

# DESAIN DERMAGA BATUBARA PLTU CIREBON TIPE *DECK ON PILE* DENGAN BETON PRACETAK

Defza Huristu<sup>1</sup> dan Sri Murti Adiyastuti<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

<sup>1</sup>[defza.huristu@gmail.com](mailto:defza.huristu@gmail.com) dan <sup>2</sup>[murtia704@gmail.com](mailto:murtia704@gmail.com)

Kata kunci: *deck on pile*, beton pracetak, analisis konstruksi atas, *shear connector*, *lifting anchor*.

## PENDAHULUAN

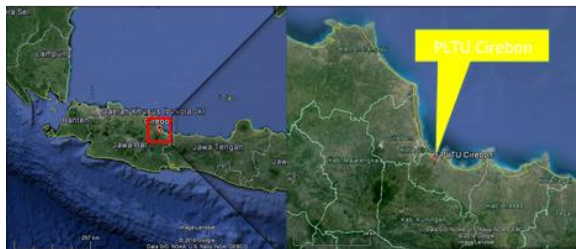
PLTU Cirebon yang dikelola oleh konsorsium internasional dibawah bendera Cirebon Electric Power direncanakan untuk memasok listik Pulau Jawa dan Bali sebesar 660 MW atau 4625 GW.hr/tahun. Untuk itu dibutuhkan 7240 ton batubara per hari atau 2,8 juta ton per tahun, sebagai sumber energi. Agar kebutuhan batubara ini terpenuhi, maka batubara akan dipasok dari pertambangan batubara yang berada di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Moda transportasi laut akan digunakan untuk mengangkut batu bara dari sumber ke lokasi tujuan. Oleh karena itu, agar tidak terjadi permasalahan dalam transportasi dan suplai batubara yang dibutuhkan oleh PLTU Cirebon ketika telah beroperasi nanti, maka diperlukan perencanaan dan desain fasilitas dermaga sebagai tempat bongkar (*unloading*) batubara.

Doosan Heavy Industries & Construction sebagai kontraktor memilih dermaga tipe *deck on pile* yang akan dibangun menjorok ke laut. Struktur atas dermaga terbuat dari material beton, maka pada saat proses konstruksi, pembetonan struktur atas dermaga yang dilakukan di tengah laut akan sulit dilakukan karena kondisi lingkungan yang cepat berubah. Dengan mempertimbangkan kemudahan dalam proses konstruksi, maka akan dipilih beton pracetak sebagai struktur atas dermaga. Beton pracetak merupakan beton yang dicetak dengan bentuk tertentu bukan di lokasi akhir tempat pemasangannya. Penggunaan metode beton pracetak ini memindahkan sebagian besar pekerjaan pembetonan yang dilakukan di laut menjadi di darat.

Analisis yang dilakukan adalah desain detail dermaga bongkar (*unloading*) batubara tipe

*deck on pile* serta analisis struktur atas dermaga menggunakan beton pracetak. Elemen struktur yang didesain menggunakan beton pracetak adalah pelat, balok dan *pile cap*.

PLTU Cirebon terletak di Desa Kanci, Kecamatan Astanajapura, Kabupaten Cirebon. Peta lokasi terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Peta Lokasi PLTU Cirebon (1)

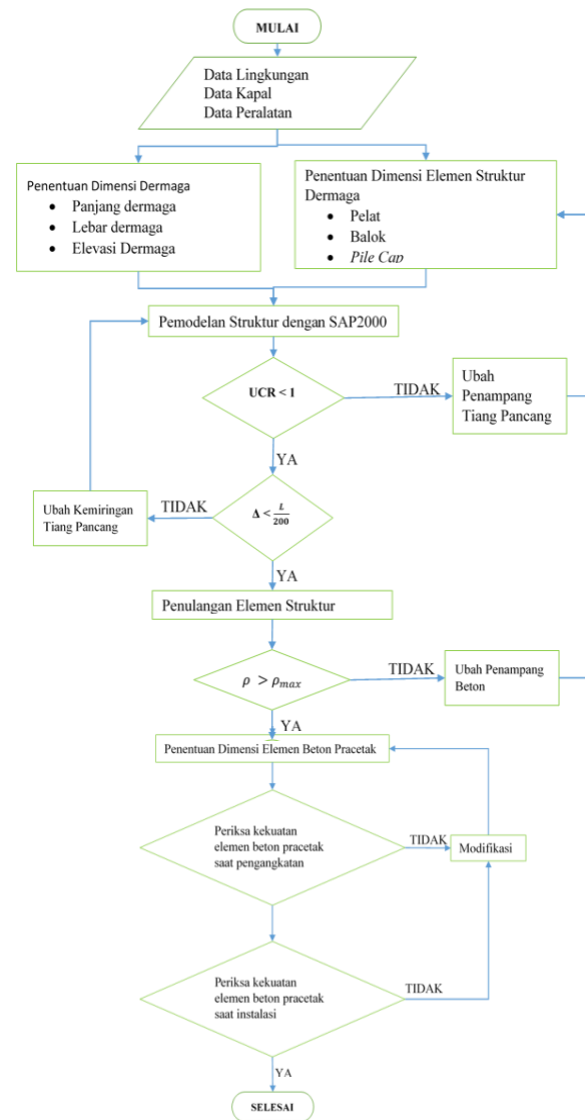
PLTU Cirebon terletak di sebelah tenggara dari Pelabuhan Cirebon dan Pelabuhan Ikan Cirebon, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Peta Lokasi PLTU Cirebon (2)

## METODOLOGI

Langkah pengerjaan dalam penyusunan tugas akhir ini digambarkan dalam *flowchart* seperti **Gambar 3**.



