

Hasil Review

**Pekerjaan Studi Kelayakan Teknis
Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak
KAB. MOROWALI, SULAWESI TENGAH**

Pemberi Tugas:

PT DIAGRAM TRIPROPORSI

Dibuat:

Sunarjo Leman

**Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara
Septembe 2023**

SURAT TUGAS

Nomor: 20-R/UNTAR/Pengabdian/II/2024

Rektor Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada saudara:

SUNARJO LEMAN, Ir., M.T.

Untuk melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan data sebagai berikut:

Judul	:	Pekerjaan Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak.
Mitra	:	PT. DIAGRAM TRIPROPORSI
Periode	:	1 Juli 2023 sampai 30 September 2023
URL Repository	:	-

Demikian Surat Tugas ini dibuat, untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan melaporkan hasil penugasan tersebut kepada Rektor Universitas Tarumanagara

18 Februari 2024

Rektor



Prof. Dr. Ir. AGUSTINUS PURNA IRAWAN

Print Security : d1cbdfbe2df41d11cc722b1ba6a33c5b

Disclaimer: Surat ini dicetak dari Sistem Layanan Informasi Terpadu Universitas Tarumanagara dan dinyatakan sah secara hukum.

Lembaga

- Pembelajaran
- Kemahasiswaan dan Alumni
- Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat
- Penjaminan Mutu dan Sumber Daya
- Sistem Informasi dan Database

Fakultas

- Ekonomi dan Bisnis
- Hukum
- Teknik
- Kedokteran
- Psikologi
- Teknologi Informasi
- Seni Rupa dan Desain
- Ilmu Komunikasi
- Program Pascasarjana



PT DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant

Agnesia Building 1st Floor, Jl Pemuda 73B Jakarta 13220

Phone : 021-4701356/57, 021-4892042, 021-4720895

E-mail : project@diagramtriproporsi.com | website : www.diagramtriproporsi.com

No. : 087/DTP/VIII/2023

Jakarta, 31 Juni 2023

Kepada Yth,
Bapak Ir. Sunarjo Leman, M.T
di tempat

Perihal : Surat Penugasan Sebagai Struktural Reviewer

Dengan hormat,

Berdasarkan pembahasan melalui email dan telepon, dengan ini kami menunjuk Ir. Sunarjo Leman, M.T sebagai Struktural Reviewer yang bertugas memeriksa untuk Pekerjaan Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak. Pemberi Tugas adalah PT Dovechem Group. Waktu pelaksanaan dimulai pada 1 Juli 2023 sampai 30 September 2023.

