

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS TIPE *DECK ON PILE*

Paulus Benny S S S¹ dan Rildova²

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

¹paul@students.itb.ac.id dan ²rildova@ocean.itb.ac.id

Kata kunci: perancangan struktur, dermaga, penulangan, SAP2000, *deck on pile*

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan pengadaan barang dalam jumlah besar jarak jauh yang semakin tinggi mengakibatkan diperlukannya suatu fasilitas yang mendukung untuk pemindahan barang antara darat dan laut. Karena umumnya barang dikirim dalam jumlah besar untuk jarak jauh menggunakan peti kemas, maka dibutuhkan suatu dermaga yang khusus melayani bongkar-muat peti kemas. Pada pembahasan ini, dermaga peti kemas yang akan dibangun menggunakan data kondisi lingkungan dari kawasan perairan di Kuala Tanjung, Sumatera Utara.

Perancangan komponen dermaga dilakukan agar dermaga tersebut dapat melayani komoditas dan kapal yang direncanakan menurut kriteria desain dan kode standar. Dermaga yang dirancang harus dapat menahan beban kapal saat berlabuh dan bertambat, dapat menahan beban-beban akibat lingkungan, dan memiliki geometri/dimensi yang cukup untuk 1 unit kapal.

TEORI DAN METODOLOGI

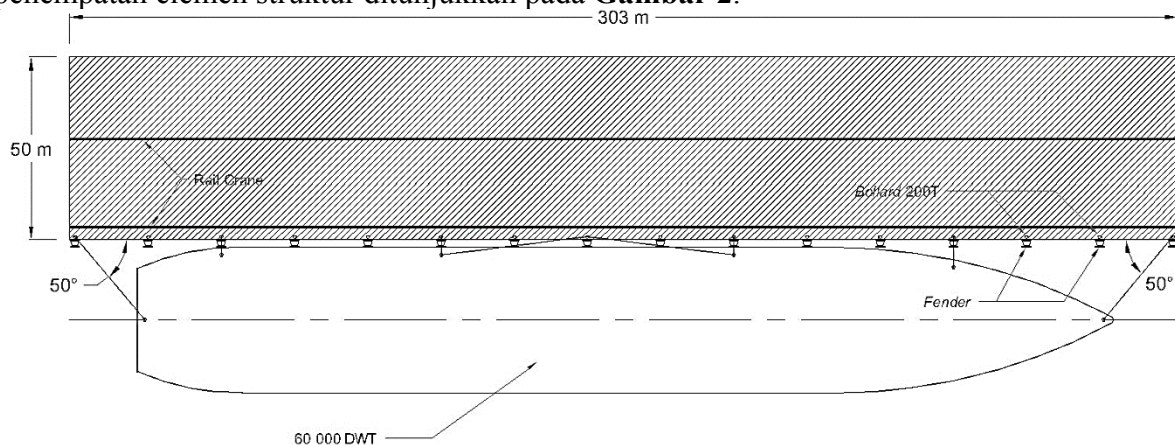
Suatu dermaga dibangun untuk mengakomodasi jenis muatan/barang tertentu dengan jenis dan rentang ukuran kapal yang tertentu. Dengan demikian, ukuran dan segala fasilitas yang direncanakan di atas dermaga menjadi sangat tergantung dengan batasan-batasan tersebut. Sedangkan jenis struktur dermaga tergantung kondisi lingkungan di lokasi dermaga itu akan dibangun. Walaupun umumnya dermaga dibangun dalam kondisi perairan yang relatif tenang, tetapi faktor-faktor lingkungan tetap mempengaruhi rancangan struktur dermaga. Faktor lingkungan yang mempengaruhi ini meliputi kedalaman perairan, karakteristik arus dan gelombang, kecepatan angin, dan karakter gempa.

Pada pembahasan ini, dermaga dirancang menggunakan *British Standard 6349: Maritime Structures* sebagai standar utama. Dermaga dipilih menggunakan tipe struktur *deck on pile (suspended deck)* yang secara umum berupa formasi balok (*beam*) dan lantai (*slab*) yang ditopang oleh tiang fondasi yang dipancang ke dalam dasar perairan. Tipe struktur ini biasanya sesuai untuk lapisan tanah bagian atas buruk dan sesuai untuk menopang tiang, keperluan menghindari gangguan hidrolis, atau perairan yang cukup dalam. Struktur *deck on pile* dapat dibangun menggunakan satu jenis atau kombinasi dari material beton, baja, dan kayu. Namun pada pembahasan ini, dek dermaga ditentukan menggunakan elemen beton bertulang yang ditopang tiang baja silinder.