Gambar 3 Diagram Alir Desain Dermaga

Dermaga didesain untuk *barge* 13000 DWT dan 2 *grab bucket ship unloader*. Dermaga dirancang berjarak 2 km dari garis pantai pada elevasi -6,5 m dibawah LWS dengan tunggang pasang 1,03 m. Data lingkungan terdiri dari kecepatan angin 32,8 m/s, kecepatan arus rata –rata 0,4 m/s sejajar arah tambat kapal, tinggi gelombang desain 4,55 m dengan perioda 4,5 detik. Dari data yang

didapat dimensi dermaga yaitu panjang 160 m, lebar 20 m, dan elevasi dermaga + 4 m diatas LWS. Setelah itu tentukan asumsi dimensi awal elemen struktur dermaga yang terdiri dari pelat, balok, *pile cap*, dan tiang pancang. Kemudian lakukan perhitungan beban – beban yang diterima oleh dermaga. Berbagai beban ini kemudian dikelompokkan berdasarkan jenisnya menjadi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban *berthing*, beban *mooring*, beban akibat gempa, dan beban akibat gelombang dan arus. Beban-beban yang sudah dikelompokkan lalu disusun menjadi kombinasi pembebanan menurut ASCE/SEI 7-10 *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* (2010) untuk masing-masing *service load state* dan *ultimate load state*.

Data – data dimensi dan pembebanan akan menjadi *input* dalam permodelan struktur dermaga dengan menggunakan *software* SAP2000.

*Output* yang dihasilkan berupa dimensi optimal elemen struktur dermaga yang sanggup menerima beban. Selain itu juga diperoleh *unity check ratio* (UCR), *displacement*, dan gaya dalam elemen struktur. UCR dan *displacement* diperiksa sesuai dengan persyaratan. Gaya dalam elemen struktur digunakan untuk penulangan

elemen beton yang terdiri dari pelat, balok, dan *pile cap*. Setelah itu dilakukan penentuan dimensi elemen beton pracetak, lalu dianalisis kekuatan elemen beton pracetak saat kondisi pengangkatan dan instalasi.

## HASIL DAN ANALISIS

Setelah seluruh *input* dimasukkan, dilakukan *run analysis* menggunakan SAP2000 untuk masing – masing kombinasi pembebanan *serviceability limit state* (SLS) dan *ultimate limit state* (ULS). Dari kombinasi SLS (operasional) *output* yang ditinjau adalah pergeseran (*displacement*) struktur atas, dan dari kombinasi ULS (maksimum) *output* yang ditinjau adalah *unity check ratio* (UCR) dan gaya – gaya dalam elemen beton. Pergeseran terbesar yang terjadi pada struktur atas dermaga adalah 0,000282 m akibat beban sendiri dan beban hidup ketika *crane* berada di barat dan timur dermaga (COMB2.6), masih lebih kecil daripada lendutan maksimum yang diizinkan. Sehingga dapat disimpulkan penampang tiang pancang aman.

Pemeriksaan terhadap UCR hanya dilakukan terhadap material baja (tiang pancang). Nilai UCR maksimum sebesar 0,924045 terjadi akibat kombinasi pembebanan COMB2.4 yaitu beban sendiri dan beban hidup ketika 1 *crane* terletak di barat dermaga dan 1 *crane*

di tengah dermaga. Rentang UCR yang yang diperoleh adalah antara 0,43 – 0,92.

Hasil *output* gaya dalam berupa momen positif dan momen negatif serta gaya geser yang terjadi pada balok ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1 Momen Balok**

| Tipe Balok       | Gaya Geser (V2) |              | Momen (M3)     |                |
|------------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
|                  | Positif (kN)    | Negatif (kN) | Positif (kN.m) | Negatif (kN.m) |
| Balok Conveyor   | 50,364          | 50,39        | 64,14          | 78,94          |
| Balok Crane      | 1920,2          | 1920,45      | 1603,34        | 991,63         |
| Balok Kantilever | 19,514          | 53,83        | 25,75          | 66,74          |
| Balok Melintang  | 149,54          | 147,248      | 106,07         | 189,44         |
| Balok Memanjang  | 26,97           | 27           | 42,22          | 50,77          |

Nilai terbesar dihasilkan oleh beban kombinasi COMB2.1 yaitu karena kombinasi beban struktur sendiri (Dead Load) dengan beban hidup 1 (Live1) yang terdiri dari beban conveyor, beban manusia dan beban crane saat posisi kedua crane terletak di barat dermaga.

