

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA TIPE *DOLPHIN* DAN ANALISIS KONSTRUKSI DENGAN BETON PRACETAK UNTUK TERMINAL CURAH CAIR PELABUHAN CPO KABIL, BATAM

Dinda Nurianti¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132

¹ nuriantidinda@gmail.com dan ² rildova@ocean.itb.ac.id

Kata Kunci: Dermaga, Dolphin, Struktur, Beton Pracetak.

ABSTRAK

Indonesia merupakan produsen dan eksportir minyak sawit terbesar dunia. Hampir 70% perkebunan kelapa sawit berada di Sumatera, Riau dan Kepulauan Riau. Pulau Batam memiliki lokasi strategis yang berbatasan dengan Singapura, Malaysia dan jalur pelayaran selat Singapura yang ramai memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan fasilitas terminal curah cair Pelabuhan CPO Kabil agar menjadi pintu gerbang arus barang skala nasional. Dengan menggunakan metoda konstruksi beton pracetak yakni produksi elemen beton di tempat lain, yang akan mempermudah proses konstruksi dan menjamin kualitas produksi beton.

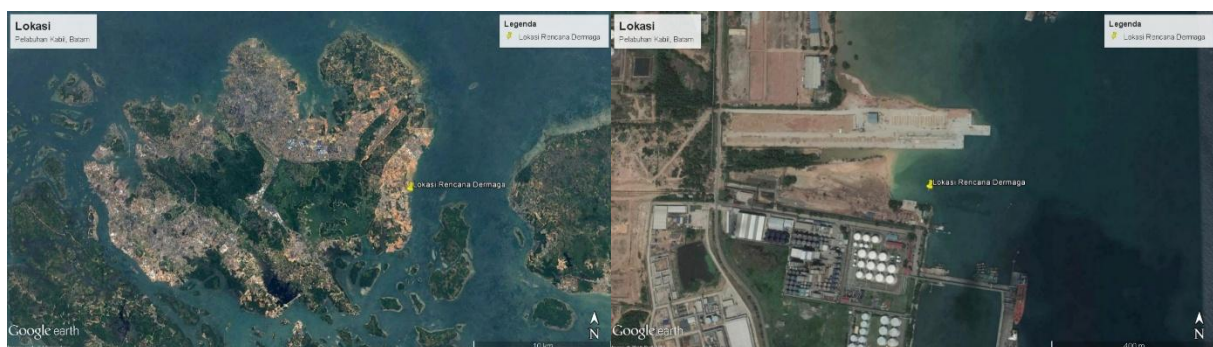
Perencanaan dermaga dilakukan berdasar data lingkungan, operasional dan kriteria lainnya. Pengolahan data lingkungan untuk beban struktur pada Tugas Akhir ini meliputi analisis ekstrim angin, hindcasting, transformasi dan analisis ekstrim gelombang. Struktur yang direncanakan dalam Tugas Akhir ini meliputi *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *trestle*, dan *catwalk*. Dilakukan penentuan dimensi elemen struktur awal yang meliputi pelat, balok, pile cap, dan tiang pancang.

Analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan kode standar AISC 360-16. Dilakukan pengulangan(iterasi) pada model hingga output unity check ratio dan defleksi memenuhi kriteria yang disyaratkan. Keluaran analisis struktur lainnya yakni gaya dalam dan reaksi perletakan digunakan untuk desain penulangan elemen beton yang meliputi penulangan lentur, geser, dowel dan spiral pada pelat balok, pile cap dan pile plug.

Selanjutnya dilakukan desain elemen beton pracetak meliputi pelat, balok dan pile cap yang mana elemen memiliki dimensi sama dan jumlah produksi banyak. Analisis yang dilakukan adalah saat kondisi pengangkatan/*lifting*, pengecoran/instalasi dan analisis tumpuan. Analisis meliputi pemeriksaan kekuatan beton pracetak terhadap kondisi tersebut, apabila tidak memenuhi, dilakukan perencanaan tulangan tambahan pada elemen beton pracetak seperti tulangan atas, *lifting loops*, dan *shear connector*.

PENDAHULUAN

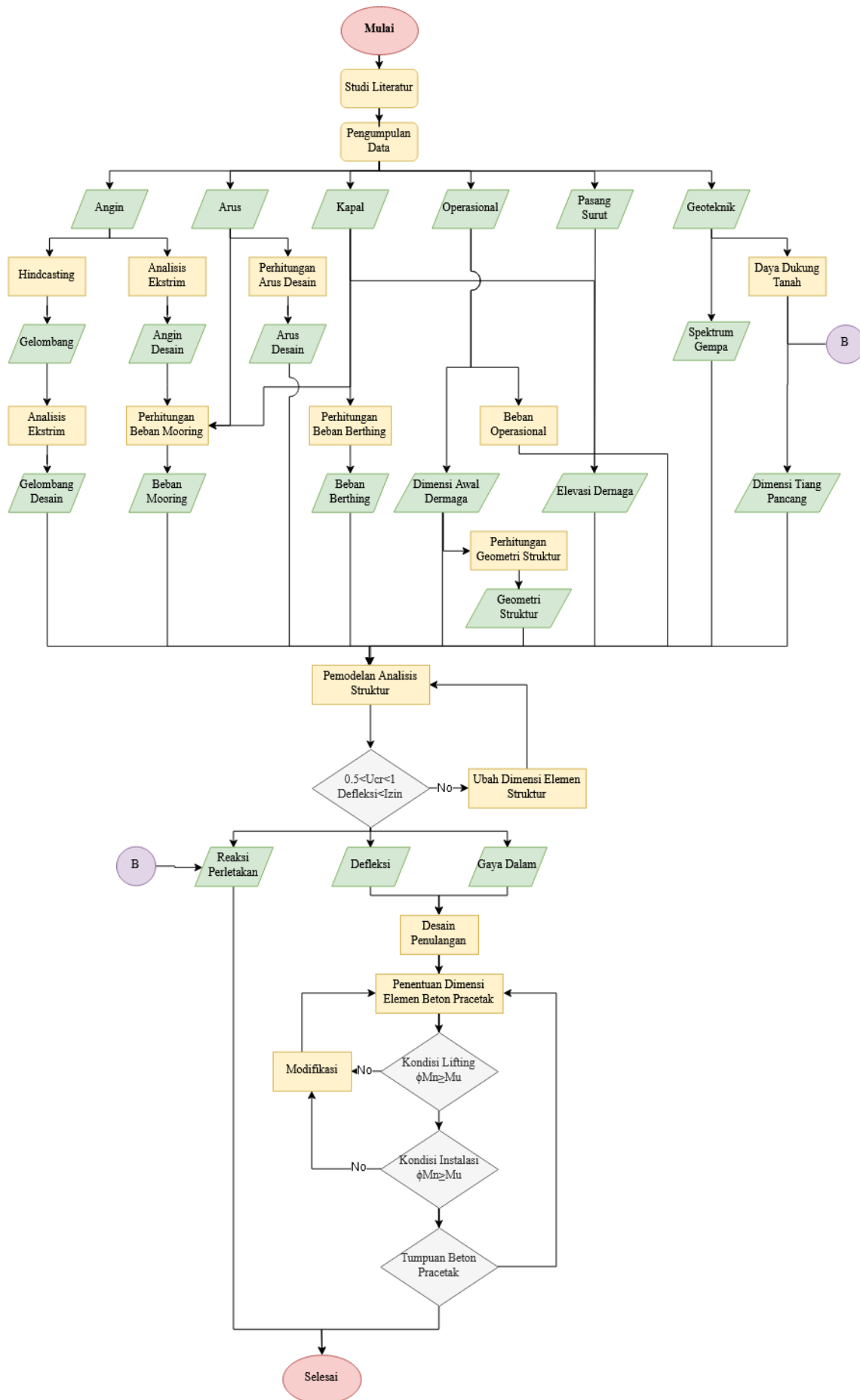
Minyak sawit adalah salah satu minyak yang paling banyak dikonsumsi dan diproduksi di dunia. Minyak yang murah, mudah diproduksi dan sangat stabil ini digunakan untuk berbagai variasi makanan, kosmetik, produk kebersihan, dan juga bisa digunakan sebagai sumber biofuel atau biodiesel. Hampir 70% perkebunan kelapa sawit berada di Sumatera, Riau dan Kepulauan Riau. Pulau Batam memiliki lokasi strategis yang berbatasan dengan Singapura, Malaysia dan jalur pelayaran selat Singapura yang ramai memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan fasilitas terminal curah cair Pelabuhan CPO Kabil agar menjadi pintu gerbang arus barang skala nasional. Dengan menggunakan metoda konstruksi beton pracetak yakni produksi elemen beton di tempat lain, yang akan mempermudah proses konstruksi dan menjamin kualitas produksi beton. Pelabuhan CPO Kabil berada di bagian timur Pulau Batam seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Pelabuhan CPO Kabil Batam

METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bagan alir pada Gambar 2.

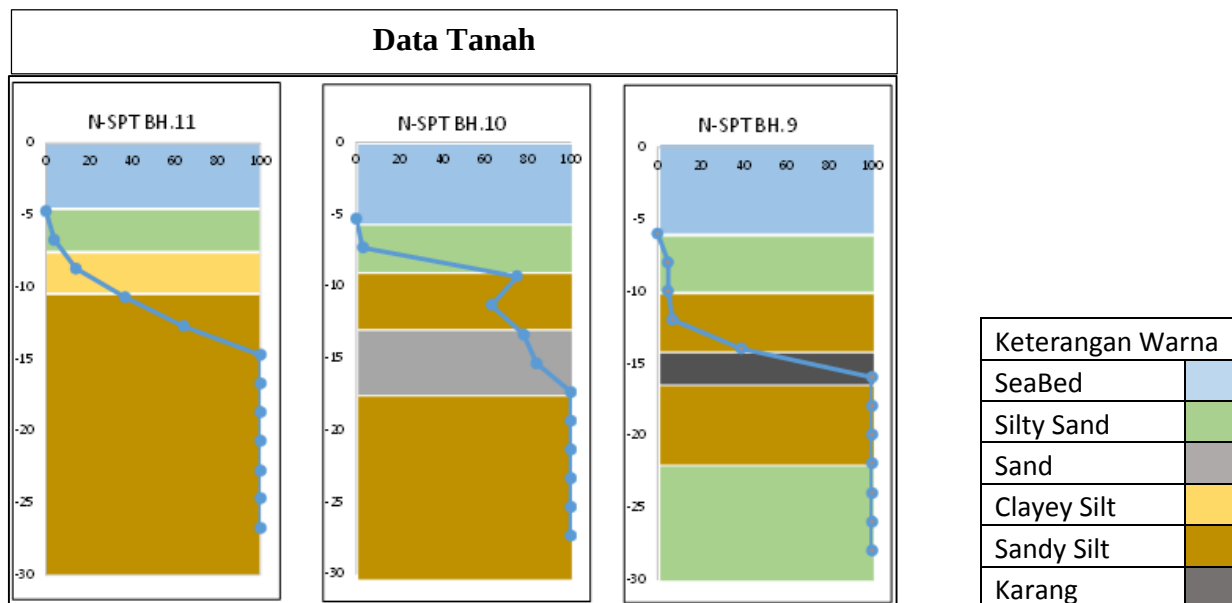


Gambar 2 Metodologi Tugas Akhir

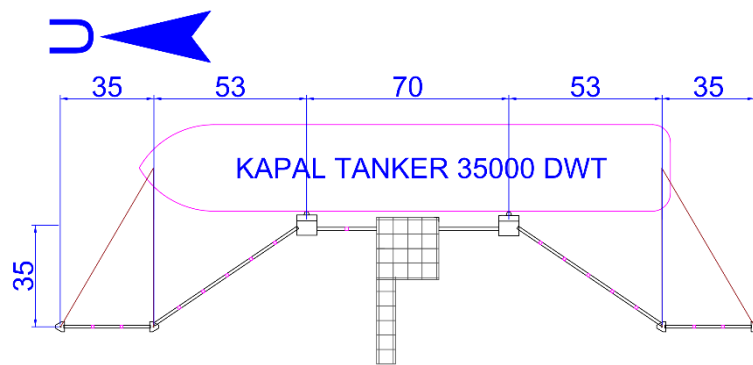
Data yang digunakan sebagai parameter perencanaan struktur adalah data pasang surut, angin, arus, tanah, karakteristik kapal, peralatan operasional dermaga yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Desain Struktur Dermaga

Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	LWS	0	m
	HWS (acuan LWS)	3.15	m
	Tunggang pasang	3.15	m
Angin	Kecepatan desain (50 tahun)	20.72	m/s
Gelombang	Tinggi gelombang desain (50 tahun)	0.87	m
	Periode	7.28	s
Arus	Kecepatan maksimum	0.22	m/s
Kapal	<i>DWT (max)</i>	35000	
	<i>LoA (max)</i>	178.87	m
	<i>Draft (max)</i>	11	m
	<i>Beam (max)</i>	29,78	m



Batimetri pada lokasi rencana dermaga menurut PT. Jaya Multi Karya memiliki kedalaman 0 hingga 13 m dari LWS. Berdasar data lingkungan, didapat layout rencana dermaga seperti Gambar 3. Beban operasional yang akan bekerja pada struktur dermaga seperti pada Tabel 2.



