kegagalan *punching shear*. Hasil penulangan beton pada dermaga ditampilkan pada **Gambar 10** hingga **Gambar 18**.



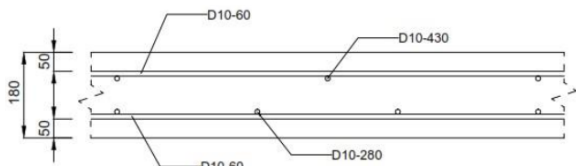
**Gambar 10** Detil penulangan balok melintang dermaga



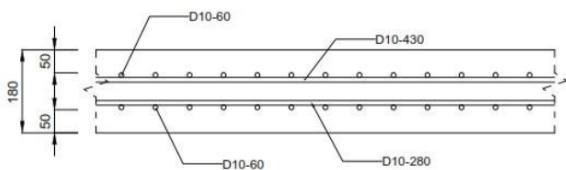
**Gambar 11** Detil penulangan balok memanjang dermaga



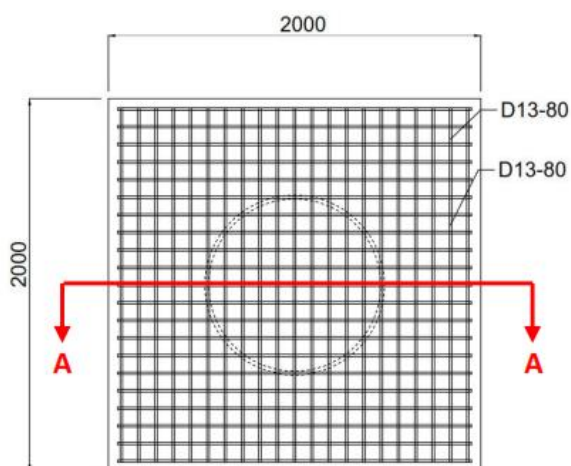
**Gambar 12** Tampak atas pelat dermaga



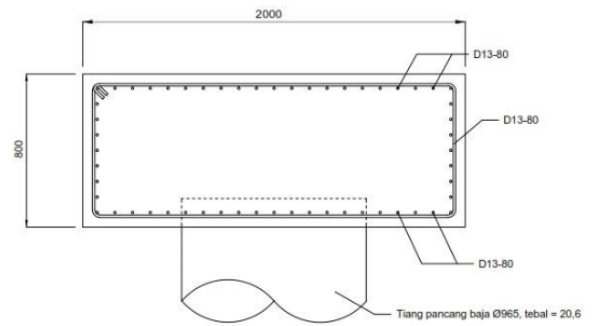
**Gambar 13** Potongan A-A pelat dermaga



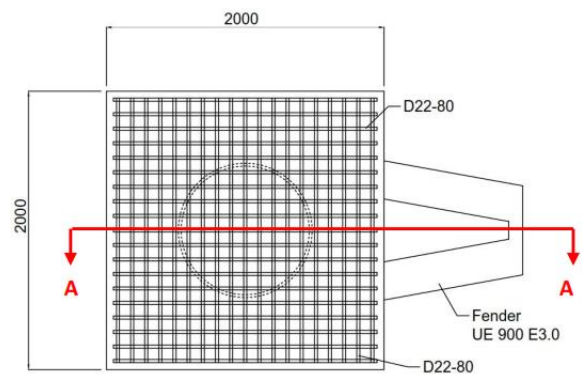
**Gambar 14** Potongan B-B pelat dermaga