Demikian kami sampaikan dan terima kasih atas perhatian dan Kerjasama Bapak

Hormat Kami,
PT DIAGRAM TRIPROPORSI


Ir. MM Nani Irawati
Direktur

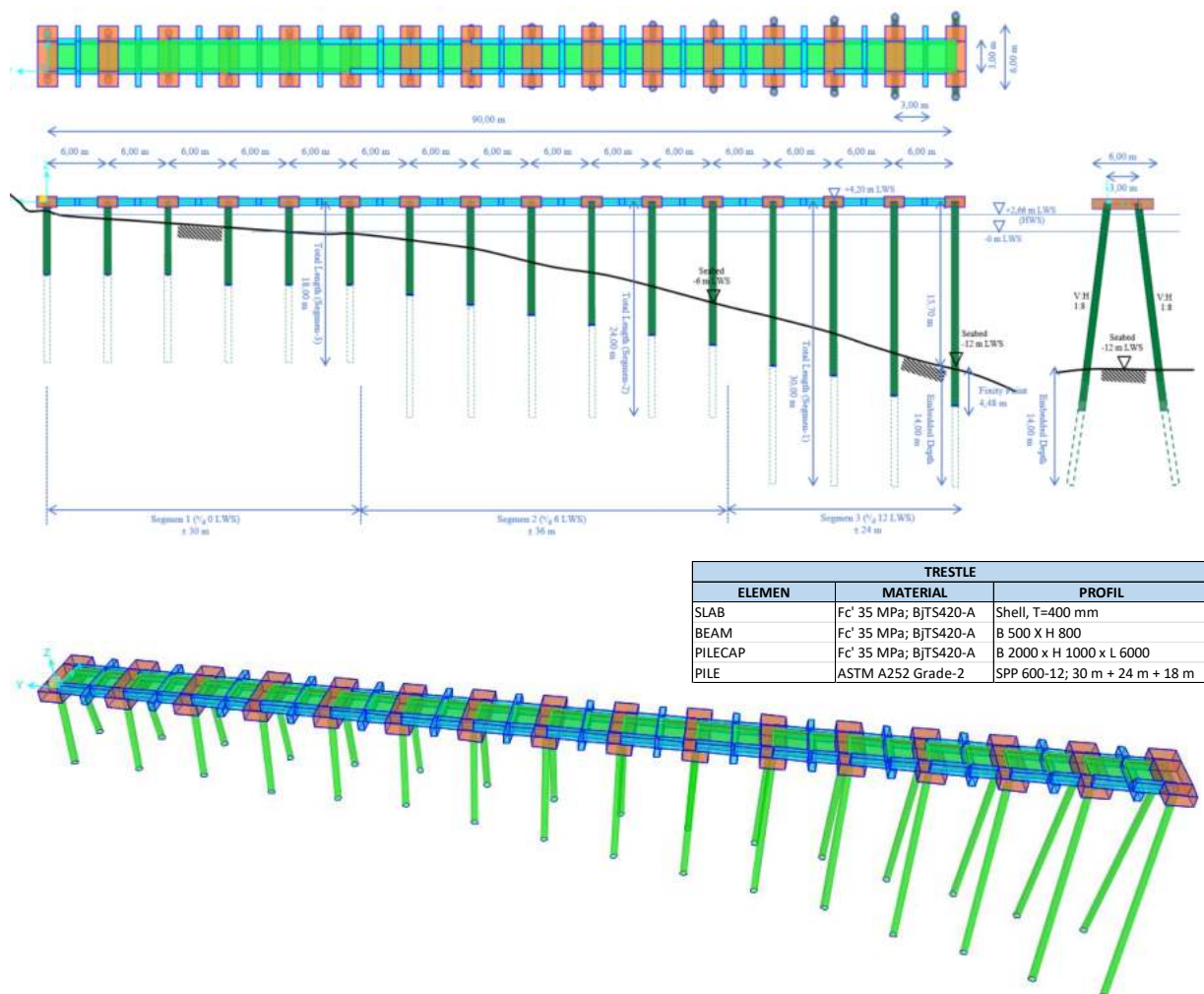
4.2 Trestle

4.2.1 Pemodelan Struktur Trestle

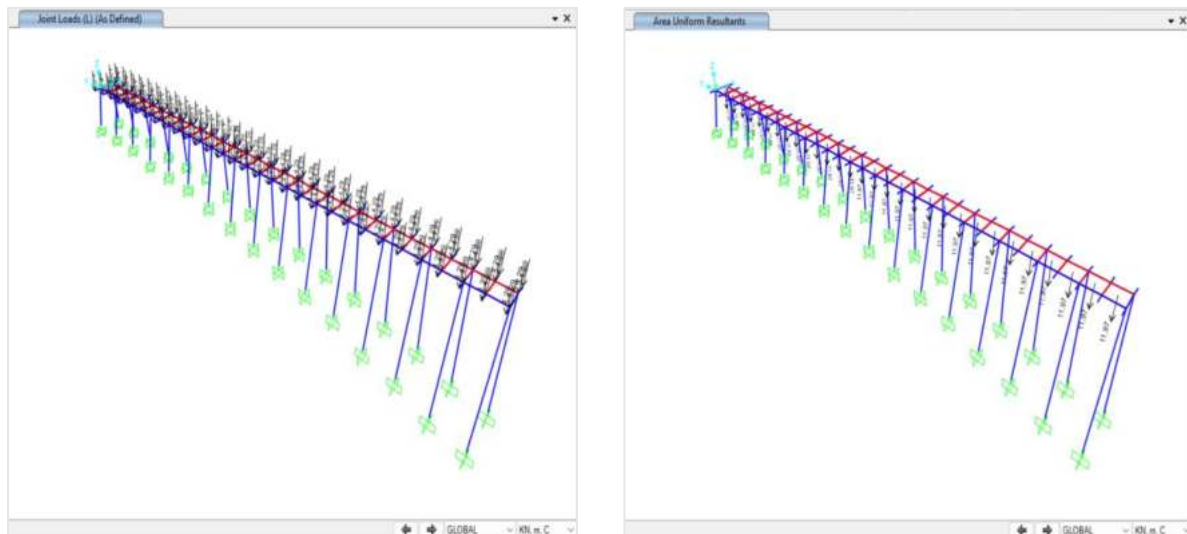
Trestle dimodelkan dengan panjang total 90,00 m dan segmen setiap 6,00 m. Adapun lebar *trestle* sebesar 3,00 m dan terdapat *oversteck* dengan lebar 1,50 m di samping kanan dan kiri untuk akses pipa seperti yang dijelaskan pada sub bab 2.1.2.

