

# PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA BATU BARA NEW BLC DI KALIORANG, KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR

---

*Structure Design of New BLC Coal Bulk Dolphin Berth at Kaliorang, Kutai Timur, Kalimantan Timur*

**Rizaldi Caesar Yuniardi<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>[rizaldi.caesar@gmail.com](mailto:rizaldi.caesar@gmail.com) dan <sup>2</sup>[adiyastuti@ocean.itb.ac.id](mailto:adiyastuti@ocean.itb.ac.id)

**Abstrak:** Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir batubara terbesar di dunia. Dengan kebutuhan global akan batubara sebagai salah satu sumber energi, Indonesia menargetkan untuk meningkatkan produksi batu bara. Oleh karena itu, dibutuhkan infrastruktur untuk distribusi batu bara, salah satunya adalah dermaga batu bara. Salah satu perusahaan batu bara di Indonesia adalah PT Indexim Coalindo, yang berlokasi di Kaliorang, Kalimantan Timur berencana untuk mengembangkan fasilitas dermaga untuk meningkatkan distribusi batu bara. Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan dimensi struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, perhitungan daya dukung tanah, dan perhitungan biaya material struktur yang meliputi beton, baja, dan tiang pancang. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari pemodelan tersebut adalah nilai UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Pemeriksaan nilai UCR dan defleksi dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap beban-beban yang bekerja, nilai gaya dalam yang didapatkan akan digunakan untuk desain penulangan elemen dermaga, dan reaksi perletakan akan digunakan untuk mengetahui kedalaman pemancangan, serta dari dimensi elemen struktur digunakan untuk perhitungan volume dan biaya material.

**Kata Kunci:** Batu Bara, Struktur, Dermaga, *Dolphin*, Pemodelan Struktur

**Abstract:** Indonesia is one of the largest coal producers and exporters in the world. With the demand for coal, Indonesia is targeting to increase coal production. Therefore, coal berth is needed for coal distribution. PT Indexim Coalindo, which is located at Kaliorang, Kalimantan Timur, has a plan to develop the berth facilities to increase coal distribution. The design scope consists of determining the dimensions of loading platform structure, breasting dolphin, and mooring dolphin, structural modelling, reinforcement design, calculation of soil capacity, and calculation of structural cost include concrete, steel, and pile. Structural modelling is 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, the base reaction will be used to determine the pile depth, and the dimensions of the structure used for volume calculation and material costs.

**Keywords:** Coal, Structure, Berth, Dolphin, Structure Modelling

## PENDAHULUAN

Batubara adalah sumber energi terpenting sebagai bahan bakar pokok yang mudah diolah dan murah. Namun demikian, batubara juga memiliki kekurangan yaitu menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi lain seperti gas alam memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia. Dengan demikian semakin banyak industri di dunia lebih berfokus pada batubara.

Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir batubara terbesar di dunia. Ada banyak daerah cadangan batubara di wilayah Indonesia, mulai dari Pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, hingga Papua. Namun demikian, tiga daerah dengan cadangan batubara terbesar di Indonesia adalah Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Selatan.