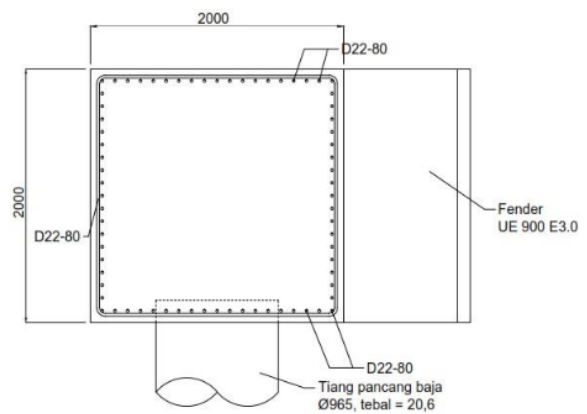
**Gambar 15** Tampak atas pile cap 1 dermaga



**Gambar 16** Potongan A-A pile cap 1 dermaga

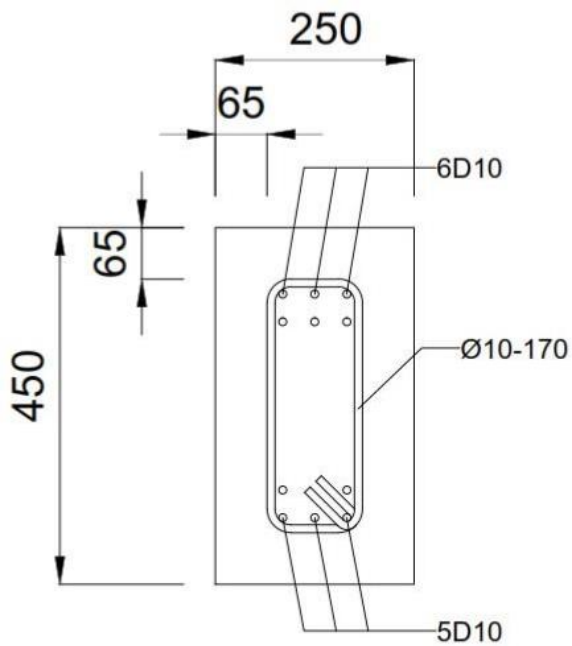


**Gambar 17** Tampak atas pile cap 2 dermaga

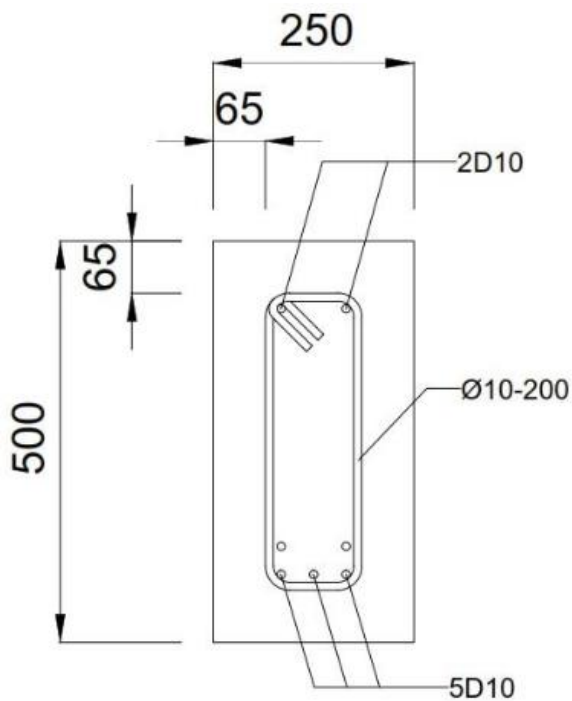


**Gambar 18** Potongan A-A pile cap 2 dermaga

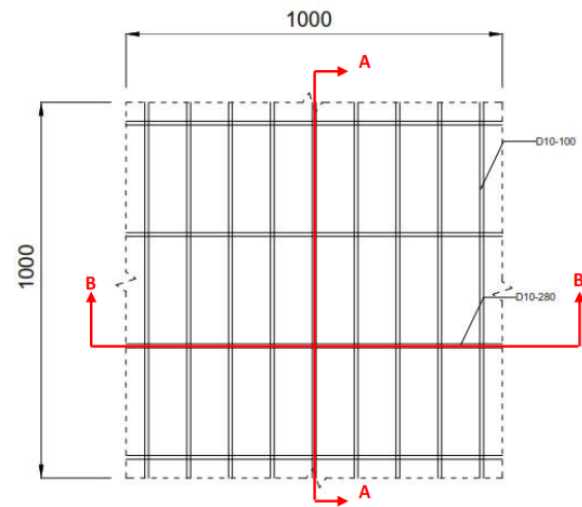
Hasil penulangan beton pada trestel ditampilkan pada **Gambar 19** hingga **Gambar 25**.