Beban yang bekerja pada *trestle* adalah beban mati; beban hidup sebesar 11,97 kN/m² pada pelat dan 1,24 m' pada *oversteck*; serta beban gempa seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.5.6.

Trestle menggunakan tiang pancang SPP 600-12 (ASTM A252 Grade-2); *pile cap* berdimensi 2.000 mm x 1.000 mm x 6.000 mm; Balok 500 mm x 800 mm; dan pelat dengan tebal 400 mm. Material beton menggunakan Fc' 35 MPa dan tulangan BjTS 420-A sesuai SNI 2052:2017. *Trestle* dimodelkan seperti pada Gambar 4.1 dan pembebanan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 - Pemodelan *Trestle*



(a) Beban Hidup pada Oversteck

(b) Beban Hidup pada Pelat

Gambar 4.2 - Pembebanan pada *Trestle*

4.2.2 Kontrol Beban Gempa pada Struktur Trestle

Beban gempa pada struktur dimodelkan menggunakan metode *response spectrum*. Berdasarkan Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019, gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) harus diambil sama dengan atau lebih besar dari gaya geser dasar hasil perhitungan statik ekuivalen (V). Hasil perhitungan gaya geser dasar statik ekuivalen (V) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= W \cdot C_s = W \left(\frac{S_{DS} \cdot I_e}{R} \right) \\ &= 14.028,29 \text{ kN} \left(\frac{0,61 \times 1}{3} \right) = 2.852,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan gaya geser gempa dasar harus sama dengan atau lebih besar dari 2.852,42 kN seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.1 sehingga pemodelan dapat dinyatakan benar.

Gaya gempa dalam arah ortogonal harus dikombinasikan 100% arah utama ditambah 30% arah tegak lurus nya dalam kombinasi pembebanan.

Berdasarkan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726:2019 bahwa Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Ketentuan tersebut dijabarkan pada Tabel 4.2. Oleh karena itu, pemodelan *response spectrum* telah memenuhi semua persyaratan dan dapat diaplikasikan.

Tabel 4.1 - Output *Base Reaction* untuk Kontrol Beban Gempa *Trestle*

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
D	LinStatic	-	0,00	0,00	10.264,43
SD	LinStatic	-	0,00	0,00	-
L	LinStatic	-	0,00	0,00	3.763,86
D + SD + L	Combination	-	0,00	0,00	14.028,29
EQx	LinRespSpec	Max	2852,42	0,00	0,00
EQy	LinRespSpec	Max	0,00	2852,44	2,13

Tabel 4.2 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodenya pada
Trestle

Output Case	Step Num	Period (Sec)	Frequency (cyc/sec)	Eigen Value (rad ² /sec ²)	UX	UY	RZ
MODAL	1	0,931613	1,07341	45,49	4,0,E-01	0,0,E+00	4,89,E-01
MODAL	2	0,730833	1,36830	73,91	0,0,E+00	1,0,E+00	0,00,E+00
MODAL	3	0,526934	1,89777	142,18	3,4,E-01	0,0,E+00	4,58,E-02
MODAL	4	0,369542	2,70605	289,09	2,4,E-01	2,3,E-20	4,17,E-01
MODAL	5	0,284616	3,51350	487,35	5,0,E-03	0,0,E+00	3,36,E-02
MODAL	6	0,178134	5,61375	1.244,13	6,1,E-05	4,6,E-20	3,30,E-04
MODAL	7	0,116177	8,60754	2.924,94	8,9,E-06	3,5,E-19	3,87,E-05
MODAL	8	0,086070	11,61846	5.329,13	2,5,E-17	1,2,E-04	1,31,E-15
MODAL	9	0,082297	12,15118	5.829,03	2,5,E-03	3,3,E-17	3,73,E-03
MODAL	10	0,081834	12,21992	5.895,17	1,9,E-03	5,5,E-18	3,33,E-03
MODAL	11	0,076550	13,06333	6.737,02	4,4,E-15	4,4,E-10	2,07,E-14
MODAL	12	0,073436	13,61723	7.320,44	1,6,E-03	2,3,E-17	2,40,E-04
Grand Total					1,00000	1,00000	1,000000

