

# PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE *DOLPHIN* DI KOTA CILEGON, BANTEN

---

## *Structure Design of Liquid Bulk Dolphin Berth at Kota Cilegon, Banten*

Raihan Afif Yuzar<sup>1</sup> dan Sri Murti Adiyastuti<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

<sup>1</sup>[rai hanyuzar@gmail.com](mailto:rai hanyuzar@gmail.com) dan <sup>2</sup> [adiyastuti@ocean.itb.ac.id](mailto:adiyastuti@ocean.itb.ac.id)

**Abstrak:** Seiring dengan pertumbuhan populasi di Indonesia, kebutuhan akan deterjen sebagai pembersih pakaian juga akan meningkat. Salah satu bahan baku deterjen adalah *alkylbenzene sulfonate* yang bersifat cairan. Oleh karena itu, dibutuhkan infrastruktur yang memadai untuk mengakomodir perkembangan produksi *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia. Infrastruktur yang dimaksud ialah infrastruktur kepelabuhanan yang dapat mengakomodir aktivitas logistik *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia. Salah satu perusahaan *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia adalah PT Unggul Indah Cahaya yang berada di Kota Cilegon, Banten. Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan dimensi struktur yang mencakup *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*, pemodelan struktur, desain penulangan elemen struktur yang mencakup balok, pelat, dan *pile cap*, dan perhitungan daya dukung tanah. Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari pemodelan tersebut meliputi nilai UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Pemeriksaan nilai UCR dan defleksi dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap beban – beban yang bekerja pada struktur, nilai gaya dalam yang didapatkan akan digunakan untuk desain penulangan elemen dermaga, dan reaksi perletakan akan digunakan untuk memperoleh daya dukung tanah dan mengetahui kedalaman pemancangan.

**Kata Kunci:** *Alkylbenzene Sulfonate*, Struktur, Dermaga, *Dolphin*, Pemodelan Struktur

**Abstract:** Corresponding to the growth of Indonesia's population, the necessity of detergent as cleanser should also increase accordingly. One of the main substance of detergent is *alkylbenzene sulfonate*, which itself is a liquid. Hence, adequate infrastructure to accommodate the production growth of *alkylbenzene sulfonate* in Indonesia is substantial. The infrastructure referred here is adequate port infrastructure to accommodate logistic activities of *alkylbenzene sulfonate*. One of the corporation which handles *alkylbenzene sulfonate* in Indonesia is PT Unggul Indah Cahaya, which is situated in Kota Cilegon, Banten. The design scope consists of determining the dimensions of loading platform structure, *breasting dolphin*, and *mooring dolphin*, structural modelling, reinforcement design, and calculation of soil capacity. Structural modelling is done using SAP2000 software. The results are the UCR value, displacement, internal forces, and base reactions. UCR and deflection checks are carried out to determine the strength of the structure, the internal force value will be used for reinforcement design, and the base reaction will be used to determine the piling depth.

**Keywords:** *Alkylbenzene Sulfonate*, Structure, Berth, *Dolphin*, Structural Modelling

## PENDAHULUAN

*Alkylbenzene sulfonate* adalah senyawa berjenis cairan dan merupakan salah satu bahan baku deterjen. Seiring dengan pertumbuhan populasi di Indonesia yang meningkat setiap tahunnya, kebutuhan akan deterjen juga meningkat. Dengan demikian, dibutuhkan infrastruktur kepelabuhanan yang memadai guna dapat mengakomodir aktivitas logistik *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia.

Salah satu perusahaan *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia adalah PT Unggul Indah Cahaya yang memiliki dermaga curah cair di daerah Kota Cilegon, Pelabuhan Merak, Provinsi Banten. Untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi dari *alkylbenzene sulfonate*, dilakukan pengembangan untuk dapat menampung dan memuat lebih banyak *alkylbenzene sulfonate* untuk dapat didistribusikan.