Hasil *output* gaya dalam berupa momen yang terjadi pada pelat ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2 Momen Pelat**

| Tipe Pelat | Momen Maksimum     |                      |
|------------|--------------------|----------------------|
|            | M11 (Arah Melebar) | M22 (Arah Memanjang) |
|            | [kN.m]             | [kN.m]               |
| Pelat 1    | +333,25            | +299                 |
|            | -121,8325          | -138,0945            |
| Pelat 2    | +133               | +158                 |
|            | -132,95            | -157,9435            |
| Pelat 3    | +327,85            | +457,35              |
|            | -147,0365          | -457,342             |
| Pelat 4    | +138,2             | +82                  |
|            | -75,0555           | -81,918              |

Nilai terbesar dihasilkan oleh beban kombinasi COMB2.1 yaitu karena kombinasi beban struktur sendiri (Dead Load) dengan beban hidup 1 (Live1) yang terdiri dari beban conveyor, beban manusia dan beban crane saat posisi kedua crane terletak di barat dermaga.

Reaksi perletakan pada arah sumbu 3 (F3) yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3 Reaksi Perletakan**

| Tipe       | Nilai (kN) | Output Case |
|------------|------------|-------------|
| Pile Cap 1 | 1226,4     | COMB2.6     |
| Pile Cap 2 | 1237,9     | COMB2.6     |
| Pile Cap 3 | 524,5      | COMB2.6     |

Nilai terbesar dihasilkan oleh beban kombinasi COMB2.6 yaitu karena kombinasi beban struktur sendiri (Dead Load) dengan beban hidup 1 (Live1) yang terdiri dari beban conveyor, beban manusia dan beban crane

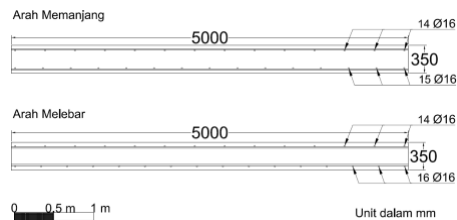
saat posisi *crane* terletak di barat dan timur dermaga.

Hasil desain tulangan pelat ditampilkan pada **Tabel 4.**

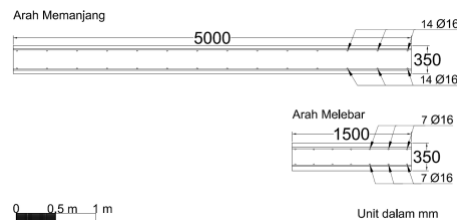
Tabel 4 Hasil Desain Tulangan Balok

| Parameter |                |          | Notasi | Jenis Pelat |         |         |         |
|-----------|----------------|----------|--------|-------------|---------|---------|---------|
|           |                |          |        | Pelat 1     | Pelat 2 | Pelat 3 | Pelat 4 |
| Penampang | Tebal          | d (mm)   |        | 350         | 350     | 350     | 350     |
|           | Panjang        | P (mm)   |        | 5000        | 5000    | 5000    | 1500    |
|           | Lebar          | L (mm)   |        | 5000        | 1500    | 2500    | 1500    |
| Memanjang | Tulangan Bawah | Diameter | D (mm) | 16          | 16      | 19      | 13      |
|           |                | Jumlah   | n      | 15          | 14      | 16      | 7       |
|           |                | Jarak    | s (mm) | 350         | 377     | 327     | 235     |
|           | Tulangan Atas  | Diameter | D (mm) | 16          | 16      | 19      | 13      |
|           |                | Jumlah   | n      | 14          | 14      | 16      | 7       |
|           |                | Jarak    | s (mm) | 377         | 377     | 327     | 235     |
| Melebar   | Tulangan Bawah | Diameter | D (mm) | 16          | 16      | 19      | 13      |
|           |                | Jumlah   | n      | 16          | 7       | 12      | 11      |
|           |                | Jarak    | s (mm) | 327         | 234     | 218     | 141     |
|           | Tulangan Atas  | Diameter | D (mm) | 16          | 16      | 19      | 13      |
|           |                | Jumlah   | n      | 14          | 7       | 5       | 7       |
|           |                | Jarak    | s (mm) | 377         | 234     | 600     | 235     |

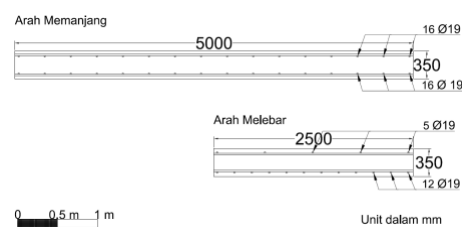
Gambar desain tulangan pelat ditampilkan pada **Gambar 4** hingga **Gambar 7.**