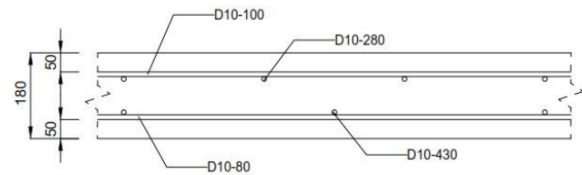
**Gambar 19** Detil penulangan balok memanjang trestel



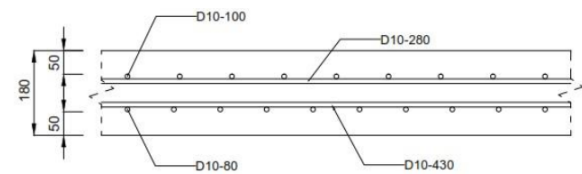
**Gambar 20** Detil penulangan balok melintang trestel



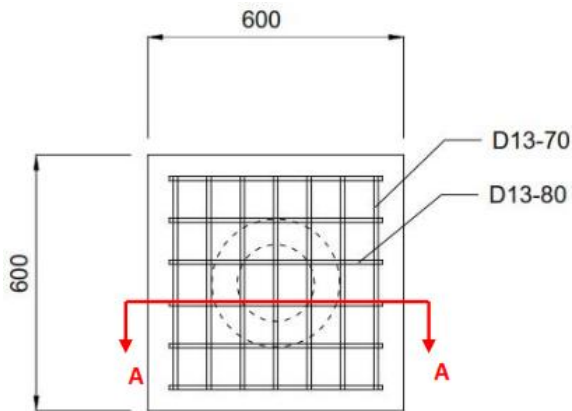
**Gambar 21** Tampak atas pelat trestel



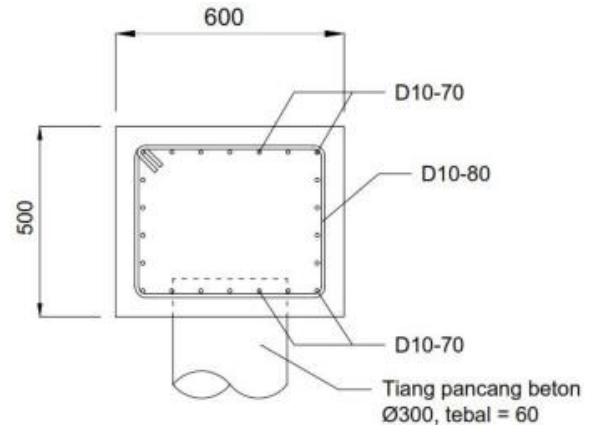
**Gambar 22** Potongan A-A pelat trestel



**Gambar 23** Potongan B-B pelat trestel



**Gambar 24** Tampak atas pile cap trestel



**Gambar 25** Potongan A-A pile cap trestel

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dermaga penumpang merupakan dermaga tipe *deck on pile*, yang didesain untuk melayani kapal penumpang 2000 GT, dengan dimensi:

- Panjang dermaga : 96 m
- Lebar dermaga : 8 m
- Elevasi lantai dermaga (dari LWS) : +4,5 m
- Kedalaman perairan dermaga : 4 m

Trestel merupakan penghubung dari darat ke dermaga, dengan dimensi:

- Panjang trestel : 152 m
- Lebar trestel : 3 m
- Elevasi lantai trestel (dari LWS) : +4,5 m

Berdasarkan hasil analisis, struktur dermaga mampu menahan kombinasi beban yang diberikan, dilihat dari kriteria UCR dan defleksi.