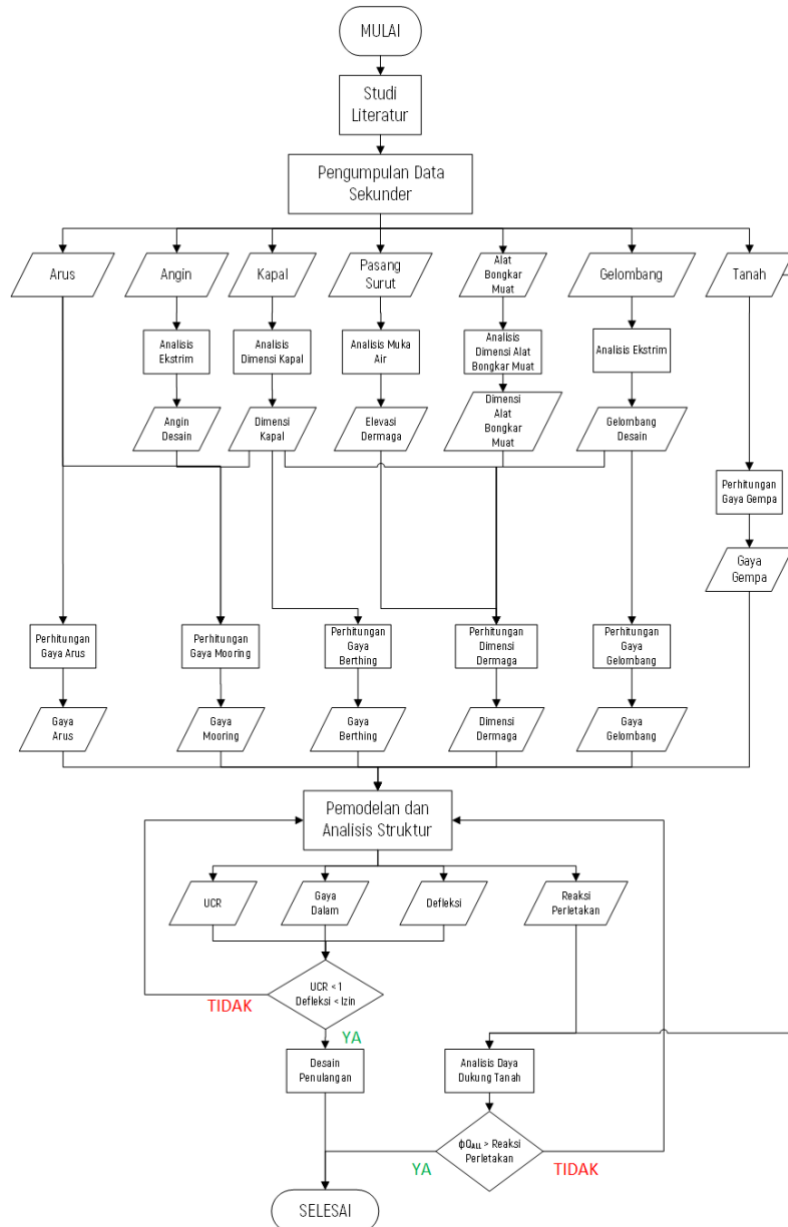
## TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga Curah Cair di Kota Cilegon, Banten dilakukan dengan menentukan kriteria desain dan mengumpulkan data – data sekunder terlebih dahulu, yang mencakup data lingkungan (pasang surut, arus,

angin, gelombang, dan data tanah), data karakteristik kapal rencana yang akan dilayani, dimensi struktur dermaga, yang meliputi *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*, serta material yang digunakan pada struktur dermaga. Data material yang digunakan dipilih dengan mempertimbangkan rekomendasi dari SNI 03-2847-2013.

Selanjutnya, langkah desain yang dilakukan adalah penentuan dimensi elemen struktural dermaga dan perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada struktur dermaga. Dimensi elemen struktural dermaga yang ditentukan terdiri dari ukuran tiang pancang, balok, pelat, dan *pile cap*. Gaya – gaya yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan dermaga, beban hidup (manusia dan *mobile crane*), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Perhitungan beban *berthing* dilakukan dengan menentukan besarnya energi *berthing* kapal saat bersandar. Persamaan energi *berthing* berdasarkan BS 6349-4: 1994 adalah sebagai berikut.

$$E = 0.5 C_M M_D V_B^2 C_E C_S C_C$$

dimana,

$E$  : Energi berlabuh (kN m)

$C_M$  : Koefisien hidrodinamik massa

$M_D$  : *Displacement* kapal (ton)

$V_B$  : Kecepatan berlabuh kapal (m/s)

$C_E$  : Koefisien eksentrisitas

$C_S$  : Koefisien kekasaran

$C_C$  : Koefisien konfigurasi tambat

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan BS 6349-1 : 2000 adalah sebagai berikut.

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4}$$

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4}$$

dimana,

$F_{TW}$  : Gaya angin arah transversal (kN)

$F_{LW}$  : Gaya angin arah longitudinal (kN)

$C_{TW}$  : Koefisien gaya angin arah transversal

$C_{LW}$  : Koefisien gaya angin arah longitudinal

$\rho_A$  : Massa jenis angin ( $\text{kg/m}^3$ )

$A_L$  : Area proyeksi arah longitudinal di atas muka air ( $\text{m}^2$ )

$V_W$  : Kecepatan angin desain pada 10 m diatas permukaan laut (m/s)