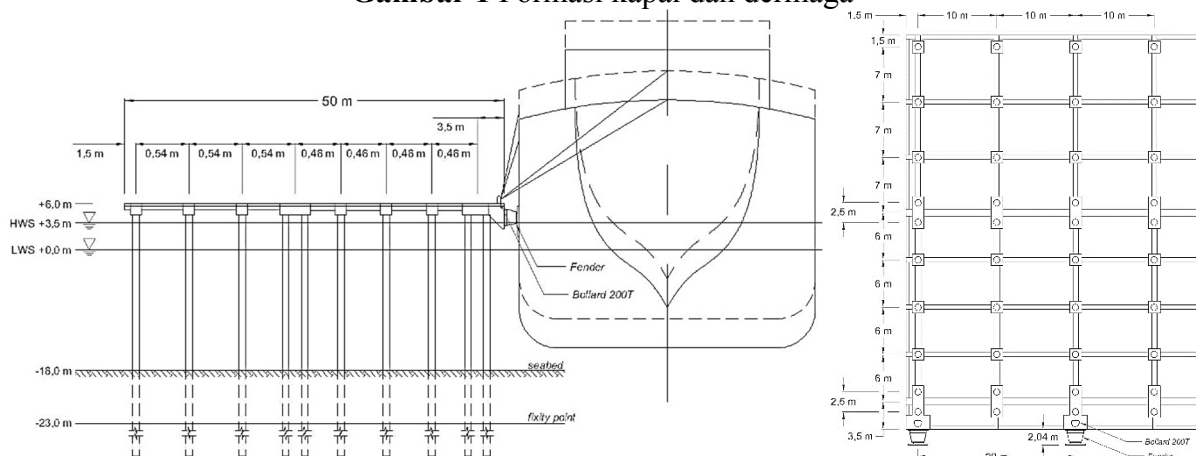
Dermaga peti kemas ini dirancang dengan ketentuan lebar 50 m, panjang yang cukup untuk melayani 1 buah kapal peti kemas (*containership*) ukuran 60.000 DWT (*post-panamax*),

1 buah *Shore to Ship Gantry Crane* ukuran *post-panamax*, beban merata 3 ton/m² di sepanjang area di bawah *STS Crane*, dan beban merata 1 ton/m² di belakang *STS Crane*. Di samping itu, faktor lingkungan yang mempengaruhi dermaga baik secara langsung maupun melalui kapal meliputi rata-rata kedalaman perairan -16 m dan HWS +3,5 m (LWS sebagai datum), tinggi gelombang signifikan H_s 0,5 m dan maksimum H_{max} 1,2 m dengan perioda T 5,0 detik, kecepatan rata-rata arus air laut V_c' 1,5 m/s, serta kecepatan rata-rata angin V_W 40 m/s. Kondisi tanah umumnya berupa *clay* hingga kedalaman 13 m. Sedangkan beban gempa ditentukan menurut lokasi dan karakter tanah berdasarkan SNI Peta *Hazard* Gempa Indonesia sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa (2010).

Setelah berbagai faktor perancangan dermaga didapat, faktor-faktor itu kemudian dihitung/diolah menurut standar yang telah dipilih, sehingga menghasilkan geometri rancang dan beban-beban. 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*. Sedangkan untuk kuat material dan ukuran penampang tiap elemen struktur diasumsikan terlebih dahulu, untuk kemudian diubah sesuai dengan gaya-gaya yang bekerja. Formasi kapal dan dermaga yang dihasilkan ditunjukkan pada **Gambar 1**, sedangkan pola penempatan elemen struktur ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 1 Formasi kapal dan dermaga