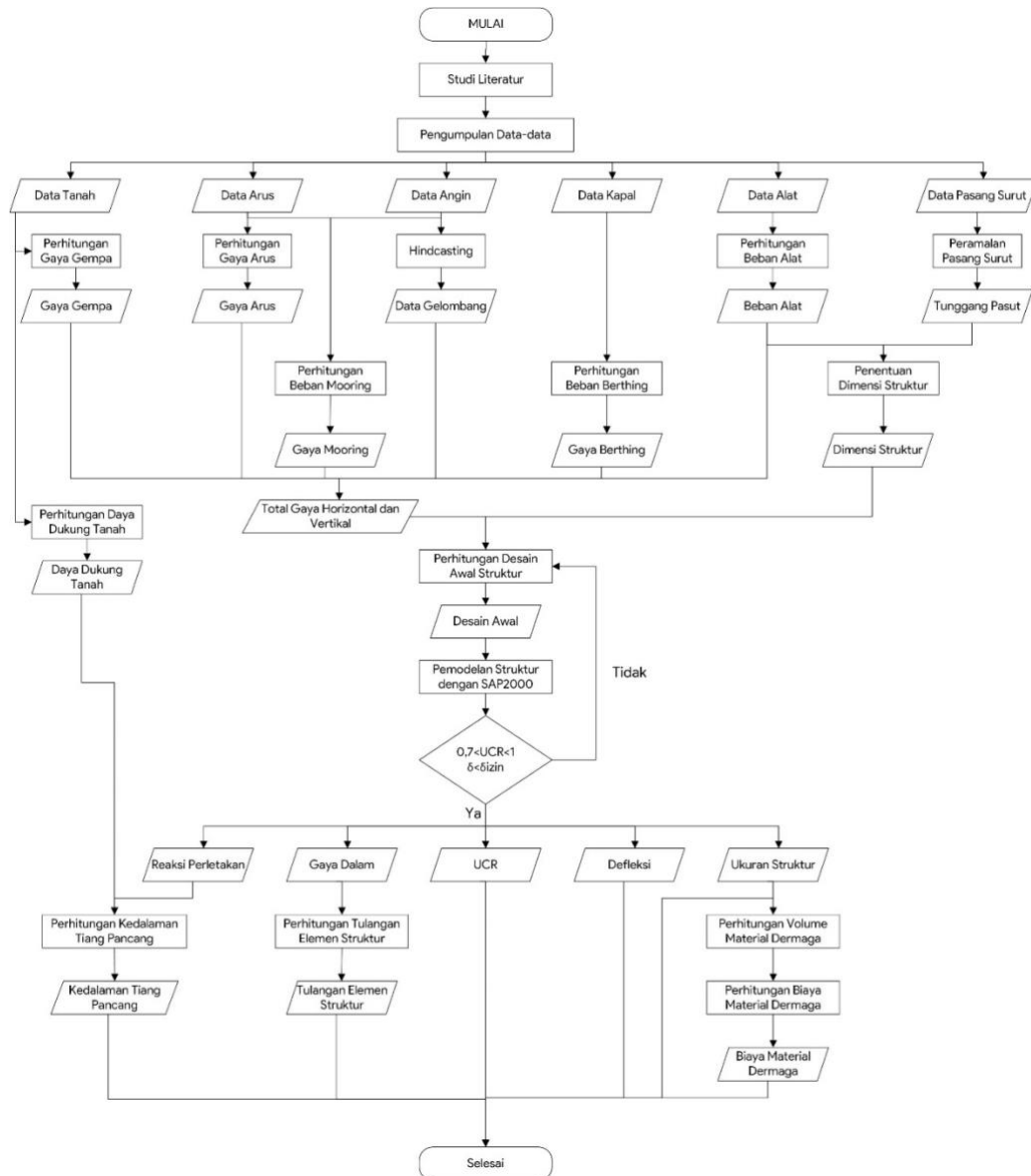
Salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia adalah PT Indoxim Coalindo yang memiliki dermaga muat batubara di daerah Kaliorang, Kalimantan Timur. Untuk meningkatkan produksi dan kapasitas distribusi batubara dari dermaga tersebut, dilakukan pengembangan New Barge Loading Conveyor (BLC) untuk dapat menampung dan memuat lebih banyak batubara untuk didistribusikan.

## TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga New BLC Kaliorang dilakukan dengan pengumpulan data-data sekunder dan kriteria desain terlebih dahulu, yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, arus, angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, dimensi 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.

Langkah desain selanjutnya 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 terdiri dari beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan, beban hidup (manusia dan kendaraan), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Perhitungan beban *berthing* ditentukan dengan besarnya energi *berthing* kapal saat bersandar. Persamaan energi *berthing* berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$E_f = \left( \frac{M_S V^2}{2} \right) C_e C_m C_s C_c$$

Keterangan:

- $E_f$  : *berthing energy* (kJ)  
 $M_S$  : *displacement tonnage* (ton)  
 $V$  : kecepatan berlabuh kapal (m/s)  
 $C_e$  : koefisien eksentrisitas  
 $C_m$  : koefisien massa semu  
 $C_s$  : koefisien kekasaran