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas tambahan dapat ditentukan dari dimensi yang telah diketahui. Beban lingkungan yang mencakup gaya gelombang dan gaya arus ditentukan dengan Persamaan Morison, serta beban lingkungan berupa gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Dengan kriteria desain, geometri dermaga, dan beban – beban yang bekerja pada dermaga yang telah dihitung, langkah desain selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kekuatan struktur ditentukan dengan menganalisis *output* yang dihasilkan oleh perangkat lunak, yaitu UCR (*unity check ratio*) tiang pancang dan defleksi balok dan tiang pancang. Hasil pemodelan lain meliputi reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang mengacu pada SNI 03-2847-2013. Hasil pemodelan berupa gaya dalam digunakan untuk merencanakan tulangan lentur maupun geser pada balok dan pelat. Sedangkan, reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman pemancangan tiang pancang.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya dukung tanah agar tiang pancang mampu menahan gaya akibat beban *berthing* dan beban *mooring* dari kapal, beban gempa, serta beban – beban lain yang bekerja pada struktur dermaga. Daya dukung yang diizinkan untuk tiang pancang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tanah yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

### **HASIL DAN ANALISIS**

Data yang di analisis diantaranya adalah data angin, data pasang surut, data kapal, serta data tanah. Hasil analisis data angin berupa *windrose*, *waverose*, perkiraan gelombang dengan periode ulang 50 tahunan. Sedangkan data pasang surut dan data kapal akan menghasilkan elevasi dasar dan muka air yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan dermaga.

#### ***Analisis Data Angin dan Gelombang***

Data angin diperoleh dari *website* NOAA dengan rentang tahun 2008 s/d 2017 dengan interval data 3 jam. Setelah itu, dilakukan analisis ekstrim angin dan didapatkan kecepatan angin maksimum sebesar 10,45 m/s dari arah Utara.

Selanjutnya, dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data tinggi gelombang laut. Dari hasil *hindcasting*, dilakukan analisis ekstrim untuk periode ulang 50 tahunan dan didapat tinggi gelombang sebesar 1,71 m dari arah Utara dengan periode 10,8 detik. Setelah didapatkan nilai tinggi gelombang dari proses *hindcasting*, dilakukan pemodelan transformasi gelombang menuju dermaga. Dari pemodelan transformasi gelombang, didapatkan nilai tinggi gelombang sebesar 1,0 m dengan periode 10,8 s.

#### ***Analisis Data Pasang Surut***

Data pasang surut diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial Indonesia (BIG) yang diambil pada tanggal 1 s/d 31 Januari 2019. Data

pasang surut diolah menggunakan bantuan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di kawasan dermaga rencana berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 0,97 m.

#### Analisis Data Arus

Data arus diperoleh dari website BMKG yang diambil pada tanggal 25 s/d 28 Juni dengan interval waktu 3 jam. Diperoleh kecepatan arus maksimum sebesar 0,3392 m/s dari arah Timur Laut.

#### Analisis Data Tanah

Karakteristik data tanah di kawasan dermaga rencana adalah tanah pasir. Nilai SPT tanah digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

#### Data Karakteristik Kapal

Kapal rencana terbesar yang direncanakan dapat bersandar pada dermaga rencana berukuran 53.000 DWT berdimensi:  $L_{OA} = 183$  m,  $L_{BP} = 172,8$  m,  $Breadth = 32,2$  m,  $Draught = 13,44$  m. Dan untuk kapal terkecil berukuran 12.500 DWT dengan dimensi:  $L_{OA} = 123,5$  m,  $L_{BP} = 116,7$  m,  $Breadth = 20,22$  m,  $Draught = 8,64$  m.

#### Dimensi Umum Dermaga

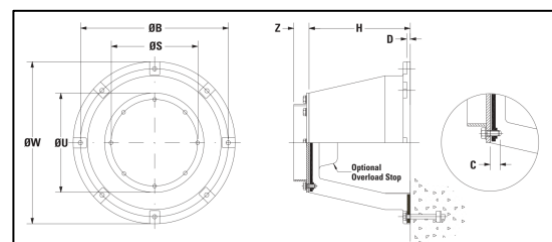
Dermaga dirancang dengan tipe dermaga *jetty* jenis *dolphin*. Terdapat tiga struktur utama pada dermaga rencana, yaitu struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*. Dimensi struktur utama dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Dimensi Struktur Utama Dermaga

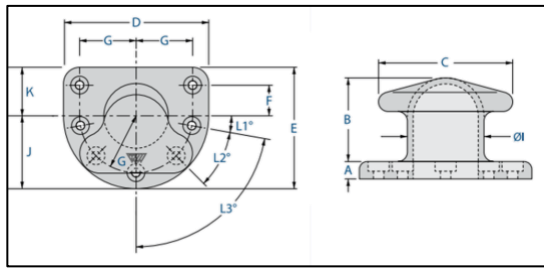
| Struktur                 | Uraian                      | Dimensi                         |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <i>Loading Platform</i>  | Panjang<br>Lebar<br>Elevasi | 19 m<br>15 m<br>+3,0 m dari LWS |
| <i>Breasting Dolphin</i> | Panjang<br>Lebar<br>Elevasi | 6 m<br>8 m<br>+3,0 m dari LWS   |
| <i>Mooring Dolphin</i>   | Panjang<br>Lebar<br>Elevasi | 5 m<br>5 m<br>+3,0 m dari LWS   |