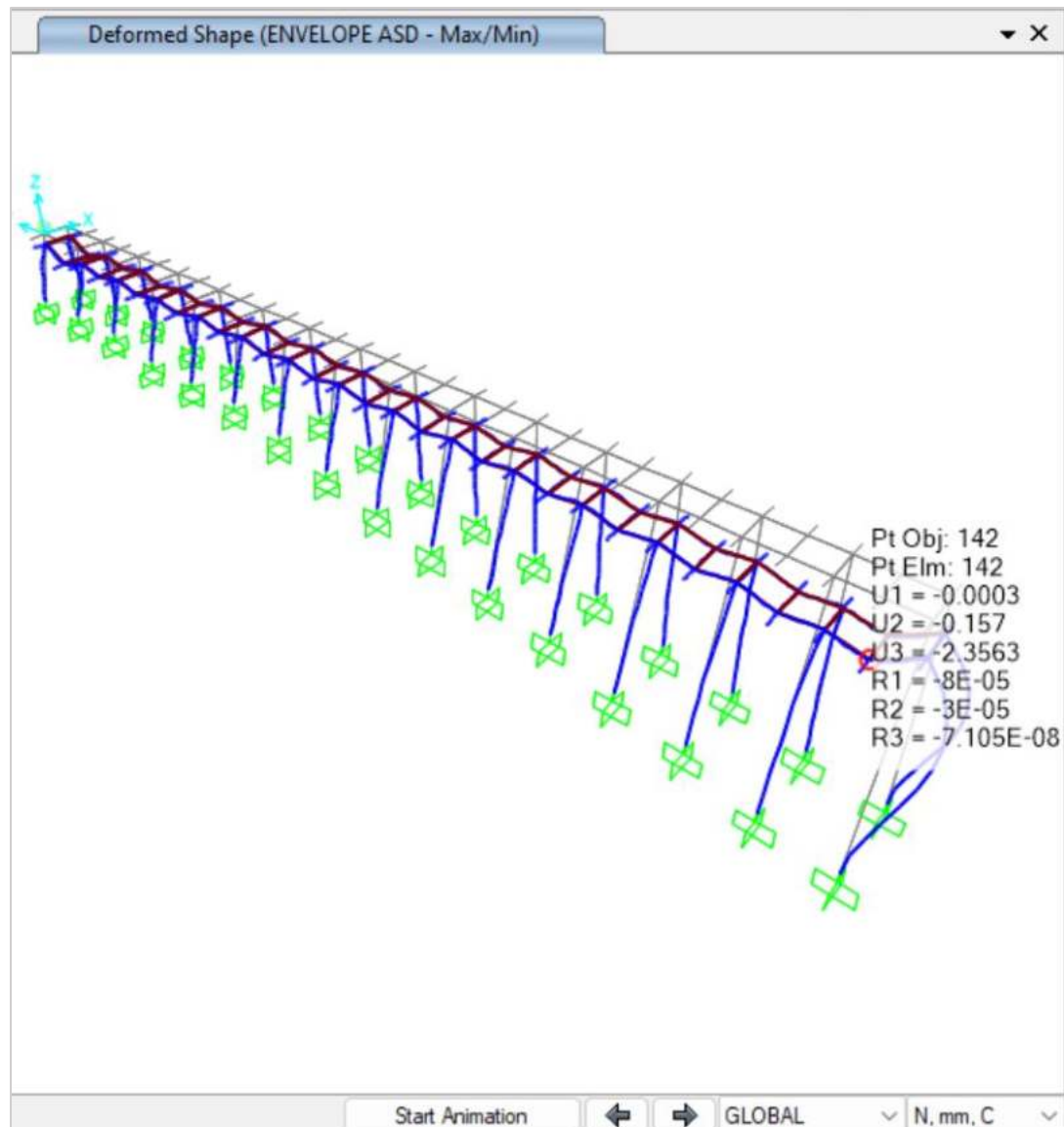
4.2.3 Defleksi pada Struktur *Trestle*

Kontrol defleksi struktur dilakukan terhadap beban kerja (*service load*). Defleksi yang diprediksi terjadi ditampilkan pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.3. *Deformed Shape* Modal-1 hingga Modal-3 dari periode natural struktur ditampilkan pada Gambar 4.4.