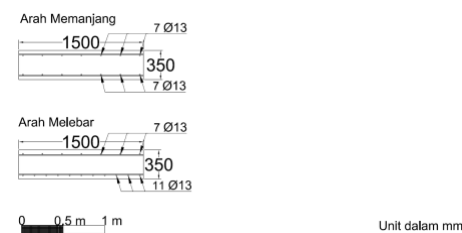
Gambar 4 Sketsa Desain Tulangan Pelat 1



Gambar 5 Sketsa Desain Tulangan Pelat 2



Gambar 6 Sketsa Desain Tulangan Pelat 3



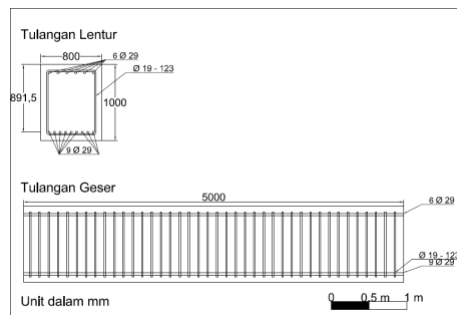
Gambar 7 Sketsa Desain Tulangan Pelat 4

Hasil desain tulangan balok dermaga  
ditampilkan pada **Tabel 5**.

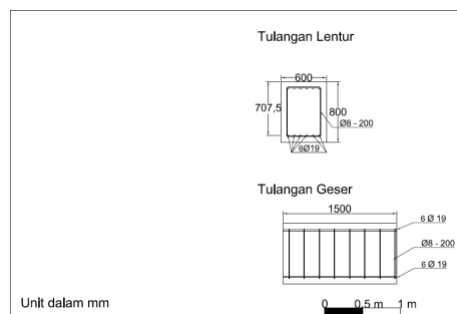
**Tabel 5 Hasil Desain Tulangan Balok**

| Jenis Tulangan    | Parameter     | Notasi  | Jenis Balok    |             |                  |                 |                 |
|-------------------|---------------|---------|----------------|-------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                   |               |         | Balok Conveyor | Balik Crane | Balok Kantilever | Balok Melintang | Balok Memanjang |
| Penampang         | Tinggi        | h (mm)  | 800            | 1000        | 800              | 800             | 800             |
|                   | Lebar         | b (mm)  | 600            | 800         | 600              | 600             | 600             |
|                   | Tebal selimut | d' (mm) | 92,5           | 108,5       | 92,5             | 92,5            | 92,5            |
| Tulangan Bawah    | Diameter      | D (mm)  | 19             | 29          | 19               | 19              | 19              |
|                   | Jumlah        | n       | 6              | 9           | 6                | 6               | 6               |
|                   | Jarak         | s (mm)  | 75             | 65          | 75               | 75              | 75              |
| Tulangan Atas     | Diameter      | D (mm)  | 19             | 29          | 19               | 19              | 16              |
|                   | Jumlah        | n       | 6              | 6           | 6                | 6               | 8               |
|                   | Jarak         | s (mm)  | 78             | 103         | 78               | 75              | 70              |
| Tulangan Sengkang | Tebal selimut | d' (mm) | 75             | 75          | 75               | 75              | 75              |
|                   | Diameter      | D (mm)  | 8              | 19          | 8                | 8               | 8               |
|                   | Jarak         | s (mm)  | 200            | 123         | 200              | 200             | 200             |

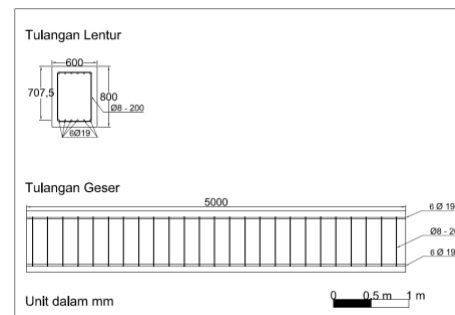
Sketsa desain tulangan balok ditampilkan  
pada **Gambar 9** hingga **Gambar 11**.



**Gambar 4 Sketsa Desain Tulangan Balok Crane**



**Gambar 5 Sketsa Desain Tulangan Balok Kantilever**



**Gambar 6 Sketsa Desain Tulangan Balok Conveyor, Balok Memanjang dan Balok Melintang**

Pada **Tabel 6** ditampilkan hasil pengecekan  
*punching shear* untuk *pile cap*.

**Tabel 6 Pengecekan Punching Shear Pile Cap**

| Parameter           | Notasi          | Pile Cap |        |        |
|---------------------|-----------------|----------|--------|--------|
|                     |                 | Tipe 1   | Tipe 2 | Tipe 3 |
| Tebal               | d (mm)          | 2000     | 2000   | 1500   |
| Panjang             | P (mm)          | 2500     | 3000   | 1500   |
| Lebar               | L (mm)          | 1500     | 1500   | 1500   |
| Gaya Geser Ultimate | Vu (kN)         | 1226     | 1238   | 524,5  |
| Kuat Geser Beton    | $\phi V_c$ (kN) | 9128     | 11410  | 6751   |

Pada tugas akhir ini tidak diperhitungkan tulangan yang akan digunakan, tulangan yang digunakan pada *pile cap* berupa tulangan hasil terusan dari balok yang menumpu pada *pile cap*.