#### Fasilitas Dermaga

Setelah didapatkan energi *berthing* maksimum ( $E_A$ ) = 1338 kNm, dipilih *Super Cone Fender* tipe SCN1600 dengan *rated energy* ( $E_R$ ) = 1670 kN dan berat 4645 kg. Sedangkan, beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 21,67 ton, sehingga dipilih *T-head bollard* berkapasitas 22,5 ton. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



**Gambar 2** Fender SCN1600



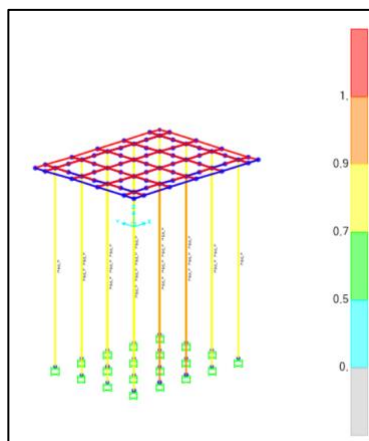
**Gambar 3** T-head Bollard 22,5 Ton

### Perencanaan Struktur

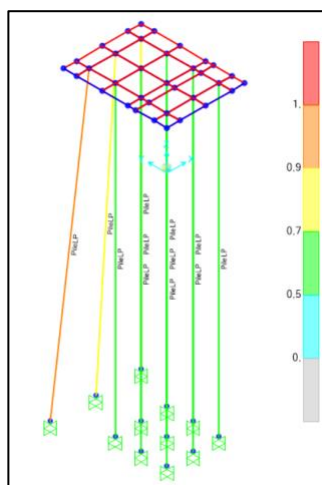
Struktur dermaga menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton ( $f_c'$ ) = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa.

Perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, dan SNI 1729-2015.

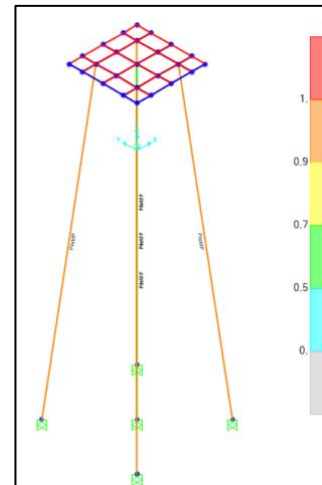
Hasil pemodelan struktur ditunjukkan pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



**Gambar 4** Hasil Pemodelan *Loading platform*



**Gambar 5** Hasil Pemodelan *Breasting dolphin*



**Gambar 6** Hasil Pemodelan *mooring dolphin*

### Dimensi Elemen Struktural

Dimensi elemen struktural *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 1**, elemen struktural *breasting dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 2**, sedangkan untuk *mooring dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 1** Dimensi Elemen Struktural *Loading platform*

| Uraian          | Dimensi               |
|-----------------|-----------------------|
| Balok           | 750 mm × 500 mm       |
| Tiang Pancang   | Ø 610 mm, t = 12,7 mm |
| Tebal Pelat     | 200 mm                |
| <i>Pile Cap</i> | 1800 × 1800 × 1500 mm |

**Tabel 2** Dimensi Elemen Struktural *Breasting dolphin*

| Uraian          | Dimensi               |
|-----------------|-----------------------|
| Tiang Pancang   | Ø 965 mm, t=19,1mm    |
| <i>Pile Cap</i> | 6000 × 8000 × 1500 mm |
| Tebal Plank     | 3000 mm               |

**Tabel 3** Dimensi Elemen Struktural *Breasting dolphin*

| Uraian          | Dimensi               |
|-----------------|-----------------------|
| Tiang Pancang   | Ø 457 mm, t=15,9 mm   |
| <i>Pile Cap</i> | 5000 × 5000 × 1500 mm |

### Analisis Struktur *Loading platform*

Analisis struktur *loading platform* tahap pertama adalah pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang baja. Berdasarkan **Tabel 4**, struktur *loading platform* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

**Tabel 4** Nilai UCR struktur *loading platform*

| Frame Text                 | UCR  | Kombinasi |
|----------------------------|------|-----------|
| 849                        | 0,91 | ULS5      |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |      |           |

Analisis struktur *loading platform* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 5** Defleksi Tiang Pancang *Loading platform*

| Beban                         | Pile | Komb. | Arah | Defl. (cm) |
|-------------------------------|------|-------|------|------------|
| Beban Tetap                   | 928  | SLS3  | U1   | 0,42       |
|                               | 15   | SLS3  | U2   | 0,4        |
| Beban Sementara               | 523  | SLS6  | U1   | 10,7       |
|                               | 503  | SLS6  | U2   | 10,8       |
| SLS3: $1,0D + 0,6(W + C + M)$ |      |       |      |            |
| SLS6: $1,0D + 0,7E$           |      |       |      |            |