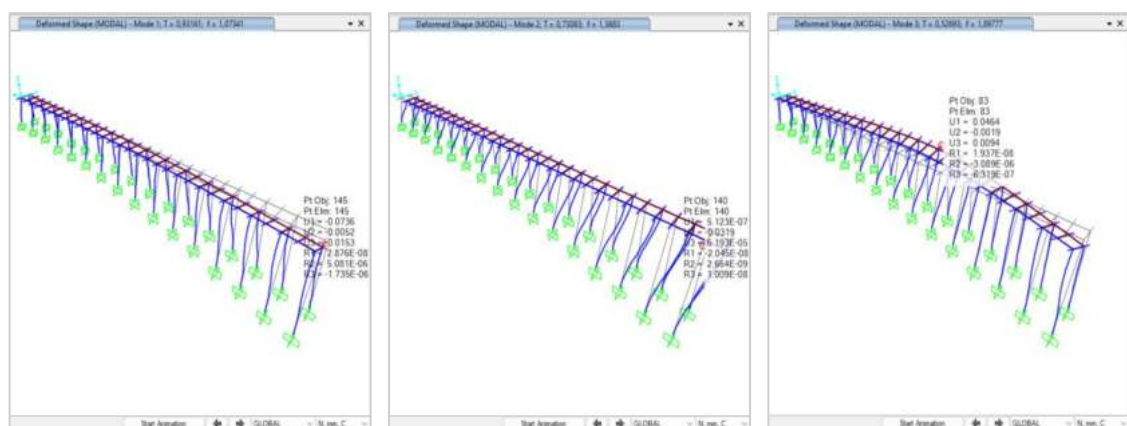
Didapatkan resultan defleksi maksimum sebesar 2,43 mm memenuhi defleksi izin 16,67 mm ($L/360$). sehingga dapat dinyatakan **LAYAK**.

Tabel 4.3 - Defleksi Struktur pada *Trestle*

Kombinasi Beban		U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	R1 (rad)	R2 (rad)	R3 (rad)
ENVELOPE	Max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ASD	Min	0,00	-0,16	-2,43	0,00	0,00	0,00



Gambar 4.3 - Defleksi Struktur *Tresle* (2,43 mm)



(a) Modal-1
(T=0,932 ; f=1,073)

(b) Modal-2
(T=0,731 ; f=1,368)

(c) Modal-3
(T=0,527 ; f=1,898)

Gambar 4.4 - *Deformed Shape Mode* pada *Trestle*

4.2.4 Perhitungan Tiang Pancang Trestle

1. Gaya Dalam Tiang Pancang

Output gaya dalam untuk setiap kombinasi beban pada tiang pancang ditampilkan pada Tabel 4.4. Kombinasi beban LRFD digunakan untuk control kekuatan profil, sedangkan kombinasi ASD digunakan untuk menentukan daya dukung dan kedalaman tertanam tiang yang dibutuhkan. Sedangkan kombinasi beban gempa digunakan untuk keduanya.