$C_c$  : koefisien konfigurasi tambat

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$R_{TW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_L C_y$$

$$R_{LW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_T C_x$$

Keterangan:

- $R_{TC}$  : beban arus arah transversal (kN)  
 $R_{LC}$  : beban arus arah longitudinal (kN)  
 $S$  : luas permukaan basah (m<sup>2</sup>)

|        |                                                      |
|--------|------------------------------------------------------|
| $V_y$  | : kecepatan arus transversal (m/s)                   |
| $V_x$  | : kecepatan arus longitudinal (m/s)                  |
| $\rho$ | : massa jenis air laut (1.015 kg/m <sup>3</sup> )    |
| $C$    | : koefisien tekanan arus                             |
| $B$    | : luas proyeksi sisi samping kapal (m <sup>2</sup> ) |

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas ditentukan berdasarkan dimensi yang diketahui. Beban lingkungan berupa 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, dan beban-beban pada dermaga yang telah dihitung, langkah desain selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kekuatan struktur ditentukan dengan menganalisis beberapa keluaran yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*unity check ratio*) tiang pancang, dan defleksi balok dan tiang pancang. Hasil pemodelan lain terdiri dari reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang merujuk 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 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 peralatan yang berada di atas 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.

Setelah itu dilakukan perhitungan volume dan biaya material yang meliputi beton, baja, dan tiang pancang. Acuan harga material yang digunakan merujuk pada Peraturan Menteri No.78 Tahun 2014.

## HASIL DAN ANALISA

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.

### Analisa Data Angin dan Gelombang

Data angin diperoleh dari *website* NOAA pada tahun 2009 s.d. tahun 2018 dengan interval data 3 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 10,82 m/s dari arah Selatan.

Selanjutnya dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data gelombang laut. Dari hasil *hindcasting* kemudian dilakukan analisis ekstrim untuk periode ulang 50 tahunan dan didapat tinggi gelombang sebesar 1,47 m dari arah Selatan dengan periode 5,94 detik.

### Analisa Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial Indonesia yang diambil pada tanggal 1-31 Januari 2018. Data pasang surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di kawasan Kaliorang berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 2,67 m dari LWS.

### Analisa Data Arus

Data arus diperoleh dari *website* BMKG yang diambil pada tanggal 25-28 Maret dengan

interval waktu 3 jam. Diperoleh kecepatan arus maksimum adalah 0,055 m/s dari arah Timur Laut.

### Analisa Data Tanah

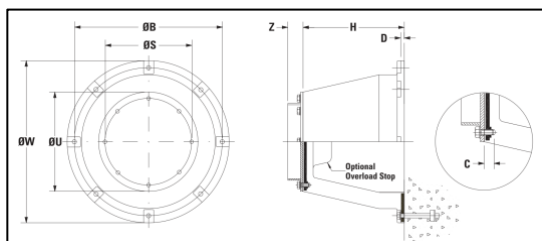
Karakteristik data tanah di kawasan Kaliorang adalah tanah lempung. Dari nilai SPT data tanah, diperoleh  $S_{DS} = 0,6g$  dan  $S_{D1} = 0,5g$ . Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

### Data Kapal

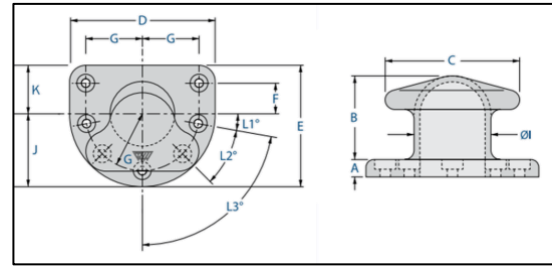
Kapal terbesar yang direncanakan bersandar pada Dermaga New BLC Kaliorang berukuran 12000 DWT dengan dimensi:  $L_{OA} = 142,65$  m,  $L_{BP} = 139,43$  m,  $Breadth = 15,87$  m,  $Draught = 6,73$  m. Dan untuk kapal terkecil berukuran 10000 DWT dengan dimensi:  $L_{OA} = 123,3$  m,  $L_{BP} = 118,3$  m,  $Breadth = 15,85$  m,  $Draught = 6,6$  m.

### Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* terbesar kapal ( $E_A$ ) = 811,87 kN-m, dipilih *fender* tipe SCN1300 dengan *rated energy* ( $E_R$ ) = 825 kN dan berat 2455 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 14,93 ton, sehingga dipilih *tee bollard* dengan kapasitas 15 ton dan berat 81,33 kg. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



**Gambar 2** Fender SCN1300



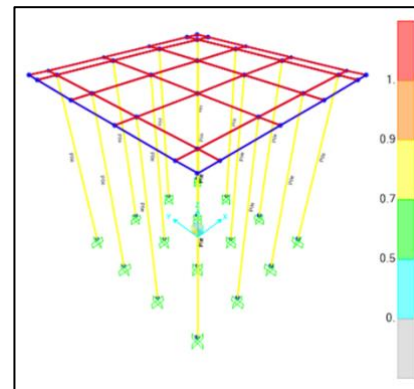
**Gambar 3** Tee Bollard 15 Ton

### Perencanaan Struktur

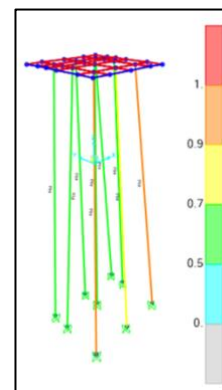
Struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin* menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton ( $f_c'$ ) = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa.

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

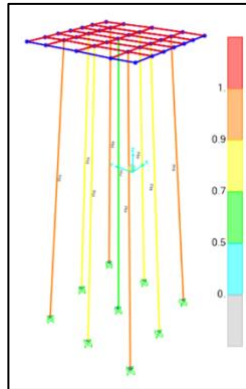
Hasil pemodelan struktur ditunjukkan pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



**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         | 500 mm × 750 mm       |
| Tiang Pancang | Ø711mm, t=8,7mm       |
| Tebal Pelat   | 250 mm                |
| Pile Cap      | 1600 × 1600 × 1500 mm |

**Tabel 2** Dimensi Elemen Struktural *Breasting Dolphin*

| Uraian        | Dimensi               |
|---------------|-----------------------|
| Tiang Pancang | Ø910 mm, t=19,1mm     |
| Pile Cap      | 5000 × 5000 × 1500 mm |
| Tebal Plank   | 3000 mm               |

**Tabel 3** Dimensi Elemen Struktural *Mooring Dolphin*

| Uraian        | Dimensi               |
|---------------|-----------------------|
| Tiang Pancang | Ø457 mm, t=12,7mm     |
| Pile Cap      | 5000 × 5000 × 1500 mm |

### Analisa 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 kurang dari 1.

**Tabel 4** Nilai UCR *Loading platform*

| Frame Text                 | UCR  | Kombinasi |
|----------------------------|------|-----------|
| 48                         | 0,83 | ULS5      |
| 59                         | 0,83 | ULS5      |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |      |           |

Analisa 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                   | 1    | SLS3  | U1   | 0,23       |
|                               | 2    | SLS3  | U2   | 0,23       |
| Beban Sementara               | 1    | SLS6  | U1   | 8,35       |
|                               | 15   | SLS6  | U2   | 8,3        |
| 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                         | 60    | SLS2  | U3   | 1,042      |
| Kantilever                    | 24    | SLS5  | U3   | 0,623      |
| SLS2: $1,0D + 1,0(L + B)$     |       |       |      |            |
| SLS5: $1,0D + 0,75L + 0,525E$ |       |       |      |            |

Selanjutnya, pengambilan *output* berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan pada **Tabel 7** dan gaya dalam yang ditunjukkan pada **Tabel 8** dan **Tabel 9** dilakukan sebagai bahan input untuk perencanaan tulangan.