**Tabel 6** Defleksi Balok *Loading platform*

| Balok                         | Frame | Komb. | Arah | Defl. (cm) |
|-------------------------------|-------|-------|------|------------|
| Biasa                         | 497   | SLS2  | U3   | 0,37       |
| Kantilever                    | 846   | SLS5  | U3   | 0,4        |
| SLS2: $1,0D + 1,0(L + B)$     |       |       |      |            |
| SLS5: $1,0D + 0,75L + 0,525E$ |       |       |      |            |

Selanjutnya, diambil *output* berupa reaksi perletakan yang dapat dilihat pada **Tabel 7** dan gaya dalam yang dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9** yang digunakan sebagai *input* untuk perencanaan tulangan.

**Tabel 7** Reaksi Perletakan *Loading platform*

| Frame                      | Komb. | Reaksi (kN) | Ket. |
|----------------------------|-------|-------------|------|
| 14                         | SLS2  | 789,2       | MAX  |
| 26                         | SLS6  | 152,5       | MIN  |
| SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$ |       |             |      |
| SLS6: $1,0D + 0,7E$        |       |             |      |

**Tabel 8** Gaya Dalam Balok *Loading platform*

| Jenis Balok | No. Frame | V2 (kN) | M3 (kN-m) | Komb. |
|-------------|-----------|---------|-----------|-------|
| Balok Biasa | 498       | 297,3   | 211,6     | ULS5  |
|             | 507       | -309,3  | -397,3    | ULS5  |
|             | 521       | 93,9    | 281,2     | ULS7  |
|             | 507       | -308,6  | 399,6     | ULS5  |

| Jenis Balok                | No. Frame | V2 (kN) | M3 (kN-m) | Komb. |
|----------------------------|-----------|---------|-----------|-------|
| Kantilever                 | 641       | 49      | -80,1     | ULS2  |
|                            | 4         | -48,5   | -77,6     | ULS2  |
|                            | 877       | 29,3    | 7,7       | ULS2  |
|                            | 641       | 49      | -80,1     | ULS2  |
| ULS2: $1,2D + 1,6(L + B)$  |           |         |           |       |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |           |         |           |       |
| ULS7: $0,9D + 1,0E$        |           |         |           |       |

**Tabel 9** Gaya Dalam Pelat *Loading platform*

| Jenis Pelat                | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pelat Tengah               | 135      | 15,1      | 14,1      | ULS5  |
|                            | 8        | -13,9     | -9,1      | ULS5  |
|                            | 135      | 15,2      | 14,1      | ULS5  |
|                            | 132      | -9,9      | -14,4     | ULS5  |
| Pelat Tepi                 | 138      | 15,1      | 5         | ULS5  |
|                            | 104      | -12,2     | -2,7      | ULS7  |
|                            | 9        | 4,8       | 14,1      | ULS5  |
|                            | 142      | -2,7      | -12,2     | ULS7  |
| Pelat Sudut                | 143      | 3,8       | 3,4       | ULS2  |
|                            | 144      | 0,6       | 1,4       | ULS2  |
|                            | 143      | 0,2       | 5,7       | ULS2  |
|                            | 144      | 3,1       | -0,6      | ULS2  |
| ULS2: $1,2D + 1,6(L + B)$  |          |           |           |       |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |          |           |           |       |
| ULS7: $0,9D + 1,0E$        |          |           |           |       |

### Analisis Struktur Breasting Dolphin

Berdasarkan **Tabel 10**, struktur *breasting dolphin* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

**Tabel 10** Nilai UCR *Breasting dolphin*

| Frame Text                 | UCR   | Kombinasi |
|----------------------------|-------|-----------|
| 69                         | 0,901 | ULS2A     |
| ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$ |       |           |

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 11**, reaksi perletakan pada **Tabel 12** dan gaya dalam ditunjukkan pada **Tabel 13**.

**Tabel 11** Defleksi Tiang Pancang *Breasting dolphin*

| Beban                                                                                                                     | Pile | Komb. | Arah | Defl. (cm) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|------------|
| Beban Tetap                                                                                                               | 31   | SLS3  | U1   | 0,5        |
|                                                                                                                           | 1    | SLS4B | U2   | 0,3        |
| Beban Sementara                                                                                                           | 31   | SLS6  | U1   | 2,8        |
|                                                                                                                           | 1    | SLS2B | U2   | 10,3       |
| SLS3 : $1,0D + 0,6(W + C + M)$<br>SLS6 : $1,0D + 0,7E$<br>SLS2B: $1,0D + 1,0B$<br>SLS4B: $1,0D + 0,75L + 0,45(W + C + M)$ |      |       |      |            |