Tabel 4.4 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Trestle*

Kombinasi Beban		P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN.m)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
LRFD I	Max	-	109,53	7,25	2,34	37,11	145,71
	Min	-369,25	-91,69	-7,25	-2,34	-37,11	-135,10
LRFD II	Max	-	63,62	3,02	0,63	15,50	57,05
	Min	-204,85	-63,62	-3,02	-0,63	-15,50	-58,40
LRFD III	Max	-	93,84	6,05	1,78	30,94	119,60
	Min	-333,20	-89,12	-6,05	-1,78	-30,94	-113,64
LRFD IV	Max	-	109,53	7,25	2,34	37,11	145,71
	Min	-369,25	-91,69	-7,25	-2,34	-37,11	-135,10
ASD I	Max	-	82,56	5,37	1,64	27,50	106,92
	Min	-287,68	-74,98	-5,37	-1,64	-27,50	-100,66
ASD II	Max	-	42,41	2,02	0,42	10,33	38,04
	Min	-136,57	-42,41	-2,02	-0,42	-10,33	-38,93
ASD III	Max	-	76,02	4,87	1,40	24,93	96,04
	Min	-272,67	-73,91	-4,87	-1,40	-24,93	-91,72
ASD IV	Max	-	82,56	5,37	1,64	27,50	106,92
	Min	-287,68	-74,98	-5,37	-1,64	-27,50	-100,66
U1A	Max	157,17	411,48	69,52	65,67	253,85	524,76
	Min	-683,90	-411,48	-69,52	-65,67	-253,85	-564,06
U1B	Max	78,59	192,15	194,90	19,70	733,60	446,51
	Min	-557,42	-180,95	-194,90	-19,70	-733,60	-475,63
U1C	Max	226,96	388,57	68,43	65,67	251,53	524,54
	Min	-610,13	-388,57	-68,43	-65,67	-251,53	-546,86
U1D	Max	100,46	173,87	193,81	19,70	731,28	450,40
	Min	-483,64	-158,31	-193,81	-19,70	-731,28	-471,73
U2A	Max	163,16	411,48	69,32	65,67	253,41	524,71
	Min	-677,91	-411,48	-69,32	-65,67	-253,41	-563,40
U2B	Max	78,66	189,54	194,70	19,70	733,16	447,10
	Min	-551,41	-180,95	-194,70	-19,70	-733,16	-475,04
U2C	Max	232,95	388,57	68,23	65,67	251,09	524,49
	Min	-604,14	-388,57	-68,23	-65,67	-251,09	-546,19
U2D	Max	106,46	171,26	193,61	19,70	730,84	450,99
	Min	-477,64	-158,04	-193,61	-19,70	-730,84	-471,14