Dimensi elemen pracetak didesain agar tidak mengalami kegagalan saat proses pengangkatan dan instalasi saat pengecoran sehingga menjadi struktur yang monolit. Jarak tumpuan minimum tidak boleh kurang dari 50 mm untuk pelat dan 75 mm untuk balok. Untuk tugas akhir ini dipilih jarak tumpuan untuk pelat adalah 75 mm dan untuk balok adalah 150 mm. Berdasarkan ketentuan dan ilustrasi diatas diperoleh dimensi beton pracetak seperti yang ditampilkan **Tabel 7**.

**Tabel 7 Dimensi Elemen Pracetak**

| Elemen Pracetak       | Dimensi (mm) |       |       |
|-----------------------|--------------|-------|-------|
|                       | Panjang      | Tebal | Lebar |
| Balok Memanjang       | 3800         | 450   | 600   |
| Balok Melintang       | 3800         | 450   | 600   |
| Balok <i>Crane</i>    | 3800         | 650   | 800   |
| Balok <i>Conveyor</i> | 3800         | 450   | 600   |
| Balok Kantilever      | 900          | 450   | 600   |
| Pelat 1               | 4550         | 200   | 4450  |
| Pelat 2               | 4550         | 200   | 1275  |
| Pelat 3a              | 4550         | 200   | 1950  |
| Pelat 3b              | 4550         | 200   | 2050  |
| Pelat 4               | 1275         | 200   | 1275  |

Kebutuhan tulangan saat pengangkatan balok pracetak ditampilkan pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.

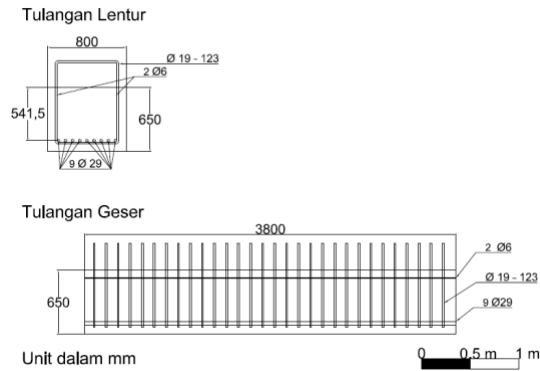
**Tabel 8 Hasil Analisis Pengangkatan Balok Pracetak**

| Jenis Tulangan | Parameter      | Notasi           | Jenis Balok           |                    |                  |                 |                 |
|----------------|----------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                |                |                  | Balok <i>Conveyor</i> | Balik <i>Crane</i> | Balok Kantilever | Balok Melintang | Balok Memanjang |
| Tulangan Bawah | Beban          | $q_u$ (kN/m)     | 60                    | 84,76              | 34,86            | 53,07           | 97,4            |
|                | Diameter       | D (mm)           | 19                    | 29                 | 19               | 19              | 19              |
|                | Jumlah         | n                | 6                     | 9                  | 6                | 6               | 6               |
|                | Momen Ultimate | $M_u+$ (kNm)     | 106,1                 | 150                | 3,46             | 93,94           | 172,4           |
|                | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 194,4                 | 981,2              | 184,5            | 184,5           | 194,4           |

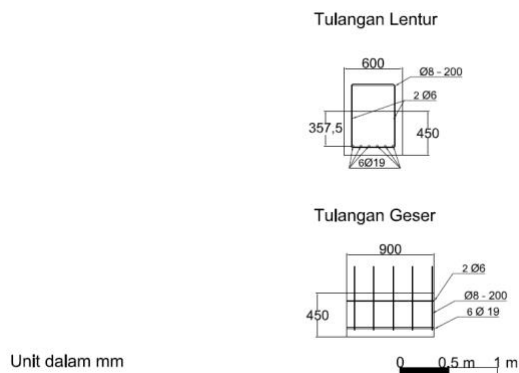
**Tabel 9 Hasil Analisis Pengecoran Balok Pracetak**

| Jenis Tulangan         | Parameter      | Notasi           | Jenis Balok           |                    |                  |                 |                 |
|------------------------|----------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                        |                |                  | Balok <i>Conveyor</i> | Balik <i>Crane</i> | Balok Kantilever | Balok Melintang | Balok Memanjang |
| Tulangan Bawah         | Beban          | $q_u$ (kN/m)     | 8,897                 | 17,13              | 8,897            | 8,897           | 8,897           |
|                        | Diameter       | D (mm)           | 19                    | 29                 | 19               | 19              | 19              |
|                        | Jumlah         | n                | 6                     | 9                  | 6                | 6               | 6               |
|                        | Momen Ultimate | $M_u+$ (kNm)     | 3,212                 | 6,185              | 3,212            | 3,212           | 3,212           |
|                        | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 194,4                 | 981,2              | 194,4            | 194,4           | 194,4           |
| Tulangan Atas Pracetak | Diameter       | D (mm)           | 6                     | 6                  | 6                | 6               | 6               |
|                        | Jumlah         | n                | 2                     | 2                  | 2                | 2               | 2               |
|                        | Momen Ultimate | $M_u-$ (kNm)     | 2,569                 | 4,489              | 2,569            | 2,569           | 2,569           |
|                        | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 6,86                  | 10,4               | 6,86             | 6,86            | 6,86            |