**Tabel 12** Reaksi Perletakan *Breasting dolphin*

| Frame                                              | Komb. | Reaksi (kN) | Ket. |
|----------------------------------------------------|-------|-------------|------|
| 56                                                 | SLS2A | 1920        | MAX  |
| 53                                                 | SLS6  | -624,4      | MIN  |
| SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$<br>SLS6 : $1,0D + 0,7E$ |       |             |      |

**Tabel 13** Gaya Dalam Pile Cap *Breasting dolphin*

| Jenis Pelat                                               | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|-----------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pile Cap                                                  | 42       | 528,8     | 243,8     | ULS5  |
|                                                           | 42       | -460      | -150      | ULS7  |
|                                                           | 27       | 260,7     | 1221,2    | ULS2A |
|                                                           | 11       | -317,3    | -1550,3   | ULS2B |
| Plank Fender                                              | 29       | 421       | 482,3     | ULS2A |
|                                                           | 21       | -213,9    | -2005,7   | ULS2B |
|                                                           | 29       | 421       | 482,3     | ULS2A |
|                                                           | 21       | -213,9    | -2005,7   | ULS2B |
| ULS5 : $1,2D + 1,0E + 1,0L$<br>ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$ |          |           |           |       |

### Analisis Struktur Mooring Dolphin

Berdasarkan **Tabel 14**, struktur *mooring dolphin* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

**Tabel 14** Nilai UCR *Breasting dolphin*

| Frame Text                 | UCR  | Kombinasi |
|----------------------------|------|-----------|
| 3                          | 0,91 | ULS5      |
| 32                         | 0,91 | ULS5      |
| 44                         | 0,91 | ULS5      |
| 50                         | 0,91 | ULS5      |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |      |           |

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 15**, reaksi perletakan pada **Tabel 16** dan gaya dalam ditunjukkan pada **Tabel 17**.

**Tabel 15** Defleksi Tiang Pancang *Breasting dolphin*

| Beban                                                | Pile | Komb. | Arah | Defl. (cm) |
|------------------------------------------------------|------|-------|------|------------|
| Beban Tetap                                          | 1    | SLS3  | U1   | 3,2        |
|                                                      | 1    | SLS3  | U2   | 4,01       |
| Beban Sementara                                      | 44   | SLS6  | U1   | 8,8        |
|                                                      | 32   | SLS6  | U2   | 8,8        |
| SLS3: $1,0D + 0,6(W + C + M)$<br>SLS6: $1,0D + 0,7E$ |      |       |      |            |

**Tabel 16** Reaksi Perletakan *Breasting dolphin*

| Frame               | Komb. | Reaksi (kN) | Ket. |
|---------------------|-------|-------------|------|
| 3                   | SLS6  | 444,1       | MAX  |
| 3                   | SLS6  | -14,2       | MIN  |
| SLS6: $1,0D + 0,7E$ |       |             |      |

**Tabel 17** Gaya Dalam Pile Cap *Breasting dolphin*

| Jenis Pelat                                       | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|---------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pile Cap                                          | 4        | 200,7     | 103,9     | ULS5  |
|                                                   | 2        | -139,5    | -139,5    | ULS7  |
|                                                   | 1        | 103,9     | 200,7     | ULS5  |
|                                                   | 2        | -139,5    | -139,5    | ULS7  |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$<br>ULS7: $0,9D + 1,0E$ |          |           |           |       |