Gambar 3 Layout dermaga rencana

Tabel 2 Beban Peralatan dan Operasional Dermaga

Struktur	<i>Loading Platform</i>	<i>Breasting Dolphin</i>	<i>Mooring Dolphin</i>	<i>Trestle</i>	<i>Catwalk</i>
Beban	Sistem perpipaan dan CPO	Sistem <i>fender</i>	<i>Bollard</i>	Sistem perpipaan LNG	Manusia
	Hidup tipikal	<i>Berthing</i>	Tambat	Hidup tipikal	Hand rail
	<i>Loading arm</i>	Manusia	Manusia		
	<i>Bollard</i>				
	Tambat				

HASIL DAN ANALISIS

Dermaga direncanakan terdiri dari 4 struktur yaitu *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *trestle* dan *catwalk*. *Loading platform* berukuran $(21.5 \times 21.5) \text{ m}^2$, *Breasting dolphin* berukuran $(7 \times 7) \text{ m}^2$, *mooring dolphin* berbentuk segitiga berukuran $(3.15 \times 3.5) \text{ m}^2$, dan *trestle* direncanakan memiliki lebar 6.5 m sepanjang 300 m yang dibagi menjadi 10 modul berukuran 30 meter. Elevasi dermaga direncanakan sebesar 4,1 m di atas LWS.

Kombinasi beban pada pemodelan dermaga mengacu pada *ASCE 7-10*. Pada tiang pancang, analisis menggunakan *AISC 360-16*, proses iterasi dilakukan ketika nilai *UCR* dan defleksi tidak memenuhi kriteria, yaitu dengan mengubah dimensi tiang pancang. Hasil analisis *UCR* pada struktur pada Tabel

3

Tabel 3 Hasil UCR dan Case setiap Platform

<i>Platform</i>	Penampang	UCR	Case
<i>Loading platform</i>	OD558 WT11.1	0.76	U2.1
<i>Breasting dolphin</i>	OD965 WT14.3	0.92	U2.1
	OD014 WT12.7	0.77	U2.1
<i>Mooring dolphin</i>	OD558 WT12.7	0.54	U4B.4
<i>Trestle</i>	OD508 WT10.3	0.74	U2.1
<i>Catwalk</i>	OD457 WT7.1	0.58	U1.1

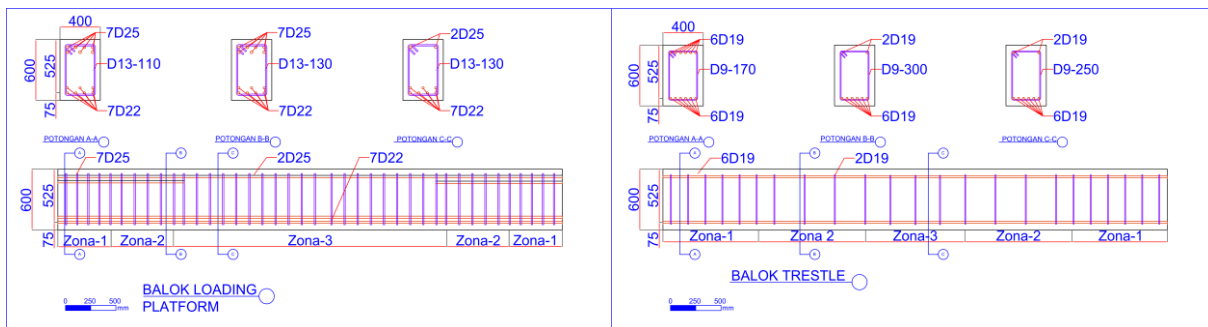
Pada elemen beton, dilakukan penulangan struktur dengan SNI agar kegagalan tarik. Pada tiang pancang juga dilakukan penulangan pile plug dengan bantuan perangkat lunak spColumn. Hasil penulangan disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Hasil penulangan diilustrasikan pada Gambar 4 hingga Gambar 15.

Tabel 4 Penulangan pada Loading Platform dan Breasting Dolphin

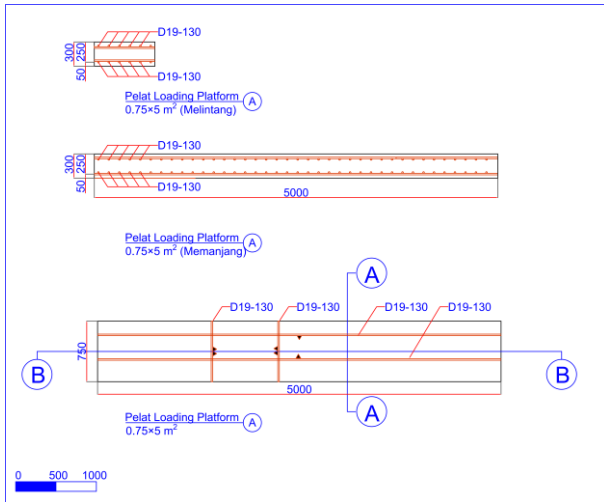
<i>Platform</i>	Elemen Beton	Parameter	Nilai
<i>Loading Platfrom</i>	Balok	Dimensi	400×600 mm ²
		Tulangan lentur atas	7D25
		Tulangan lentur bawah	7D22
		Tulangan Geser Zona-1	D13-110
		Tulangan Geser Zona-2	D13-130
		Tulangan Geser Zona-3	D13-130
	Pelat	Dimensi	2500×5000×300 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-130
		Tulangan lentur bawah	D19-120
	Pelat	Dimensi	750×5000×300 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-130
		Tulangan lentur bawah	D19-130
	Pelat	Dimensi	750×750×300 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-100
		Tulangan lentur bawah	D19-100
	Pile Cap	Tulangan lentur	D22-230
	Pile Plug	Tulangan spiral	D13-60
		Tulangan dowel	8D25
<i>Breasting Dolphin</i>	Pile Cap fender plank	Tulangan lentur	D22-110
	Pile Cap non-fender	Tulangan lentur	D22-140
	Pile Plug	Tulangan spiral	D13-120
	Pile Plug pile OD965	Tulangan dowel	10D25
	Pile Plug pile OD914	Tulangan dowel	14D25