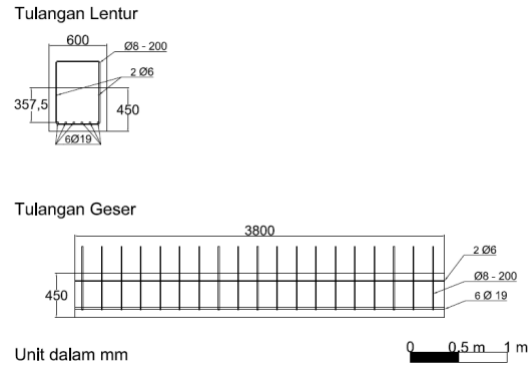
Sketsa tulangan balok pracetak terlihat pada **Gambar 13** sampai **Gambar 15**.



Gambar 7 Sketsa Desain Tulangan Balok Crane Pracetak



Gambar 8 Sketsa Desain Tulangan Balok Kantilever Pracetak



Gambar 9 Sketsa Desain Tulangan Balok Conveyor Pracetak, Balok Memanjang Pracetak dan Balok Melintang Pracetak

Kebutuhan tulangan saat pengangkatan dan pengecoran pelat pracetak ditampilkan pada **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

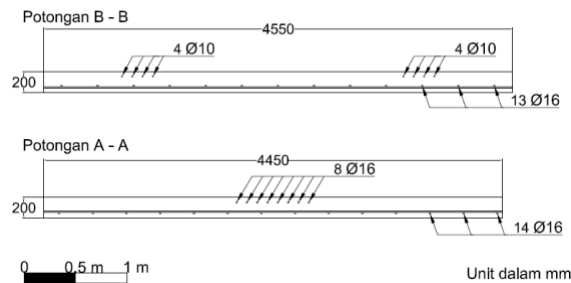
Tabel 10 Hasil Analisis Pengangkatan Pelat Pracetak

| Parameter |                        |                | Notasi           | Jenis Pelat |         |          |          |         |
|-----------|------------------------|----------------|------------------|-------------|---------|----------|----------|---------|
|           |                        |                |                  | Pelat 1     | Pelat 2 | Pelat 3a | Pelat 3b | Pelat 4 |
| Memanjang | Tulangan Bawah         | Beban          | $q_u$ (kN/m)     | 29,33       | 8,402   | 12,85    | 13,51    | 8,4     |
|           |                        | Diameter       | D (mm)           | 16          | 16      | 19       | 19       | 13      |
|           |                        | Jumlah         | n                | 15          | 14      | 16       | 16       | 7       |
|           |                        | Momen Ultimate | $M_{u+}$ (kNm)   | 15,18       | 4,35    | 6,65     | 6,992    | 0,34    |
|           |                        | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 158,8       | 137,2   | 219,7    | 221      | 48,81   |
|           | Tulangan Atas Pracetak | Diameter       | D (mm)           | 10          | 6       | 6        | 6        | 6       |
|           |                        | Jumlah         | n                | 4           | 4       | 4        | 4        | 1       |
|           |                        | Momen Ultimate | $M_{u-}$ (kNm)   | 12,14       | 3,45    | 5,321    | 5,6      | 0,273   |
| Melebar   | Tulangan Atas Pracetak | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 17,03       | 6,136   | 6,136    | 6,136    | 1,537   |
|           |                        | Beban          | $q_u$ (kN/m)     | 29,98       | 29,98   | 29,98    | 29,98    | 8,402   |
|           |                        | Diameter       | D (mm)           | 16          | 6       | 10       | 10       | 6       |
|           |                        | Jumlah         | n                | 8           | 4       | 4        | 4        | 2       |
|           |                        | Momen Ultimate | $M_{u-}$ (kNm)   | 74,22       | 6,093   | 14,25    | 15,75    | 1,707   |
|           |                        | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 86,04       | 6,145   | 17,03    | 17,03    | 3,07    |