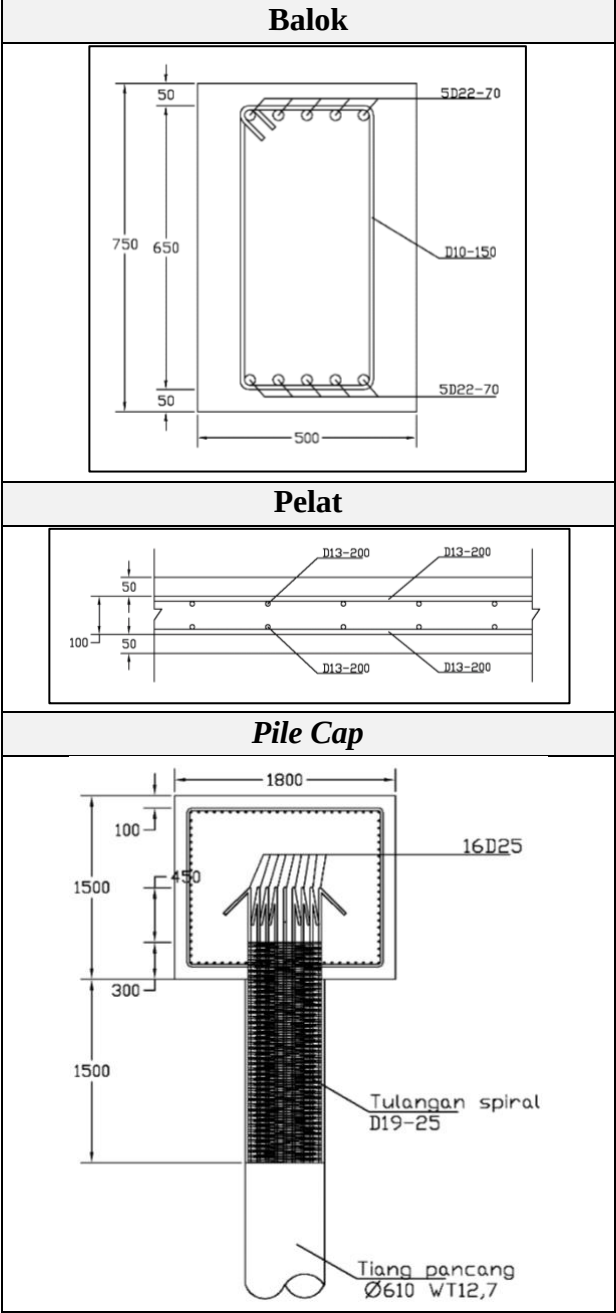
### Penulangan Komponen Struktural

Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap* untuk struktur *loading platform* dan penulangan *pile cap* untuk *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*. Penulangan komponen pada struktur *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 18**, penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada

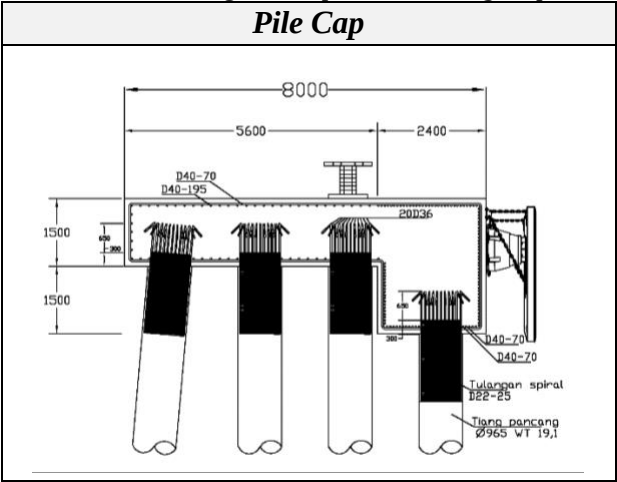


Tabel 19, dan penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada Tabel 20.

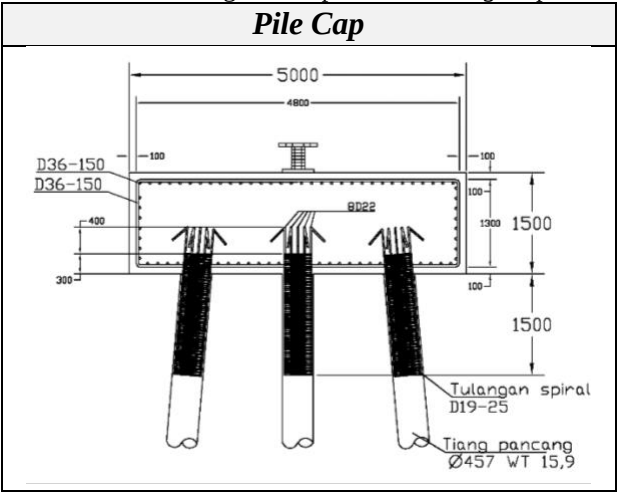
Tabel 18 Penulangan Komponen *Loading platform*



Tabel 19 Penulangan Komponen *Breasting dolphin*



Tabel 20 Penulangan Komponen *Breasting dolphin*



**Daya Dukung Tanah**

Hasil kedalaman pemancangan tiang pancang pada masing – masing struktur ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21 Kedalaman Tiang Pancang

| Struktur | Kedalaman Pemancangan |
|----------|-----------------------|
|----------|-----------------------|

|                                                                |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Loading platform</i>                                        | 6 meter |
| <i>Breasting dolphin</i>                                       | 6 meter |
| <i>Breasting dolphin</i>                                       | 6 meter |
| <b>Catatan:</b> Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut |         |

## KESIMPULAN

1. Dermaga Curah Cair di Kota Cilegon, Banten melayani kegiatan bongkar muat curah cair jenis *alkylbenzene* dengan kapal rencana 12.500 DWT dan 53.000 DWT dengan jenis dermaga *dolphin* tipe *deck on pile*. Detail dan dimensi struktur dermaga dijelaskan sebagai berikut.

- Satu struktur *loading platform* dengan dimensi 15 m × 19 m.
- Empat struktur *breasting dolphin* dengan dimensi 6 m × 8 m.
- Enam struktur *mooring dolphin* dengan dimensi 5 m × 5 m.
- Elevasi lantai dermaga : +3,0 m dari LWS.
- Kedalaman dermaga : -15,0 m dari LWS.