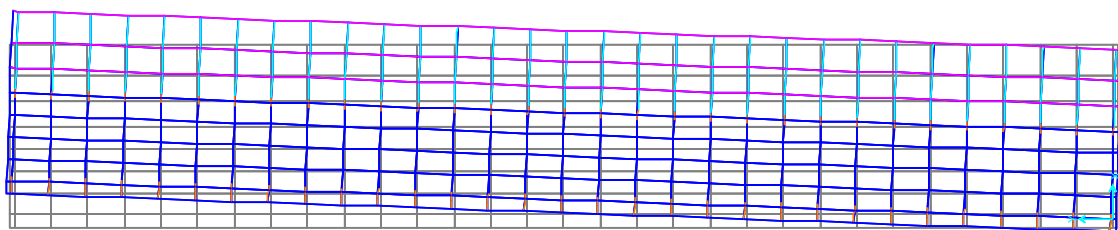


Gambar 2 Pola penempatan elemen struktur.

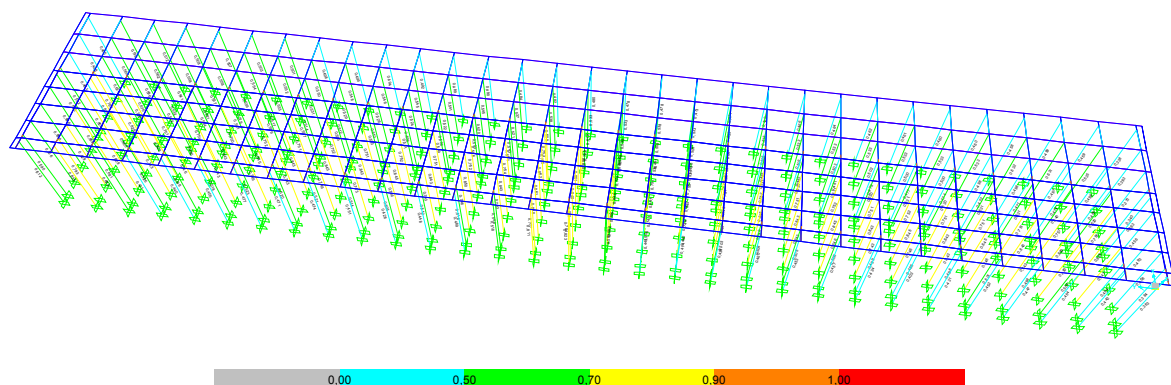
HASIL DAN ANALISIS

Pengkajian terhadap rancangan geometri, material dan penampang tiap elemen struktur, dan pembeban pada dermaga dilakukan menggunakan metode pemodelan elemen hingga dengan bantuan program SAP2000. Secara umum, pemodelan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan/respon struktur berdasarkan rancangan yang dibuat. Kekuatan/respon struktur yang akan ditinjau perlu dibedakan menurut kombinasi pembebanannya. Dari kombinasi *service load state*, keluaran yang ditinjau meliputi pergeseran (*displacement*) dek terhadap jarak yang diizinkan, perbandingan tegangan aktual terhadap kapasitasnya pada tiang fondasi (*unity check ratio*, UCR), dan reaksi perletakan di setiap tumpuan. Sedangkan dari kombinasi *ultimate load state* akan ditinjau gaya-gaya dalam dari setiap kelompok elemen beton. Pengecekan UCR dipilih dilakukan dengan kode desain AISC360-05/IBC2006 dengan tipe rangka OMF (*ordinary moment frame*).

Analisa pada model dilakukan berulang kali sampai mendapatkan rancangan yang optimal. Untuk mendapatkan rancangan tersebut, hal utama yang perlu diubah dimulai pada dimensi penampang. Rancangan akhir yang didapat yaitu menggunakan tiang fondasi baja silinder ukuran $914 \times 8,74$ mm dengan tegangan leleh $f_y = 250$ Mpa. Pergeseran maksimum yang didapat adalah 0,116 m dan UCR terbesar adalah 0,862. Sebaran pergeseran dan UCR ini ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