Komponen struktur dermaga yang digunakan yaitu sebagai berikut:

#### 1) Tiang pancang (PT. KHI):

- Material : Baja ASTM A139,  $f_y = 240$  MPa
- Diameter = 965 mm
- Tebal = 20,6 mm

#### 2) Balok memanjang dengan detail:

- Tinggi x lebar x panjang : 600 x 300 x 8000 mm

- Tulangan lentur sisi bawah : 4D16
- Tulangan lentur sisi atas : 7D16
- Tulangan sengkang : Ø10-250

3) Balok melintang dengan detail:

- Tinggi x lebar x panjang : 800 mm x 400 mm x 4000 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 6D36
- Tulangan lentur sisi atas : 6D36
- Tulangan sengkang : Ø10-90

4) Pelat dengan detail:

- Tebal pelat : 180 mm
- Tulangan lentur sisi bawah arah x : D10-280
- Tulangan lentur sisi bawah arah y : D10-60
- Tulangan lentur sisi atas arah x : D10-430
- Tulangan lentur sisi atas arah y : D10-60

5) *Pile cap* 1 dengan detail:

- Panjang x lebar x tinggi : 2000 x 2000 x 800 mm
- Tulangan susut arah x : D13-80
- Tulangan susut arah y : D13-80

6) *Pile cap* 2 dengan detail:

- Panjang x lebar x tinggi : 2000 x 2000 x 2000 mm
- Tulangan susut arah x : D22-80
- Tulangan susut arah y : D22-80

Komponen struktur trestel yang digunakan sebagai berikut:

1) Tiang pancang (PT. WiKa Beton):

- Material : *Prestressed Concrete* 52 MPa
- Diameter = 300 mm
- Tebal = 60 mm

2) Balok memanjang dengan detail:

- Tinggi x lebar x panjang : 450 x 250 x 6000 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 5D10
- Tulangan lentur sisi atas : 6D10
- Tulangan sengkang : Ø10-170

3) Balok melintang dengan detail:

- Tinggi x lebar x panjang : 500 x 250 x 3000 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 5D10

- Tulangan lentur sisi atas : 2D10
- Tulangan sengkang : Ø10-200

4) Pelat dengan detail:

- Tebal pelat : 180 mm
- Tulangan lentur sisi bawah arah x : D10-430
- Tulangan lentur sisi bawah arah y : D10-80
- Tulangan lentur sisi atas arah x : D10-280
- Tulangan lentur sisi atas arah y : D10-100

5) *Pile cap* dengan detail:

- Dimensi *pilecap* : 600 x 600 x 500 mm
- Tulangan susut arah x : D10-70
- Tulangan susut arah y : D10-80

Berdasarkan reaksi yang dihasilkan tiang pancang, kedalaman rencana pemancangan yaitu 13 m dari dasar laut (tiang pancang baja) dan 13 m dari dasar laut (tiang pancang beton).

### Saran

Saran dalam pengerjaan tugas akhir perancangan struktur dermaga yaitu:

1. Dalam perhitungan daya dukung tanah, selain menghitung daya dukung vertikal, diperlukan pula perhitungan daya dukung horizontal.
2. Gaya tarik *pile* dalam perhitungan daya dukung tanah juga perlu diperhatikan, perlu diperhatikan daya dukung friksi apakah memenuhi gaya tarik pile.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- British Standard 6349, Maritime Structure - Part 1 : Code of Practice for General Criteria, 2000*
- British Standard 6349, Maritime Structure - Part 4 : Fendering dan Mooring, 1994*
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGANGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. *Fentek Catalogue*. Singapore: Scientific Publishing Co. Pte. Ltd
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- The Overseas Coastal Area Development Institute. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: OCDI.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.