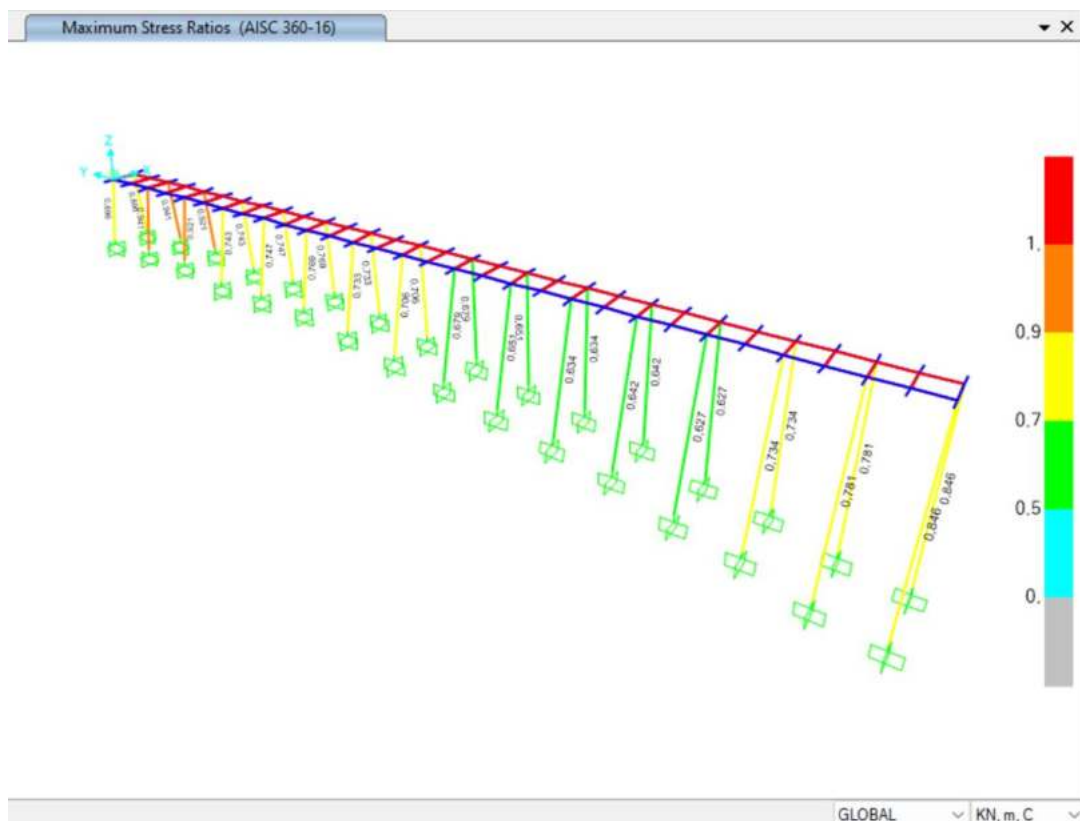
2. Stress Ratio Tiang Pancang

Profil tiang pancang harus mampu menahan gaya dalam dan momen yang terjadi. Profil tiang pancang harus dicek terhadap kombinasi momen dan gaya aksial sesuai AISC 360-16 atau yang setara. Prinsip untuk perhitungan kontrol profil tiang pancang terhadap kombinasi momen dan gaya aksial sebagai berikut:

$$\text{Jika } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,20 \text{ maka: } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \sqrt{\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}}\right)^2 + \left(\frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}}\right)^2} \leq 1,00$$

$$\text{Jika } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,20 \text{ maka: } \frac{P_u}{2 \phi P_n} + \sqrt{\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}}\right)^2 + \left(\frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}}\right)^2} \leq 1,00$$

Hasil analisis *stress ratio* tiang pancang dari pemodelan ditampilkan pada Gambar 4.5. Perhitungan detail ditampilkan pada Gambar 4.6. Didapatkan bahwa *stress ratio* profil SPP 600-12 adalah maksimum sebesar 0,941 sehingga dapat dinyatakan **LAYAK**



Gambar 4.5 - *Stress Ratio* Tiang Pancang pada Trestle (Max. 0,941)

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : KN, m, C						
Frame : 424	X Mid: -0,45	Combo: U1B	Design Type: Column			
Length: 7,256	Y Mid: -6,	Shape: SPP 600-12	Frame Type: OMF			
Loc : 0,	Z Mid: -3,6	Class: Seismic MD	Princpl Rot: 0, degrees			
Provision: LRFD Analysis: Effective Length						
D/C Limit=1, 2nd Order: General 2nd Order						
Ignore Seismic Code? No	Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes			
SDC: D	I=1,25	Rho=1,	Sds=0,61			
R=3,5	Omega0=3,	Cd=5,5				
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75			
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9				
A=0,022	I33=9,584E-04	r33=0,208	S33=0,003	Av3=0,011		
J=0,002	I22=9,584E-04	r22=0,208	S22=0,003	Av2=0,011		
E=199947978,8	Fy=240000,	Ry=1,	z33=0,004	Cw = Not Required		
RLLF=1,	Fu=415000,	z22=0,004				
HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo U1B)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-572,233	-136,333	773,949	37,683	-208,426	-6,082
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-lb)						
D/C Ratio: 0,941 = 0,064 + 0,152 + 0,864						
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)						
COMPACTNESS						
Slenderness	Lambda	Lambda_hd	Lambda_md	Lambda_p	Lambda_r	Lambda_s
Compactness						
Bending/Any	50,	44,155	64,15	58,318	258,266	374,902
Seismic MD						
Axial/Flange	50,				91,643	
Seismic HD						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-lb)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,003	1,	1,	0,964
Minor Bending	1,	1,	1,025	1,	1,	0,986
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1,	1,025	2,175			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-572,233	4486,42	4788,089			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1		
	-136,333	896,293	896,293	896,293		
Minor Moment	773,949	896,293				
Torsion	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity			
	-6,082	938,465	844,619			
SHEAR CHECK						
	Vu	phi*Vn	Stress	Status		