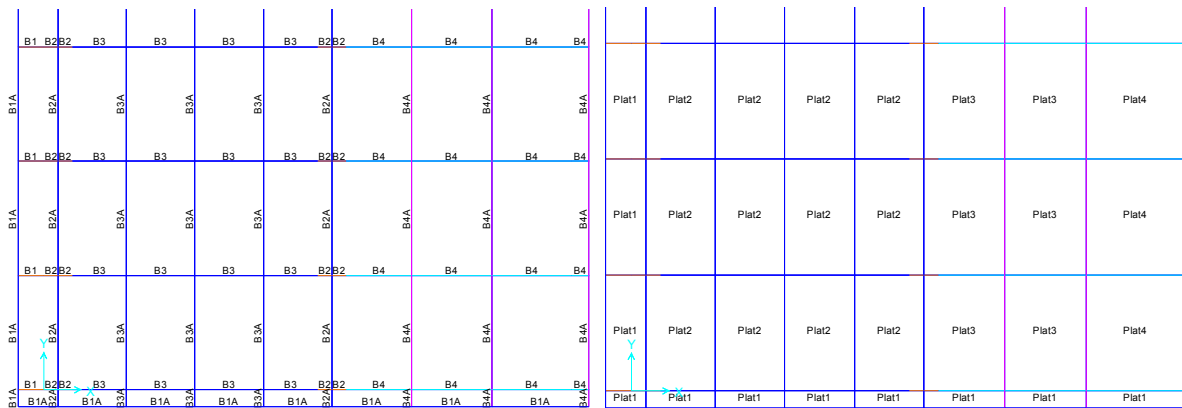
Gambar 3 Pergeseran maksimum struktur dek



Gambar 4 Sebaran UCR

KESIMPULAN

Hasil akhir dari perancangan merupakan dimensi dan penulangan balok, pelat lantai, dan *pilecap* berdasarkan beban *ultimate* yang diterima tiap kelompok elemen, dengan kuat beton dan baja tulangan yaitu $f'_c = 35$ MPa dan $f_y = 400$ MPa. Sedangkan geometri tidak berubah dari sudah ditentukan pada rancangan awal. Formasi balok dan lantai ditunjukkan pada **Gambar 5**, sedangkan formasi tulangan ditunjukkan pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**. Sketsa penulangan untuk setiap balok, pelat, dan *pilecap* ditunjukkan pada **Gambar 6** sampai dengan **Gambar 17**.



Gambar 5 Penempatan kelompok balok dan pelat

Tabel 1 Detil penulangan balok

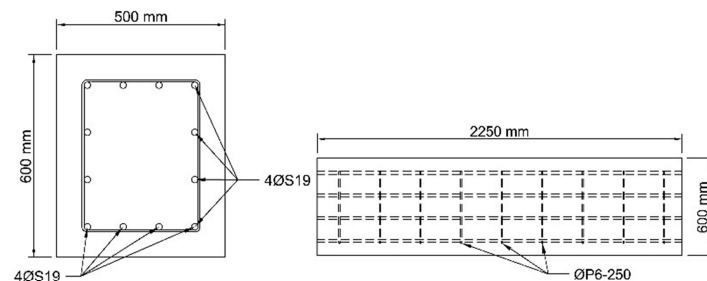
Elemen Balok	Dimensi (m)	Vu (kN)	M3+ (kN.m)	M3- (kN.m)	M2 (kN.m)	Tulang Geser (mm)	Tulang Lentur		
							Bawah (mm)	Atas (mm)	Samping (mm)
B1	0,6×0,5×2,25	82	132314	94700	42320	Ø6-250	4Ø19	4Ø19	4Ø19
B1A	0,6×0,5×10,0	169	432972	531547	13546	Ø6-250	4Ø32	5Ø32	2Ø32
B2A	1,3×1,0×10,0	4159	5053932	7008149	396362	Ø19-120	15Ø36	15Ø36	4Ø36
B3	0,9×0,7×6,00	1422	2425899	2554745	94771	Ø19-100	12Ø36	12Ø36	2Ø36
B3A	0,8×0,6×10,0	1126	1451796	1750040	119358	Ø19-100	10Ø32	10Ø32	2Ø32
B4	0,8×0,6×7,00	757	1556449	1571201	18231	Ø19-150	11Ø32	11Ø32	2Ø32
B4A	0,6×0,5×10,0	434	540852	711440	48294	Ø16-150	4Ø36	4Ø36	1Ø36