Tabel 5 Penulangan pada Mooring Dolphin, Trestle dan Catwalk

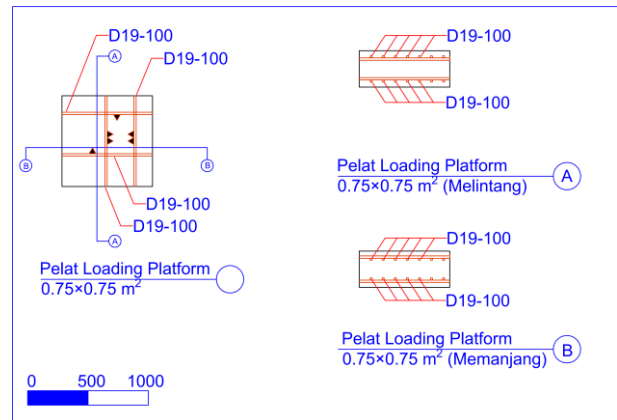
Platform	Elemen Beton	Parameter	Nilai
Mooring Dolphin	Pile Cap	Tulangan lentur	D13-175
	Pile Plug	Tulangan spiral	D13-65
		Tulangan dowel	8D25
Trestle	Balok	Dimensi	400×600 mm ²
		Tulangan lentur atas	6D19
		Tulangan lentur bawah	6D19
		Tulangan Geser Zona-1	D9-170
		Tulangan Geser Zona-2	D9-300
		Tulangan Geser Zona-3	D9-250
	Pelat	Dimensi	2500×5000×300 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-130
		Tulangan lentur bawah	D19-120
	Pelat	Dimensi	750×5000×300 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-130
		Tulangan lentur bawah	D19-130
	Pile Cap	Tulangan lentur	D22-230
	Pile Plug	Tulangan spiral	D13-80
		Tulangan dowel	6D25
Catwalk	Balok	Dimensi	400×600 mm ²
		Tulangan lentur atas	3D19
		Tulangan lentur bawah	6D25
		Tulangan Geser	D6-170
	Pelat	Dimensi	500×20000×200 mm ²
		Tulangan lentur atas	D19-100
		Tulangan lentur bawah	D10-140
	Pile Cap	Tulangan lentur	D22-300
	Pile Plug	Tulangan spiral	D13-90
		Tulangan dowel	6D25



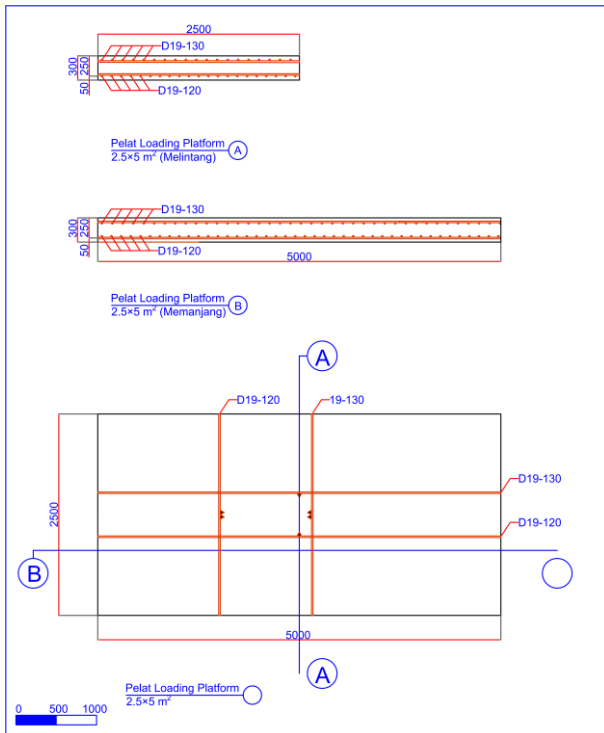
Gambar 4 Penulangan pada balok Loading Platform dan Trestle



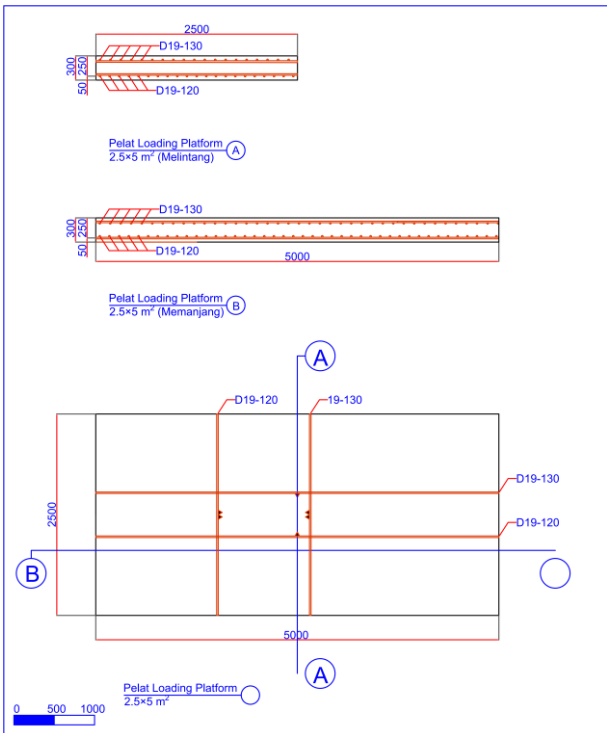
Gambar 5 Pelat loading platform ukuran $0.75 \times 5 \text{ m}^2$



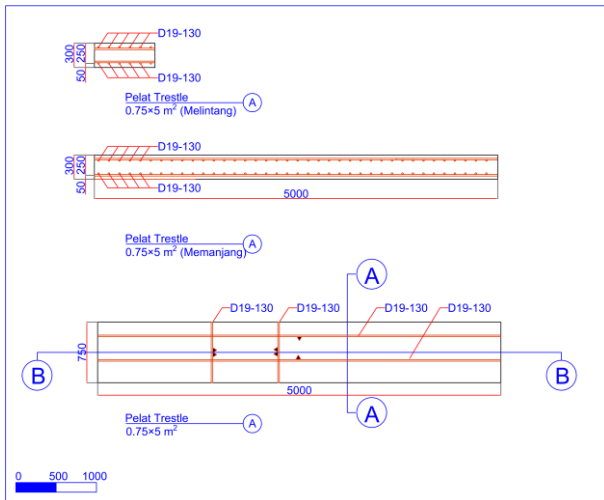
Gambar 6 Pelat loading platform ukuran $0.75 \times 0.75 \text{ m}^2$



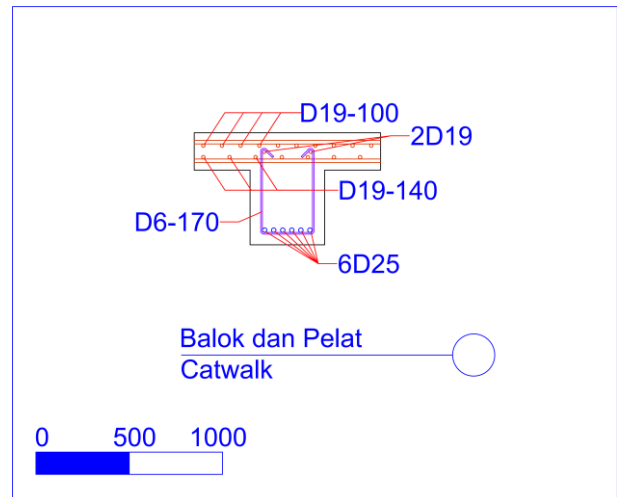
Gambar 7 Pelat loading platform ukuran $2.5 \times 5 \text{ m}^2$