Fasilitas struktur dermaga yang digunakan agar mampu menahan beban – beban pada dermaga adalah sebagai berikut.

- *Super Cone Fender* (SCN 1600 E<sub>0.9</sub>)
  - Kapasitas : 1382 kNm
  - Reaksi *fender* : 1670 kN
  - Ukuran panel : 2,6 m × 3 m
- *T-head Bollard*
  - Kapasitas : 22,5 ton.

2. Dermaga dirancang agar dapat menahan beban – beban yang bekerja di sekitarnya. Rincian beban yang bekerja pada dermaga dijelaskan sebagai berikut.

- Berat sendiri struktur (*dead load*) yang meliputi berat pelat, balok, *pile cap*, dan tiang pancang.

- Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) dari fasilitas dermaga yang meliputi *fender*, *bollard*, *loading arm*, *pipe rack*, dan pipa.
- Beban berlabuh kapal (*berthing load*)
- Beban bertambat kapal (*mooring load*) akibat angin dan arus.
- Beban lingkungan yang meliputi beban arus, gelombang, dan gempa.

3. Detail elemen untuk tiap – tiap struktur dermaga adalah sebagai berikut.

- *Loading Platform*
  - Tiang pancang
    - Material : ASTM A252 Grade 2
    - Diameter : 610 mm
    - Tebal : 12,7 mm
  - Balok Biasa
    - Dimensi : 4000 mm × 750 mm × 500 mm
    - Tulangan lentur atas : 5D22
    - Tulangan lentur bawah : 5D22
    - Tulangan sengkang : D10-150
  - Balok Kantilever
    - Dimensi : 1500 mm × 750 mm × 500 mm
    - Tulangan lentur atas : 5D19
    - Tulangan lentur bawah : 5D19
    - Tulangan sengkang : D10-165
  - Pelat Tengah
    - Dimensi : 4000 mm × 4000 mm × 200 mm

- Tulangan lentur atas arah-x : D13-200
- Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
- Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
- Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- Pelat Tepi
  - Dimensi : 4000 mm × 1500 mm × 200 mm
  - Tulangan lentur atas arah -x : D13-200
  - Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
  - Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
  - Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- Pelat Sudut
  - Dimensi : 1500 mm × 1500 mm × 200 mm
  - Tulangan lentur atas arah -x : D13-200
  - Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
  - Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
  - Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- *Pile Cap*
  - Dimensi : 1800 mm × 1800 mm × 1500 mm
  - Tulangan lentur arah-x : D22-40
  - Tulangan lentur arah-y : D22-40
- Tulangan Dowel : 16D25, perpanjangan 450 mm
- Tulangan Spiral : D19-25
- *Breasting Dolphin*
  - Tiang Pancang
    - Material : ASTM A252 Grade 2
    - Diameter : 965 mm
    - Tebal : 19,1 mm
  - *Pile Cap*
    - Dimensi : 6000 mm × 8000 mm × 1500 mm
    - Tebal *Plank Fender* : 3000 mm
    - Tulangan lentur arah-x : D40-70 (*plank fender*), D40-195
    - Tulangan lentur arah y : D40-70
    - Tulangan Dowel : 20D36, perpanjangan 650 mm
    - Tulangan Spiral : D22-25
- *Mooring Dolphin*
  - Tiang Pancang
    - Material : ASTM A252 Grade 2
    - Diameter : 457 mm
    - Diameter : 15,9 mm
  - *Pile Cap*
    - Dimensi : 5000 mm × 5000 mm × 1500 mm
    - Tulangan lentur arah -x : D36-150
    - Tulangan lentur arah-y : D36-150

- Tulangan Dowel : 8D22
  - Tulangan Spiral : D19-25
4. Kedalaman rencana pemancangan pondasi tiang pancang untuk masing – masing struktur sesuai daya dukung yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.
- Struktur *loading platform* dipancang hingga kedalaman 6 m dari dasar laut.
  - Struktur *breasting dolphin* dipancang hingga kedalaman 8 m dari dasar laut.
  - Struktur *mooring dolphin* dipancang hingga kedalaman 6 m dari dasar laut.

#### DAFTAR PUSTAKA

Adisyastuti, Sri Murti. *Slide Mata Kuliah Beton Bertulang*. Bandung: ITB.

Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.

British Standard. (1994). *BS 6349-4 Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. London: BSI.

British Standard. (2000). *BS 6349-1 Code of Practice for General Criteria*. London: BSI.

British Standard. (2010). *BS 6349-2 Code of practice for the design of Quay Wall, Jetties, and Dolphin*. London: BSI.

Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.

Fentek Marine System GmbH. 2010. *Fentek Marine Fendering System*. Rigmarine.

Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.

Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.

Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.

Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.

US Army Corps of Engineer. 1984. *Shore Protection Manual*. Washington D.C.: US Army Corps of Engineer.

Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

—. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.

—. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.

—. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.