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

| Frame                      | Komb. | Reaksi (kN) | Ket.  |
|----------------------------|-------|-------------|-------|
| 48                         | SLS2A | 1389,32     | Maks. |
| 74                         | SLS6  | 869,15      | 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 | 81        | 251,86  | 177,55    | ULS5  |
|             | 65        | -244,57 | -398,08   | ULS5  |
|             | 2         | 49,93   | 435,67    | ULS5  |
|             | 19        | -48,37  | -438,08   | ULS5  |

|                                                          |    |        |        |       |
|----------------------------------------------------------|----|--------|--------|-------|
| kantilever                                               | 11 | 64,17  | -91,36 | ULS2A |
|                                                          | 17 | -62,67 | -88,2  | ULS2A |
|                                                          | 76 | -19,97 | 8,18   | ULS5  |
|                                                          | 11 | 64,17  | -91,36 | ULS2A |
| ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$<br>ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |    |        |        |       |

**Tabel 9** Gaya Dalam Pelat Loading Platform

| Jenis Pelat                                                                     | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pelat tengah                                                                    | 16       | 27,82     | 7,9       | ULS5  |
|                                                                                 | 3        | -28,2     | -9,97     | ULS5  |
|                                                                                 | 40       | 9,03      | 25,66     | ULS5  |
|                                                                                 | 20       | -5,5      | -25,15    | ULS5  |
| Pelat tepi                                                                      | 4        | 22,23     | 4,59      | ULS7  |
|                                                                                 | 4        | -28,2     | -9,96     | ULS5  |
|                                                                                 | 21       | 9,02      | 25,61     | ULS5  |
|                                                                                 | 2        | -5,86     | -25,11    | ULS5  |
| Pelat sudut                                                                     | 22       | 2,43      | 1,35      | ULS2A |
|                                                                                 | 3        | -10,83    | -1,12     | ULS2A |
|                                                                                 | 3        | 0,13      | 1,58      | ULS5  |
|                                                                                 | 3        | -9,7      | -7,58     | ULS2A |
| ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$<br>ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$<br>ULS7: $0,9D + 1,0E$ |          |           |           |       |

### Analisa Struktur Breasting Dolphin

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

**Tabel 10** Nilai UCR Breasting Dolphin

| Frame Text           | UCR  | Kombinasi |
|----------------------|------|-----------|
| 44                   | 0,94 | ULS2B     |
| 46                   | 0,94 | ULS2B     |
| ULS2B: $1,2D + 1,6B$ |      |           |

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 11**, reaksi perletakkan 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 | 39   | SLS3  | U1   | 0,2        |
|             | 39   | SLS3  | U2   | 0,63       |
|             | 39   | SLS6  | U1   | 1,03       |

|                                                                                      |    |       |    |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----|------|
| Beban Sementara                                                                      | 39 | SLS2A | U2 | 5,65 |
| SLS3 : $1,0D + 0,6(W + C + M)$<br>SLS6 : $1,0D + 0,7E$<br>SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$ |    |       |    |      |

**Tabel 12** Reaksi Perletakan Breasting Dolphin

| Frame                      | Komb. | Reaksi (kN) | Ket.  |
|----------------------------|-------|-------------|-------|
| 45                         | ULS2A | 1455,73     | Maks. |
| 41                         | ULS2A | -602,34     | Min.  |
| SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$ |       |             |       |

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

| Jenis Pelat                                               | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|-----------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pile Cap                                                  | 38       | 306,59    | 75,24     | ULS5  |
|                                                           | 40       | -306,59   | -75,24    | ULS5  |
|                                                           | 40       | 158,3     | 1248,17   | ULS2A |
|                                                           | 38       | -158,3    | -1248,17  | ULS2A |
| ULS5 : $1,2D + 1,0E + 1,0L$<br>ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$ |          |           |           |       |

### Analisa Struktur Mooring Dolphin

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

**Tabel 14** Nilai UCR Mooring Dolphin

| Frame Text                 | UCR  | Kombinasi |
|----------------------------|------|-----------|
| 1                          | 0,95 | ULS5      |
| 3                          | 0,95 | ULS5      |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |      |           |