Tabel 2 Detil penulangan pelat

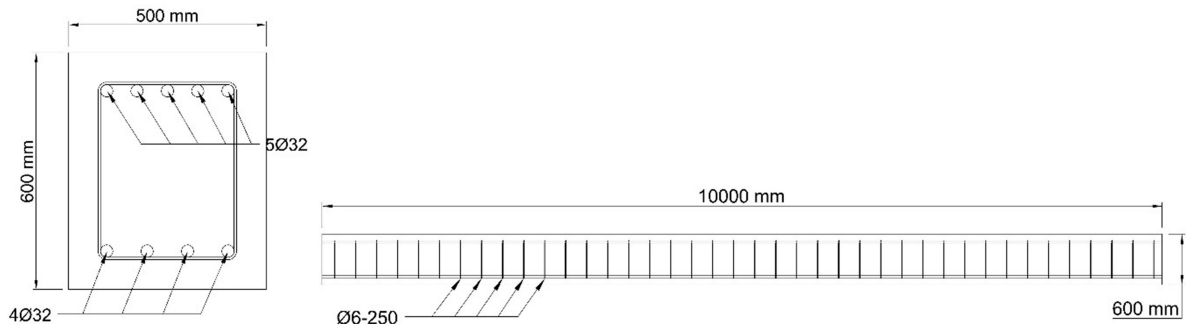
Elemen Pelat	Dimensi (m)	Mux (kN.m)	Muy (kN.m)	Tulang Lentur	
				Arah X (mm)	Arah Y (mm)
Plat1	0,45×3,5×10	602751	120550	98Ø13-88	33Ø13-91
Plat2	0,45×6,0×10	7626388	3540823	97Ø32-70	49Ø32-89
Plat3	0,45×7,0×10	5380716	3127316	65Ø32-121	42Ø32-134
Plat4	0,45×8,5×10	7416174	5819142	64Ø36-120	67Ø36-90

Tabel 3 Detil penulangan *pilecap*

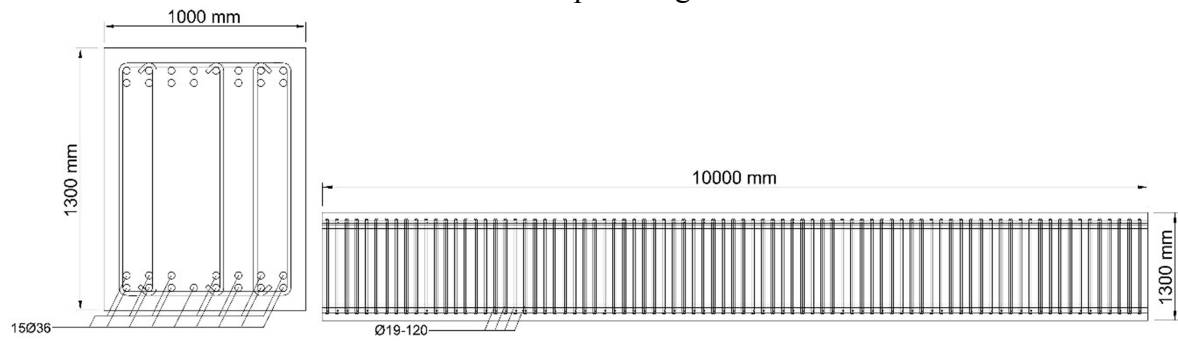
Elemen <i>Pilecap</i>	Dimensi (m)	Tulang Geser	
		Arah X (mm)	Arah Y (mm)
PC	1,5 × 1,5 × 1,5	12Ø29	12Ø29