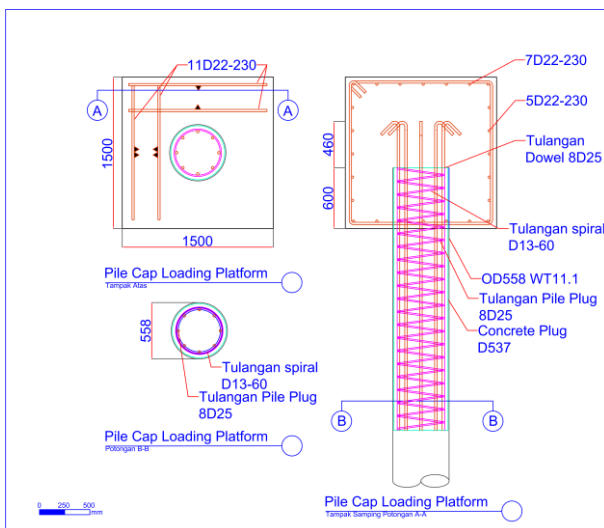
Gambar 8 Pelat Trestle ukuran $2.5 \times 5 \text{ m}^2$



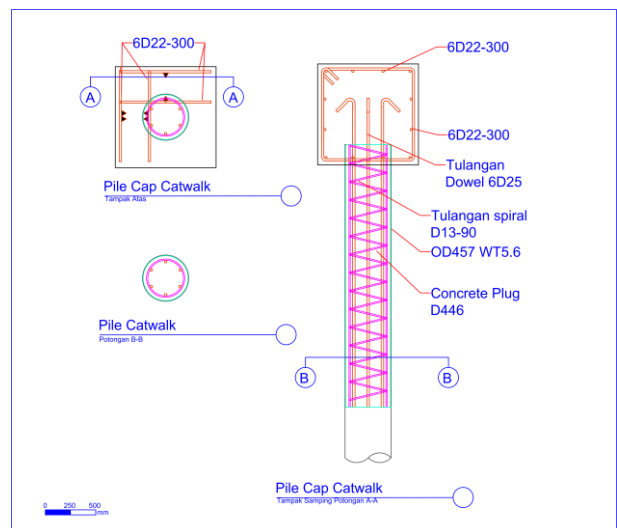
Gambar 9 Pelat Trestle ukuran 0.75×5m²



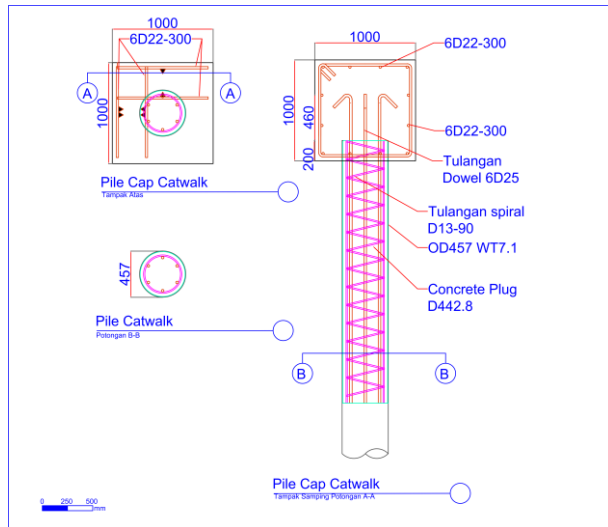
Gambar 10 Pelat balok catwalk



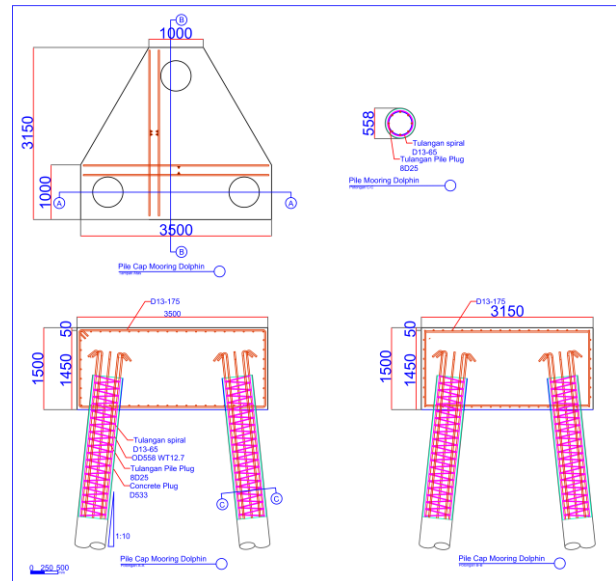
Gambar 11 Penulangan pada pile cap dan pile plug loading platform



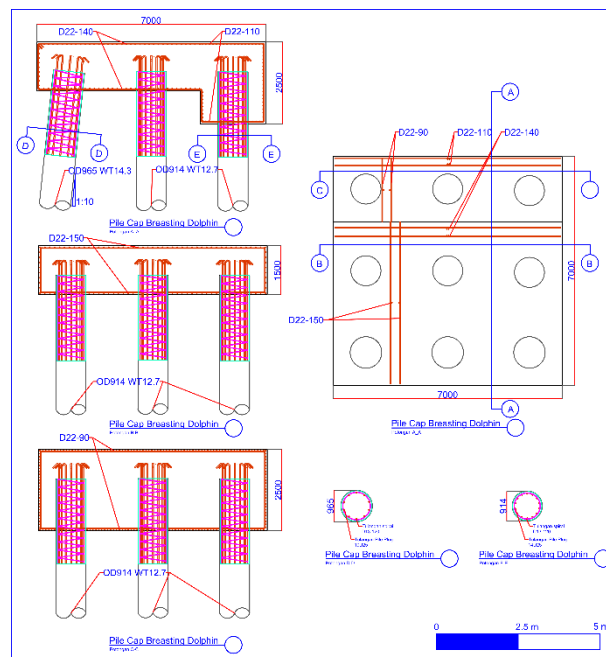
Gambar 12 Penulangan pada pile cap dan pile plug trestle