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

**Tabel 15** Defleksi Tiang Pancang Mooring Dolphin

| Beban                                                | Pile | Komb. | Arah | Defl. (cm) |
|------------------------------------------------------|------|-------|------|------------|
| Beban Tetap                                          | 18   | SLS3  | U1   | 1,24       |
|                                                      | 5    | SLS3  | U2   | 1,2        |
| Beban Sementara                                      | 5    | SLS6  | U1   | 6,77       |
|                                                      | 5    | SLS6  | U2   | 6,77       |
| SLS3: $1,0D + 0,6(W + C + M)$<br>SLS6: $1,0D + 0,7E$ |      |       |      |            |

**Tabel 16** Reaksi Perletakan Mooring Dolphin

| Frame | Komb. | Reaksi (kN) | Ket. |
|-------|-------|-------------|------|
|-------|-------|-------------|------|

|                     |        |      |       |
|---------------------|--------|------|-------|
| 4                   | 293,74 | SLS6 | Maks. |
| 4                   | -52,46 | SLS6 | Min.  |
| SLS6: $1,0D + 0,7E$ |        |      |       |

**Tabel 17** Gaya Dalam Pile Cap *Mooring Dolphin*

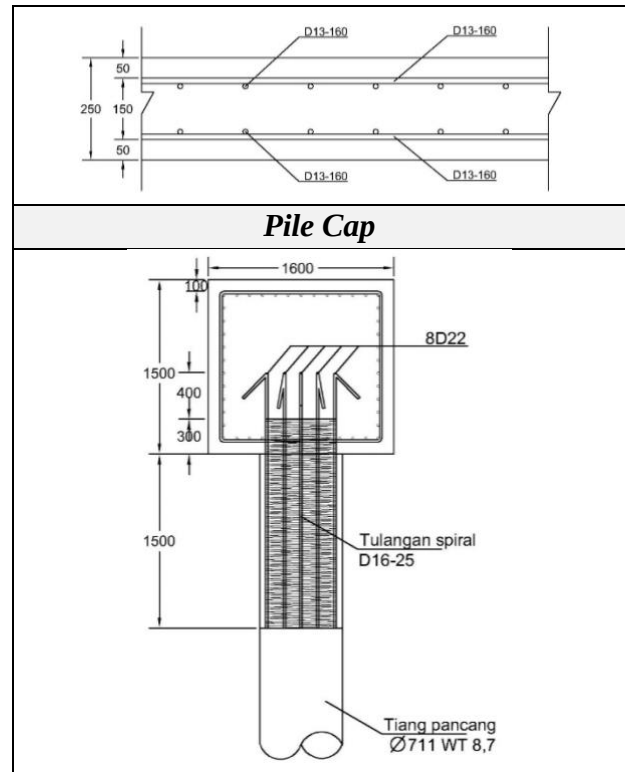
| Jenis Pelat                | No. Area | M11 (kNm) | M22 (kNm) | Komb. |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| Pile Cap                   | 18       | 203,92    | 61,62     | ULS5  |
|                            | 19       | -203,92   | -61,62    | ULS5  |
|                            | 18       | 68,25     | 189,47    | ULS5  |
|                            | 22       | -78,84    | -197,4    | ULS5  |
| ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ |          |           |           |       |

### Penulangan Komponen Struktural

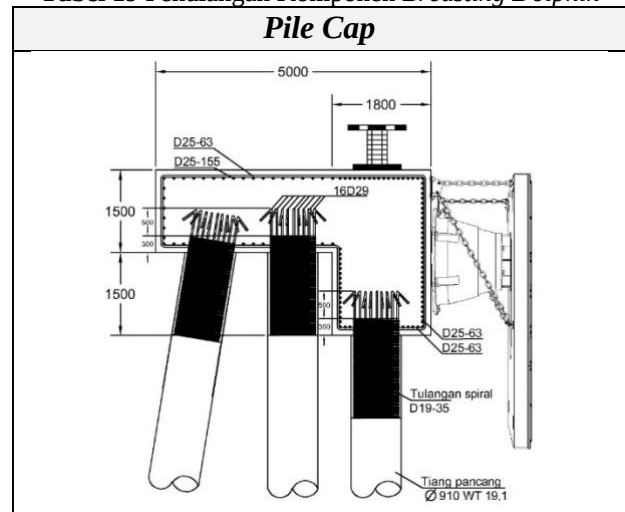
Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan komponen pada struktur *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 18**, penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 19**, dan penulangan komponen pada struktur *mooring dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 20**.