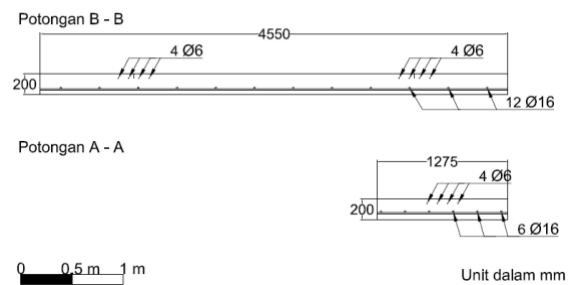
Tabel 11 Hasil Analisis Pengecoran Pelat Pracetak

| Parameter |                |                | Notasi           | Jenis Pelat |         |          |          |         |
|-----------|----------------|----------------|------------------|-------------|---------|----------|----------|---------|
|           |                |                |                  | Pelat 1     | Pelat 2 | Pelat 3a | Pelat 3b | Pelat 4 |
| Memanjang | Tulangan Bawah | Beban          | $q_u$ (kN/m)     | 54,2        | 14,09   | 23,75    | 23,75    | 15,53   |
|           |                | Diameter       | D (mm)           | 16          | 16      | 19       | 19       | 13      |
|           |                | Jumlah         | n                | 15          | 14      | 16       | 16       | 7       |
|           |                | Momen Ultimate | $M_{u+}$ (kNm)   | 54,73       | 3,1     | 9,742    | 9,742    | 1,1     |
|           |                | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 158,8       | 137,2   | 219,7    | 219,7    | 48,8    |
| Melebar   | Tulangan Bawah | Diameter       | D (mm)           | 16          | 16      | 19       | 19       | 13      |
|           |                | Jumlah         | n                | 16          | 7       | 12       | 12       | 11      |
|           |                | Momen Ultimate | $M_{u+}$ (kNm)   | 47,37       | 0,62    | 2,923    | 2,923    | 1,1     |
|           |                | Momen Nominal  | $\phi M_n$ (kNm) | 169,2       | 75,45   | 178,6    | 178,6    | 75,14   |

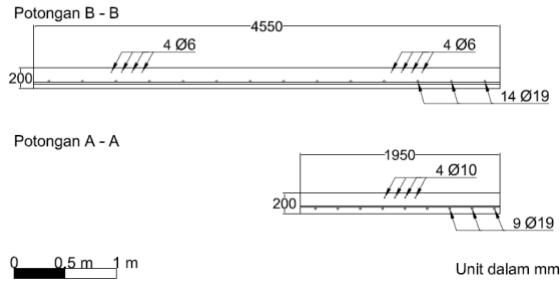
Sketsa desain tulangan pelat pracetak ditampilkan pada **Gambar 15** hingga **Gambar 19**.



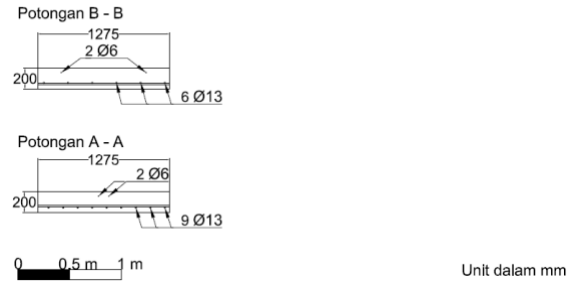
Gambar 10 Sketsa Desain Tulangan Pelat 1 Pracetak



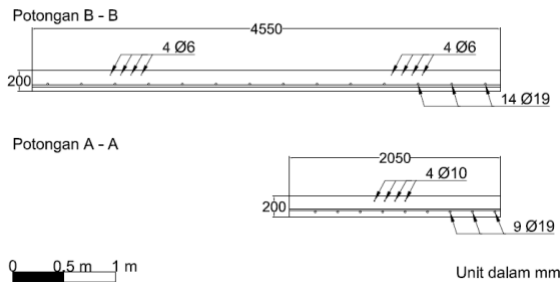
Gambar 11 Sketsa Desain Tulangan Pelat 2 Pracetak



Gambar 12 Sketsa Desain Tulangan Pelat 3a Pracetak



Gambar 14 Sketsa Desain Tulangan Pelat 4 Pracetak



Gambar 13 Sketsa Desain Tulangan Pelat 3b Pracetak

*Shear connector* atau penghubung geser digunakan untuk menahan geser yang terjadi antara bidang pertemuan pelat pracetak bagian atas dengan bagian pelat yang di cor di tempat seperti pada **Tabel 12**.

Tabel 12 Kebutuhan Tulangan untuk *Shear Connector* pada Pelat

| Parameter               |                                   | Notasi        | Jenis Pelat |         |          |          |         |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|---------|----------|----------|---------|
|                         |                                   |               | Pelat 1     | Pelat 2 | Pelat 3a | Pelat 3b | Pelat 4 |
| Diameter Paku           |                                   | D (mm)        | 22          | 16      | 19       | 19       | 16      |
| Kuat Geser Nominal Paku |                                   | Qn (kN)       | 172         | 90,98   | 128,3    | 128,3    | 90,98   |
| Memanjang               | Gaya Geser Horizontal             | Vc (kN)       | 21,55       | 55,2    | 26,15    | 26,15    | 48,9    |
|                         | Tegangan Geser Per Satuan Panjang | $\tau$ (kN/m) | 369,4       | 946,3   | 448,3    | 448,3    | 838,3   |
|                         | Jarak <i>Shear Connector</i>      | s (mm)        | 466         | 96      | 286      | 286      | 109     |
|                         | Jumlah <i>Shear Connector</i>     | n             | 10          | 48      | 16       | 16       | 12      |
| Melebar                 | Gaya Geser Horizontal             | Vc (kN)       | 58,3        | 59,7    | 258,75   | 258,75   | 54,6    |
|                         | Tegangan Geser Per Satuan Panjang | $\tau$ (kN/m) | 999,4       | 393,6   | 1706     | 1706     | 1285    |
|                         | Jarak <i>Shear Connector</i>      | s (mm)        | 172         | 231     | 75       | 75       | 71      |
|                         | Jumlah <i>Shear Connector</i>     | n             | 27          | 6       | 26       | 28       | 18      |