Gambar 13 Penulangan pada pile cap dan pile plug *catwalk*

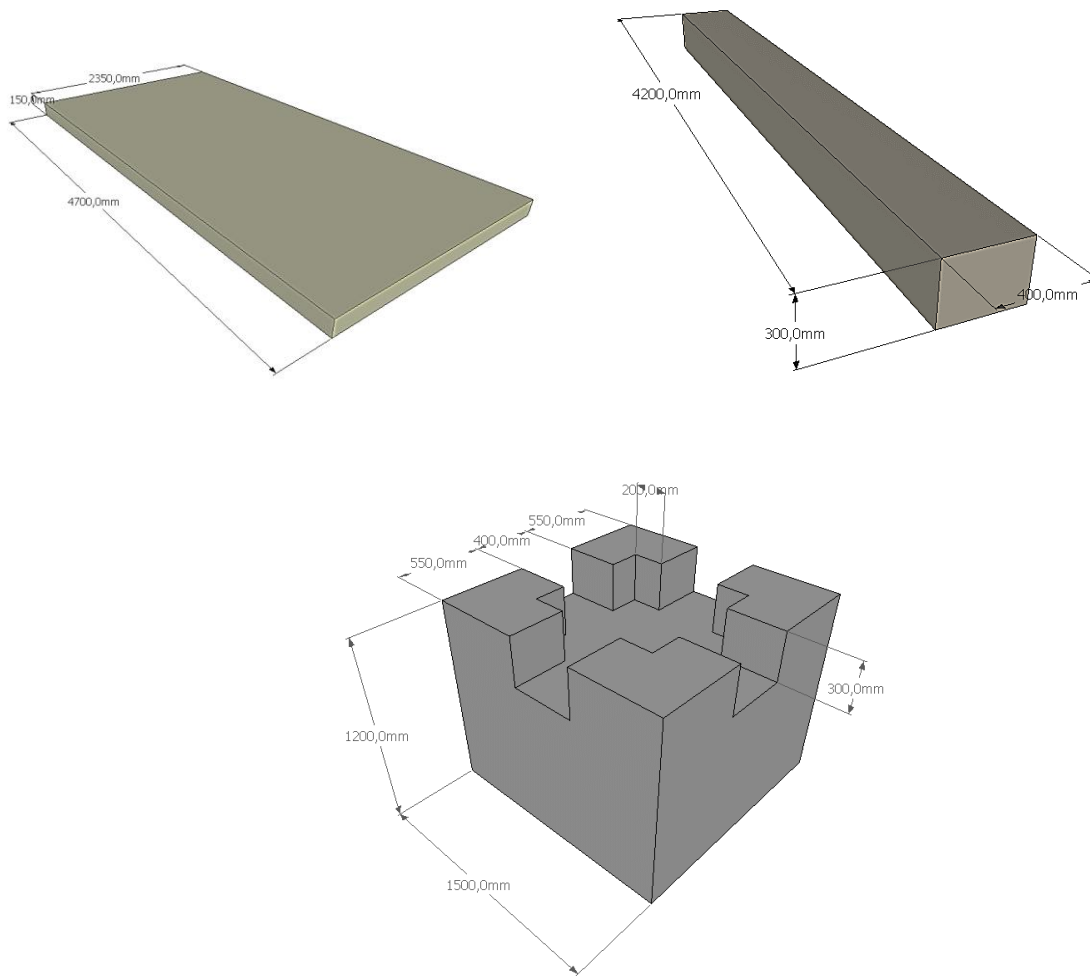


Gambar 14 Penulangan pada pile cap dan pile plug *mooring dolphin*



Gambar 55 Penulangan pada pile cap dan pile plug *breasting dolphin*

Elemen beton pracetak direncanakan memiliki dimensi yang dikurangi dengan tumpuan, sehingga dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 66 Dimensi elemen beton pracetak

Terdapat tiga jenis analisis yang harus dilakukan dalam perencanaan elemen beton pracetak. Analisis dilakukan untuk memastikan elemen pracetak tidak mengalami kegagalan. Apabila hasil analisis kriteria kekuatan elemen pracetak tidak memenuhi, maka dilakukan penambahan tulangan seperti tulangan atas tambahan untuk momen positif saat pengangkatan, *lifting loops* untuk pengangkatan, dan shear connector untuk instalasi beton. Tabel 6 menunjukkan hasil analisis *lifting* pada pelat pracetak, Tabel 7 menunjukkan hasil analisis *lifting* pada balok pracetak, Tabel 8 menunjukkan hasil analisis *lifting* pada pile cap pracetak.

Tebel 6 Analisis *Lifting* Pada Pelat Pracetak

Parameter	Notasi	Nilai			
		LP		TR	
		x	y	x	y
Pengecekan Kriteria Lentur Tulangan Bawah					
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	19	19	19	19
Jumlah tulangan	$n \text{ (\#)}$	23	46	20	40
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	24.9	24.9	24.9	24.9
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	222.36	299.86	282.65	282.65
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK	OK	OK	OK
Perencanaan Tulangan Atas					
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	13	13	13	13
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	34.14	29.38	34.14	29.38
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK	OK	OK	OK
Spasi tulangan	$s \text{ (mm)}$	70	90	70	90
Perencanaan Lifting Loops					
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	13	13	13	13
Titik angkat	n	2	2	2	2
Beban Ultimate	$P_u \text{ (kN)}$	35.38	35.38	35.38	35.38
Kuat nominal	$\phi P_n \text{ (kN)}$	50.17	50.17	50.17	50.17
Pengecekan Kriteria	$P_u \leq \phi P_n$	OK	OK	OK	OK

Tebel 7 Analisis *Lifting* Pada Balok Pracetak

Parameter	Notasi	Balok	
		LP	TR
Pengecekan Kriteria Lentur Tulangan Bawah			
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	22	19
Jumlah tulangan	$n \text{ (\#)}$	7	6
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	1.58	1.58
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	179.08	125.38
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK	OK
Perencanaan Tulangan Atas			
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm/m)}$	5.06	5.06
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	10	10
Jumlah tulangan	$n \text{ (\#)}$	4	4
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	26.06	26.06
Perencanaan Lifting Loops			
Titik angkat	$n \text{ (\#)}$	2	2
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	10	10
Beban ultimate	$P_u \text{ (kN)}$	21.53	21.53
Kuat nominal	$\phi P_n \text{ (kN)}$	29.53	29.53
Kriteria kekuatan	$\phi P_n \geq P_u$	OK	OK

Tabel 8 Analisis *Lifting* Pada Pile Cap Pracetak

Parameter	Notasi	Pile cap
Pengecekan Kriteria Lentur Tulangan Bawah		
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	22
Jumlah tulangan	$n \text{ (#)}$	19
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	11.23
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	2228
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK
Tulangan Atas Tambahan		
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm/m)}$	11.23
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	16
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	764.
Perencanaan Lifting Loops		
Titik angkat	$n \text{ (#)}$	4
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	10
Beban ultimate	$P_u \text{ (kN)}$	43.25
Kuat nominal	$\phi P_n \text{ (kN)}$	50.17
Kriteria kekuatan	$\phi P_n \geq P_u$	OK

Tabel 9 merupakan hasil analisis instalasi dan perencanaan *shear connector* pada pelat pracetak, Tabel 10 untuk balok pracetak dan Tabel 11 untuk pile cap pracetak.