**Tabel 18** Penulangan Komponen *Loading Platform*

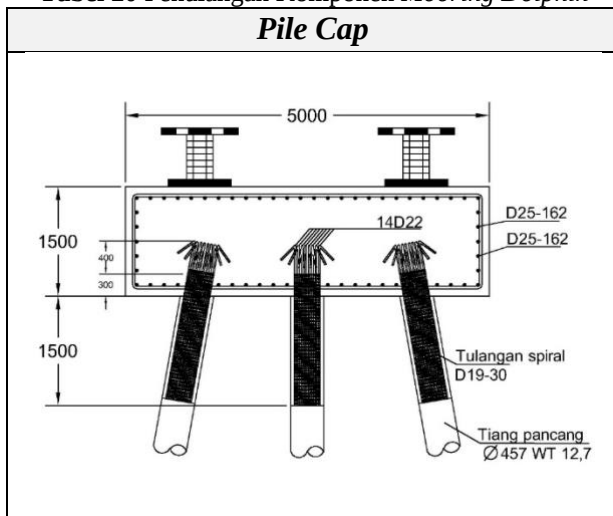
| Balok |
|-------|
|       |
| Pelat |
|       |



**Tabel 19** Penulangan Komponen *Breasting Dolphin*



**Tabel 20** Penulangan Komponen *Mooring 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 |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Loading platform                               | 26,5 meter            |
| Breasting dolphin                              | 22 meter              |
| Mooring dolphin                                | 14,5 meter            |
| Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut |                       |

### Volume Material Dermaga

Volume material dermaga yang meliputi beton, baja tulangan, dan tiang pancang ditunjukkan pada **Tabel 22** hingga **Tabel 24**.

**Tabel 22** Volume Material Beton

| Volume Total Beton (m3) | Komponen (m3) |        |               |
|-------------------------|---------------|--------|---------------|
|                         | Semen         | Pasir  | Agregat Kasar |
| 1219,027                | 230,01        | 391,01 | 598,01        |

**Tabel 23** Volume Material Baja Tulangan

| Ukuran Baja Tulangan | Panjang (m) |
|----------------------|-------------|
| D10                  | 1728        |
| D13                  | 7776        |
| D16                  | 1328        |
| D19                  | 15297       |
| D22                  | 3899        |

|     |       |
|-----|-------|
| D25 | 33512 |
| D29 | 5991  |

**Tabel 24** Volume Material Tiang Pancang

| Ukuran Tiang Pancang | Panjang (m) |
|----------------------|-------------|
| Ø711 WT8,7           | 616         |
| Ø910 WT19,1          | 4896        |
| Ø457 WT12,7          | 238,5       |

### Biaya Material Dermaga

Total biaya material dermaga yang meliputi beton (semen, pasir, agregat kasar), baja tulangan, dan tiang pancang sebesar Rp 21.044.808.001,13.

### KESIMPULAN

- Dermaga Batu Bara New BLC Kaliorang melayani kegiatan muat (*loading*) batu bara dengan kapal rencana 10.000 DWT hingga 12.000 DWT dengan tipe struktur dermaga yaitu dermaga *dolphin*, detail dan dimensi struktur dermaga dijelaskan sebagai berikut.
  - Satu struktur *loading platform* berukuran 18 m × 18 m
  - Dua belas struktur *breasting dolphin* berukuran 5 m × 5 m
  - Satu struktur *mooring dolphin* berukuran 5 m × 5 m
  - Elevasi lantai dermaga +4,0 meter dari LWS
  - Kedalaman dermaga -8,0 meter dari LWS
- Fasilitas struktur dermaga yang digunakan untuk menahan beban *berthing* dan *mooring* kapal, yaitu sebagai berikut.
  - Super Cone Fender* (SCN1300 E<sub>1.0</sub>)
    - Kapasitas 825 kN
    - Reaksi *fender* 1225 kN
  - Tee-bollard*
    - Kapasitas 15 ton
- Beban-beban yang paling berpengaruh untuk tiap struktur adalah sebagai berikut.