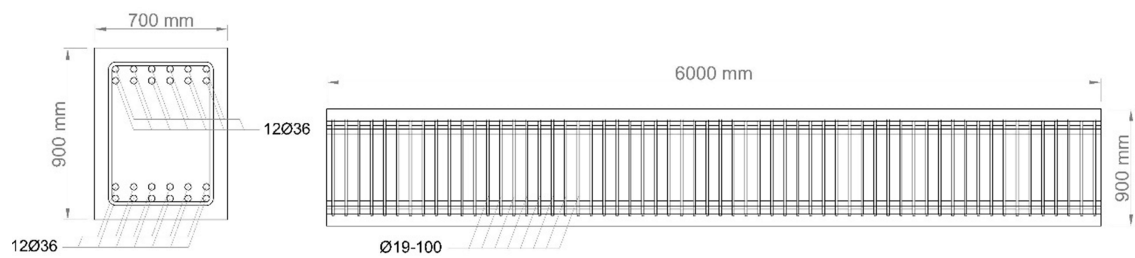
Gambar 6 Sketsa penulangan balok B1



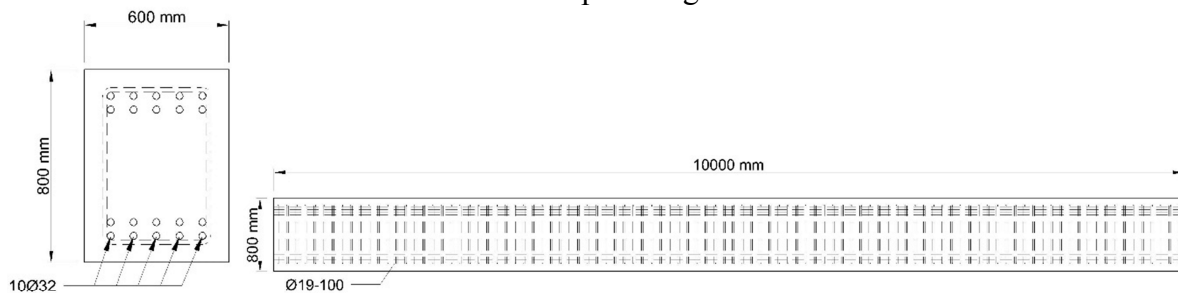
Gambar 7 Sketsa penulangan balok B1A



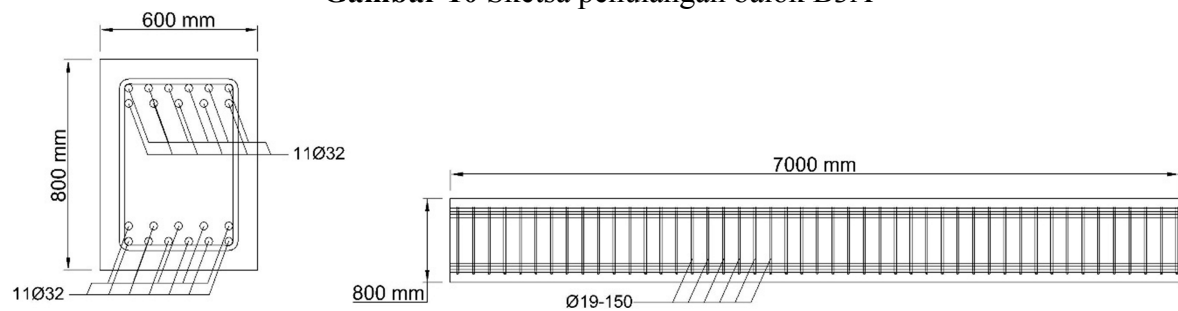
Gambar 8 Sketsa penulangan balok B2A



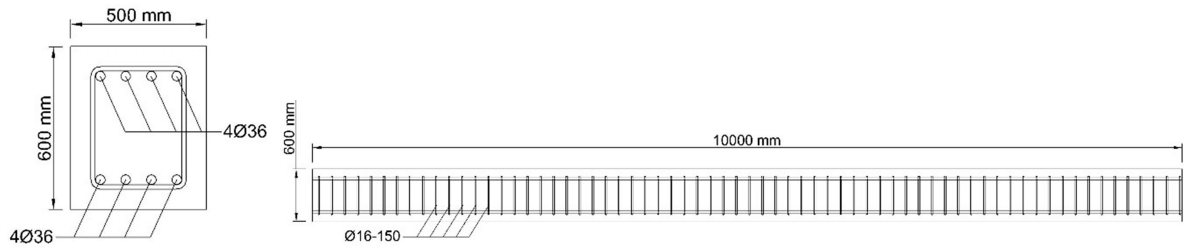
Gambar 9 Sketsa penulangan balok B3



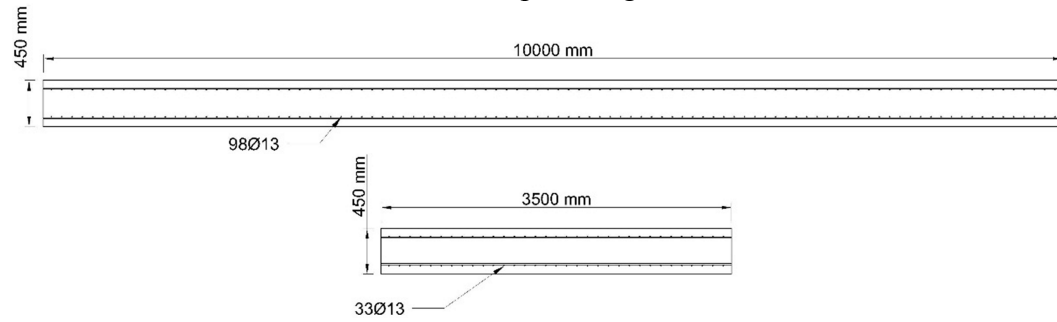
Gambar 10 Sketsa penulangan balok B3A



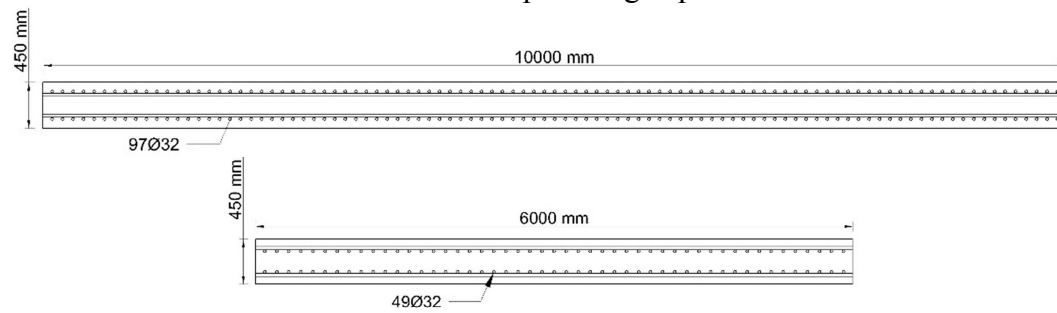
Gambar 11 Sketsa penulangan balok B4



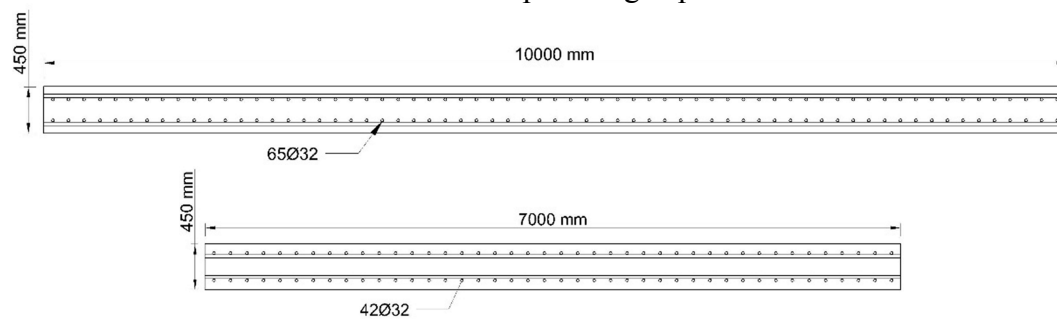
Gambar 12 Sketsa penulangan balok B4A



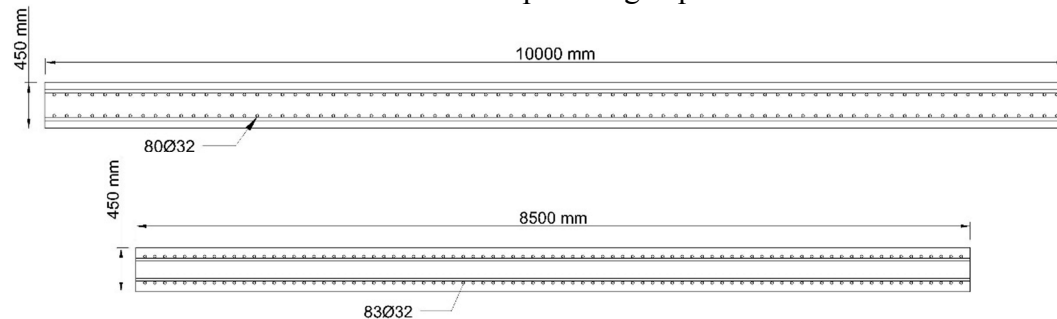