Tabel 9 Analisis Instalasi Pada Pelat Pracetak

Parameter	Notasi	Pelat			
		LP		TR	
		x	y	x	y
Pemeriksaan Kriteria Lentur					
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	19	19	19	19
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	25.94	51.88	25.94	24.9
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	210	283.2	185.2	266.95
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK	OK	OK	OK
Shear Connector					
Geser ultimate	$V \text{ (kN)}$	10.97	21.95	10.97	21.95
Tegangan geser ultomate	$\tau \text{ (kN/m)}$	54.88	109.76	54.88	109.76
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	10	10	10	10
Kuat geser nominal	$V_n \text{ (kN)}$	57.11	57.11	57.11	57.11
spasi	$S \text{ (mm)}$	800	500	800	500

Tabel 10 Analisis Instalasi Pada Balok Pracetak

Parameter	Notasi	Balok	
		LP	TR
Pemeriksaan Kriteria Lentur			
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	22	19
Jumlah tulangan	$n \text{ (\#)}$	7	6
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	113.25	113.25
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	134.6	118.41
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK	OK
Shear Connector			
Geser ultimate	$V \text{ (kN)}$	107.86	107.86
Tegangan geser ultimate	$\tau \text{ (kN/m)}$	269.65	269.65
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	16	16
Kuat geser nominal	$V_n \text{ (kN)}$	95.54	95.54
spasi	$S \text{ (mm)}$	540	540

Tabel 11 Analisis Instalasi Pada Pile Cap Pracetak

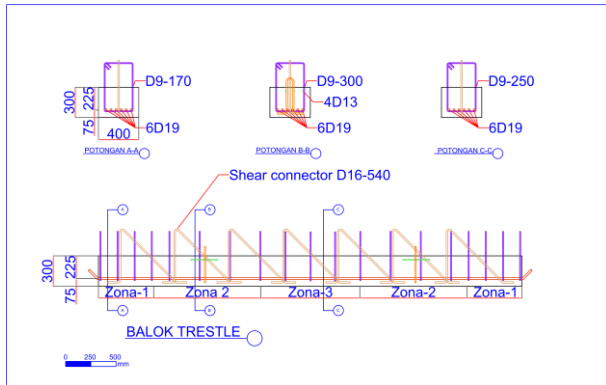
Parameter	Notasi	Balok
		LP
Kriteria Kekuatan Lentur		
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	22
Jumlah tulangan	$n \text{ (\#)}$	19
Momen Ultimate	$M_u \text{ (kNm)}$	218.89
Momen nominal	$\phi M_n \text{ (kNm)}$	2104
Pengecekan Kriteria	$M_u \leq \phi M_n$	OK
<i>Shear Connector</i>		
Geser ultimate	$V \text{ (kN)}$	454.6
Tegangan geser ultomate	$\tau \text{ (kN/m)}$	436.42
Diameter tulangan	$D \text{ (mm)}$	10
Kuat geser nominal	$V_n \text{ (kN)}$	57.11

Tabel 12 menyajikan Hasil analisis tumpuan pada balok dan pelat pracetak.

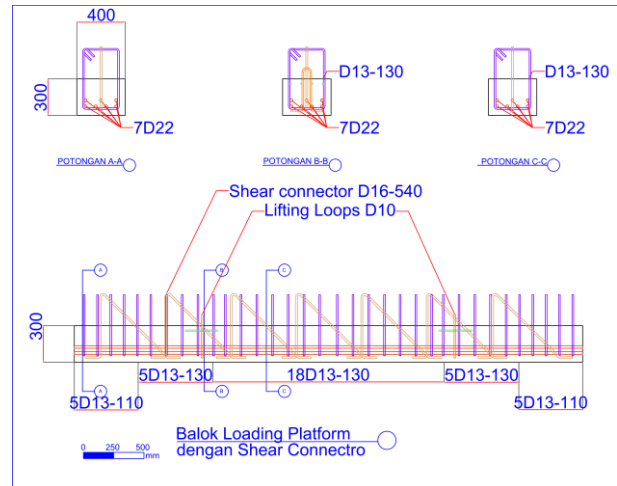
Tabel 12 Analisis Tumpuan Elemen

Parameter	Notasi	Balok		Pelat
		LP	TR	
Analisis kekuatam tumpuan				
Tegangan tumpuan	σ (MPa)	1.07	1.07	0.42
Tegangan izin	f_c (MPa)	10.5	10.5	10.5
Kriteria tumpuan	$\sigma < f_c$	OK	OK	OK
Analisis kekuatam geser tumpuan				
Tegangan geser tumpuan	v (MPa)	0.76	0.76	0.29
Tegangan geser izin	$0.65f_c'$ (MPa)	22.75	22.75	22.5
Kriteria geser tumpuan	$\sigma < 0.65f_c'$	OK	OK	OK

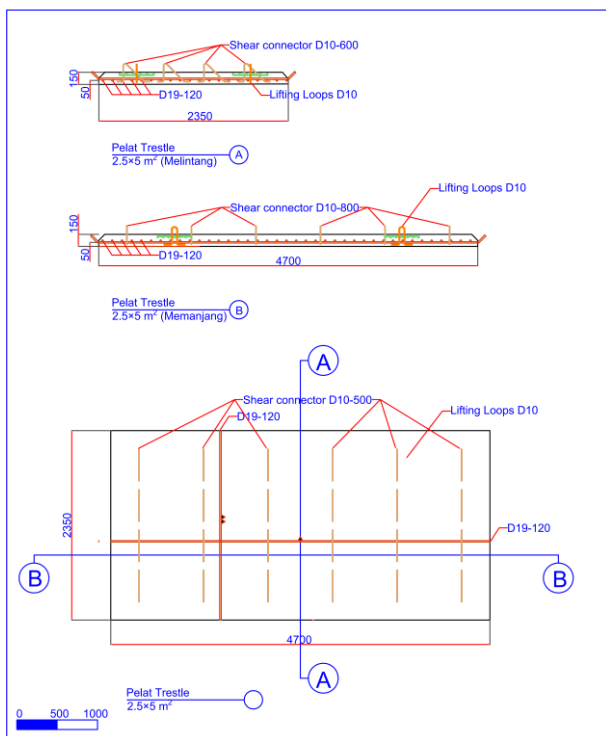
Gambar 17 mengilustrasikan gambar penulangan tambahan pada balok loading platform pracetak, Gambar 18 untuk balok trestle, Gambar 19 untuk pelat pracetak dan Gambar 20 untuk pile cap pracetak.



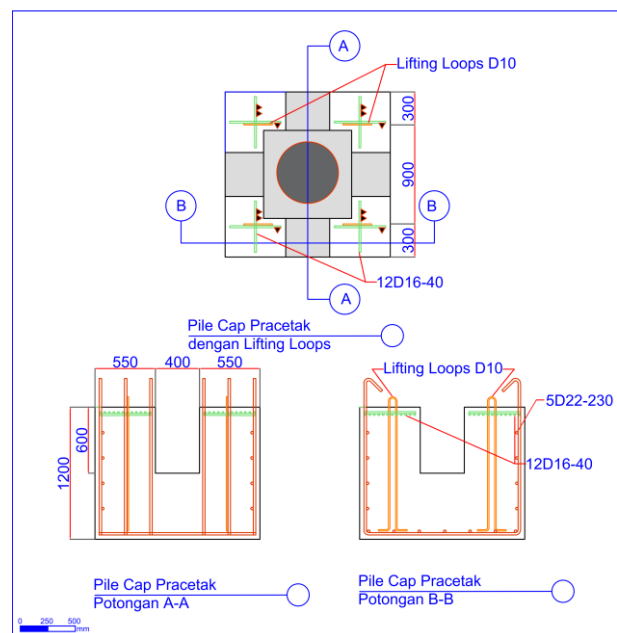
Gambar 17 Tulangan tambahan pada balok trestle pracetak