- *Loading platform*: beban gempa dan beban mati.
- *Breasting dolphin*: beban gempa dan beban *berthing*.
- *Mooring dolphin*: beban gempa dan beban *mooring*.

4. Detail elemen struktur *loading platform* adalah sebagai berikut.

- Tiang pancang
  - Material ASTM A252 Grade 2
  - Diameter 711 mm
  - Tebal 8,7 mm
- Balok Biasa
  - Dimensi 500 mm × 750 mm
  - Tulangan lentur atas 5D25
  - Tulangan lentur bawah 5D25
  - Tulangan Sengkang D10-300
- Balok Kantilever
  - Dimensi 500 mm × 750 mm
  - Tulangan lentur atas 5D19
  - Tulangan lentur bawah 5D19
  - Tulangan Sengkang D10-300
- Pelat Tengah
  - Tebal 250 mm
  - Tulangan lentur atas arah x D13-160
  - Tulangan lentur bawah arah x D13-160
  - Tulangan lentur atas arah y D13-160
  - Tulangan lentur bawah arah y D13-160
- Pelat Tepi
  - Tebal 250 mm
  - Tulangan lentur atas arah x D13-160
  - Tulangan lentur bawah arah x D13-160
  - Tulangan lentur atas arah y D13-160
  - Tulangan lentur bawah arah y D13-160
- Pelat Sudut

- Tebal 250 mm
- Tulangan lentur atas arah x D13-160
- Tulangan lentur bawah arah x D13-160
- Tulangan lentur atas arah y D13-160
- Tulangan lentur bawah arah y D13-160

g. *Pile Cap*

- Dimensi 1600 mm × 1600 mm × 1500 mm
- Tulangan lentur arah x D22-110
- Tulangan lentur arah y D22-110
- Tulangan dowel 8D22, perpanjangan 400 mm
- Tulangan spiral D16-25

5. Detail elemen struktur *breasting dolphin* adalah sebagai berikut.

- Tiang pancang
  - Material ASTM A252 Grade 2
  - Diameter 910 mm
  - Tebal 19,1 mm
- Pile Cap*
  - Dimensi 5000 mm × 5000 mm × 1500 mm
  - Tebal *plank fender* 3000 mm
  - Tulangan lentur arah x D25-155, D25-63 (*plank fender*)
  - Tulangan lentur arah y D25-63
  - Tulangan dowel 16D29, perpanjangan 500 mm
  - Tulangan spiral D19-35

6. Detail elemen struktur *breasting dolphin* adalah sebagai berikut.

- Tiang pancang
  - Material ASTM A252 Grade 2
  - Diameter 457 mm
  - Tebal 12,7 mm
- Pile Cap*
  - Dimensi 5000 mm × 5000 mm × 1500 mm
  - Tulangan lentur arah x D25-162

- Tulangan lentur arah y D25-162
  - Tulangan dowel 14D22
  - Tulangan spiral D19-30
7. Kedalaman pemancangan tiang pancang untuk masing-masing struktur adalah sebagai berikut.
- a. *Loading platform* dipancang hingga kedalaman 26,5 meter dari dasar laut.
  - b. *Breasting dolphin* dipancang hingga kedalaman 22 meter dari dasar laut.
  - c. *Breasting dolphin* dipancang hingga kedalaman 14,5 meter dari dasar laut.
8. Biaya material yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga yang meliputi beton, baja, dan tiang pancang seluruhnya sebesar Rp 21.044.808.001,13.

#### DAFTAR PUSTAKA

- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. 2002. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan. 3rd. Disunting oleh Y. Goda, T. Tabata, dan S Yamamoto. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Ajiwibowo, Harman. Diktat Kuliah Perancangan Struktur Dermaga. Bandung: Penerbit ITB.
- Das, Braja M. 2011. Principles of Foundation Engineering. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. Fentek Marine Fendering System. Rigmarine.
- Trelleborg Marine Systems. 2015. Bollard Application Design Manual. Marine Insights
- 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.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Adisyastuti, Sri Murti. Slide Mata Kuliah Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: BSN.
- . 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.
- . 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 78.
- . 2016. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28.