Gambar 13 Sketsa penulangan pelat Plat1



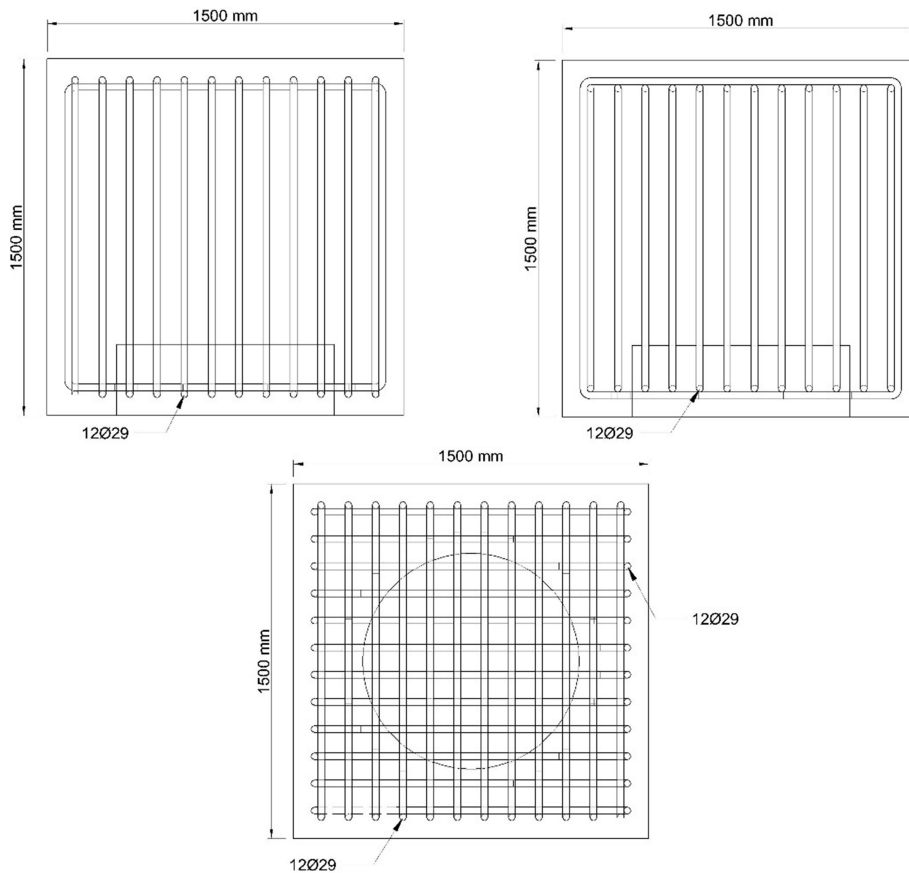
Gambar 14 Sketsa penulangan pelat Plat2



Gambar 15 Sketsa penulangan pelat Plat3



Gambar 16 Sketsa penulangan pelat Plat4



Gambar 17 Sketsa penulangan *pilecap*

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE/SEI 7-10, Reston, 2010
- British Standard Institute, Maritime Structures*, BS 6349.
- Computers and Structures, Inc., SAP2000 Design Manual*, Berkeley.
- Computers and Structures, Inc., SAP2000 Tutorial Manual*, Berkeley.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847, Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Cetakan ke-7, Bandung, 1971.
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan, *Baja Tulangan Beton*, SNI 07-2052, Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- Fentek Marine Systems GmbH, Marine Fendering Systems*, Hamburg, 2001.
- Kementrian Pekerjaan Umum, *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2010.
- Liebherr Container Cranes Ltd., Technical Description Ship to Shore Gantry Cranes*, Fossa.
- Maritime International Inc., Mooring Bollard*, 2010.
- Tomlinson, M., dan Woodward, J. *Pile Design and Construction Practice*, 5th edition, London, 2008.