Gambar 78 Tulangan tambahan pada balok loading platform pracetak



Gambar 19 Tulangan tambahan pada pelat pracetak



Gambar 20 Tulangan tambahan pada pile cap pracetak

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah dilakukan perancangan struktur dermaga curah cair tipe *dolphin* di Pelabuhan CPO Kabil yang meliputi struktur:

Elemen		Spesifikasi	Satuan
Elevasi Dermaga		4.1	m
<i>Loading Platform</i>			
Tiang Pancang	Penampang	OD558 WT11.1	
	Panjang	23	m
Balok		0.4×0.6	m ²
Pelat		0.3	m
Pile Cap		1.5×1.5×1.5	m ³
<i>Breasting Dolphin</i>			
Tiang Pancang	Penampang	OD965 WT14.3	
		OD014 WT12.7	
	Panjang	22	m
Pile Cap		7×7	m ²
<i>Mooring Dolphin</i>			
Tiang Pancang	Penampang	OD558 WT12.7	
	Panjang	23	m
Pile Cap		3.15×3.5×1.5	m ³
<i>Trestle</i>			
Tiang Pancang	Penampang	OD508 WT10.3	
	Panjang	23	m
Balok		0.4×0.6	m ²
Pelat		0.3	m
Pile Cap		1.5×1.5×1.5	m ³
<i>Catwalk</i>			
Tiang Pancang	Penampang	OD457 WT7.1	
	Panjang	23	m
Balok		0.4×0.6	m ²
Pelat		0.2	m
Pile Cap		1×1×1	m ³

Struktur dermaga tipe *dolphin* yang telah direncanakan dapat menerima pembebanan. Hasil analisis struktur dermaga sudah memenuhi kriteria baik kriteria kekuatan maupun defleksi. Selain itu hasil analisis struktur menggunakan faktor desain kombinasi *Ultimate Limit State* yang ditentukan pada ASCE 7-2010 dengan standard analisis AISC 360-16. Hasil analisis struktur untuk desain elemen baja (*steel design*) tidak terlalu kritis. Berikut hasil UCR masing-masing

<i>Platform</i>	Penampang	UCR
<i>Loading platform</i>	OD558 WT11.1	0.76
<i>Breasting dolphin</i>	OD965 WT14.3	0.92
	OD014 WT12.7	0.77
<i>Mooring dolphin</i>	OD558 WT12.7	0.54
<i>Trestle</i>	OD508 WT10.3	0.74
<i>Catwalk</i>	OD457 WT7.1	0.58

Elemen beton pracetak yang direncanakan adalah pelat yang berukuran $2.5 \times 5 \text{ m}^2$, balok dan pile cap *loading platform* dan *trestle*. Selain dari elemen tersebut digunakan metode cor *in situ*. Hal ini dikarenakan dari segi dimensi dan jumlah produksi, elemen tersebutlah yang cocok digunakan beton pracetak. Hasil analisis konstruksi beton pracetak menghasilkan elemen beton yang memenuhi tiga kondisi yang di analisis (*lifting*, instalasi dan tumpuan) dengan penambahan tulangan yang dibutuhkan sehingga memenuhi kriteria kekuatan.

<i>Platform</i>	Elemen pracetak	Parameter	Nilai
<i>Loading Platform dan Trestle</i>	Pelat	Dimensi	$2350 \times 4700 \times 150 \text{ mm}^2$
		Jumlah	170
		Lifting loops	4D10
		Tulangan atas tambahan	7D13-70 dan 6D13-90
		Shear connector	D10-500
	Balok	Dimensi	$400 \times 4200 \times 300 \text{ mm}^2$
		Jumlah	213
		Lifting loops	2D10
		Tulangan atas tambahan	4D13
		Shear connector	D10-540
	Pile Cap	Dimensi	$1500 \times 1500 \times 1200 \text{ mm}^2$
		Jumlah	147
		Lifting loops	4D10
		Tulangan atas tambahan	12D16
		Shear connector	D10

Saran dari Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Penulangan dan penambahan komponen pada elemen struktur seperti penulangan pada pelat, balok, pile cap dan pile plug. Penulangan tentu menambah berat elemen, sehingga beban yang diterima struktur bertambah. Sebaiknya dilakukan pemodelan ulang (iterasi) analisis struktur hingga dapat dipastikan penambahan beban masih dapat diterima oleh struktur.

2. Penentuan ukuran diameter tulangan bisa diperkirakan biayanya, diameter tulangan yang tidak terlalu beragam akan mengurangi kesulitan pencatatan dan penentuan dimensi pracetak. pemilihan diameter yang kecil juga akan memperkecil biaya konstruksi.
3. Dapat dilakukan pemeriksaan konfigurasi lokasi dan jumlah lifting loops untuk elemen pracetak. Selain itu dapat dilakukan pemeriksaan shear connector dengan bentuk lain yang disarankan. Dari pemeriksaan tersebut dilakukan perbandingan sehingga didapat hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute Comitee. 2005. *ACI 318-05: Buliding Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills: ACI.
- American Institute of Steel Construction. 2010. *Steel Construction Manual 14th Edition*. United State of America: AISC.
- American Institute of Steel Construction. 2010. *Design Examples Companion to the AISC Steel Construction Manual Version 15.0*. United State of America: AISC.
- American Society of Civil Engineers. 2010. *ASCE 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- American Petroleum Institute. 2000. *API RP-2A: Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms*. Washington D.C: API
- British Standard. 1994. *BS 6349-4 Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. London: British Standard Institute.
- British Standard. 2000. *Design of Quay Walls, Jetties, and Dolphins*. London: British Standard Institute.
- British Standard. 2010. *BS 6349-2 Code of practice for the design of Quay Wall, Jetties, and Dolphin*. London: British Standard Institute.
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stanford: Cengage Learning.
- Dean, Robert G, dan Robert A. Dalrymple. 1984. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. *Fentek Marine Fendering System*. Rigmarine.
- McCormac, Jack C. dan Russel H. Brown. 2014. *Design of Reinforced Concrete 9th edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Panitia Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I.-2*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- International Navigation Association PIANC. 2002. *Guidelines for the Design of Fenders System*. Belgium: PIANC.

- Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. *PCI Design Handbook 6th edition*.
- Segui, William T. 2013. *Steel Design 5th edition*. Stanford: Cengage Learning.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 2009.
Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan. Tokyo: OCDI.
- Thoresen, Carl.A. 2014. *Port Designer's Handbook 3rd Edition*. London: ICE Publishing.
- Trelleborg Marine System. 2015. *Fender System*. Sweaden: Trelleborg.
- Trelleborg Marine System. 2015. *The Bollard Guide*. Sweaden: Trelleborg
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- . 2002. *SNI-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2013. *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2013. *SNI-7833-2013 Tata Cara Perencanaan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2017. *SNI-2052-2017 Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.