*Lifting anchor* merupakan tulangan baja yang ditanam pada elemen pracetak yang berfungsi menjadi tempat pengangkatan.

Tulangan angkat ini harus dianalisis kekuatannya saat pengangkatan serta kedalaman tulangan yang harus ditanam

Tabel 13 Kebutuhan Tulangan untuk *Lifting Anchor* pada Balok

| Parameter      | Notasi   | Jenis Balok    |             |                  |                 |                 |
|----------------|----------|----------------|-------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                |          | Balok Conveyor | Balik Crane | Balok Kantilever | Balok Melintang | Balok Memanjang |
| Jumlah Paku    | n        | 2              | 2           | 2                | 2               | 2               |
| Beban          | W (kN)   | 24,15          | 46,51       | 5,72             | 24,15           | 24,15           |
| Gaya Tarik     | Nn (kN)  | 12,07          | 23,25       | 2,86             | 12,07           | 12,07           |
| Diameter Paku  | Dsa (mm) | 6              | 6           | 6                | 6               | 6               |
| Kedalaman Paku | hb (mm)  | 201            | 311         | 77               | 201             | 201             |

Tabel 14 Kebutuhan Tulangan untuk *Lifting Anchor* pada Pelat

| Parameter      | Notasi   | Jenis Pelat |         |          |          |         |
|----------------|----------|-------------|---------|----------|----------|---------|
|                |          | Pelat 1     | Pelat 2 | Pelat 3a | Pelat 3b | Pelat 4 |
| Jumlah Paku    | n        | 2           | 2       | 2        | 2        | 2       |
| Beban          | W (kN)   | 95,31       | 27,31   | 41,76    | 43,91    | 7,652   |
| Gaya Tarik     | Nn (kN)  | 47,65       | 13,65   | 20,88    | 21,95    | 3,826   |
| Diameter Paku  | Dsa (mm) | 10          | 6       | 6        | 6        | 6       |
| Kedalaman Paku | hb (mm)  | 502         | 218     | 290      | 299      | 93      |

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah:

- Pada saat pengangkatan elemen beton pracetak, terjadi momen positif dan momen negatif. Diperlukan pengecekan tulangan lentur bawah yang telah terpasang terhadap momen positif yang terjadi, serta diperlukan tulangan minimum pada bagian atas beton pracetak.
- Pada saat instalasi, hanya terjadi momen positif, sehingga hanya diperlukan pengecekan tulangan lentur bawah yang telah terpasang terhadap momen positif yang terjadi.
- Agar beton pracetak menjadi struktur yang monolit dengan beton cor insitu,

diperlukan suatu sistem sambungan.

Pada balok, tulangan geser berfungsi sebagai sambungan tersebut, sedangkan pada pelat dibutuhkan tambahan penghubung geser (*shear connector*).

Dalam mendesain dermaga dengan menggunakan beton pracetak sebaiknya memperhitungkan jarak antar tiang pancang sehingga biaya konstruksi antara struktur bagian atas (*upper structure*) sebanding dengan biaya tiang pancang. Selain itu dimensi balok dan pelat seragam sehingga dalam produksi elemen pracetak makin banyak pekerjaan yang berulang yang dilakukan dan lebih ekonomis.

Untuk analisis lebih lanjut harus diperhitungkan sistem sambungan pada

elemen pracetak sehingga tidak terjadi kegalangan ketika konstruksi berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

Alam, Arham. 2016. *Desain Struktur Dermaga Offshore Supply Base di Kariangau, Kalimantan Timur*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.

British Standard. 2000. *Design of Quay Walls, Jetties, and Dolphins*. British Standard Institute: England.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Yayasan Lembaga Penyelidikan masalah bangunan

Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2002. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional: Bandung.

Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2003. SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.

Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2002. SNI-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.

Inayatillah, Addina. 2015. *Analisis Konstruksi Struktur Atas Dermaga Peti Kemas Tipe Deck on Pile dengan Beton Pracetak*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.

McCormac, Jack C. dan Nelson, James K. 2006. *Design of Reinforced Concrete 7th edition*. John Wiley & Sons: Amerika Serikat.

The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Jepang.

Thoresen, Carl.A. 2003. *Port Designer's Handbook*. Thomas Telford Publishing: Australia.