Gambar 4.6 - Output Desain Profil pada Tiang Pancang *Trestle*

3. Daya Dukung Tiang Pancang

Reaksi tiang pancang hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 4.4. Didapatkan bahwa beban yang harus didukung tiang pancang SPP 600-12 adalah 287,68 kN tekan (kondisi service) dan 232,95 kN tarik / -683,90 kN tekan (kondisi gempa) ditambahkan berat sendiri SPP 600-12 sebesar 1,70 kN/m' di sepanjang tiang yang tertanam.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung **SPP 600-12** pada Tabel 3.12, didapatkan bahwa tiang pancang pada *trestle* memerlukan panjang tertanam hingga 14 meter (daya dukung ASD = 1.329,30 kN ; daya dukung gempa = 2.118,70 kN; daya dukung tarik = 256,36 kN) sehingga panjang total **SPP 700-12** yang diperlukan adalah **30 m (3,70 m + 12 m + 14 m)** untuk segmen-3 (hingga *seabed* -12 m LWS), **24 m (3,70 m + 6 m + 14 m)** untuk segmen-2 (hingga *seabed* -6 m LWS), dan **18 m (3,70 m + 0 m + 14 m)** untuk segmen-1 (hingga *seabed* 0 LWS),.

DISCLAIMER! Harus diperhatikan bahwa belum ada data hasil investigasi tanah. Digunakan data tanah dari sekitar lokasi Sulawesi (Kendari, Pantoloan, Donggala, Palu) sebagai variabel kontrol untuk memperkirakan fondasi yang dibutuhkan. Lingkup pekerjaan konsultan hanya sebatas desain konseptual, bukan "Detailed Engineering Design".

Tabel 3.10 - Daya Dukung SPP 600-12 (Salinan)

DAYA DUKUNG FONDASI TIANG BERDASARKAN DATA SPT															
PROJEK		LOKASI		KOORDINAT LOKASI UJI SPT		KEDALAMAN UJI SPT		MUKA AIR TANAH		OD		METODE PERHITUNGAN		JENIS TIANG	
TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF CHEMICAL & FUEL OIL MARINE TERMINAL		LABOTA, MOROWALI CENTRAL SULAWESI		-		30,00 m		0,00 m		ID		7600,00 mm 12,00 mm 1,200 kN/m ²		Driven Pile	
Kedalaman (m)	N ₆₀	Jenis Tanah USCS	Kondisi Tanah	Y _{sat} (kN/m ³)	N ₁	Koreksi N q _u (kN/m ²)	N ₂	Johesi Undr C _u (kN/m ²)	Base Resistance N _q or C _c (kN)	Shaft Resistance Q _s (kN)	Q _u D600 (kN)	Earthquake Q _s (kN)	Ordinary Q _s (kN)	Pull-out (kN)	
0	0	SP	non-Kohesi Medium	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
1	5	SP	non-Kohesi Medium	17,00	4,75	17,00	5,56	0,00	5,94	503,64	2,38	8,95	512,6	340,2	205,0
2	10	SP	non-Kohesi Medium	17,00	9,50	34,00	10,58	0,00	13,06	1.108,00	4,75	35,81	1.143,8	756,6	457,5
3	12	SP	non-Kohesi Medium	17,00	11,75	51,00	12,50	0,00	17,06	1.447,29	6,50	73,51	1.520,8	1.001,6	608,3
4	14	SP	non-Kohesi Medium	17,00	14,00	68,00	14,25	0,00	20,44	1.737,57	8,00	120,64	1.854,2	1.216,0	741,7
5	16	SP	non-Kohesi Medium	17,00	9,30	85,00	9,07	0,00	15,13	1.282,95	8,22	154,88	1.437,8	932,7	575,1
6	17	SP	non-Kohesi Medium	17,00	10,20	102,00	9,56	0,00	15,08	1.278,71	8,50	192,27	1.471,0	948,6	588,4
7	19	SP	non-Kohesi Medium	17,00	11,10	119,00	10,00	0,00	16,43	1.393,22	8,83	232,89	1.626,1	1.045,3	650,4
8	20	SP	non-Kohesi Medium	17,00	11,70	136,00	10,15	0,00	17,40	1.475,92	9,14	275,79	1.751,7	1.121,8	700,7
9	20	SP	non-Kohesi Medium	17,00	11,70	135,00	9,79	0,00	17,55	1.488,64	9,40	318,93	1.807,6	1.151,9	723,0
10	20	SP	non-Kohesi Medium	17,00	11,70	137,00	9,85	0,00	17,55	1.489,56	9,61	362,25	1.850,9	1.173,6	740,4
11	18	SP	non-Kohesi Medium	17,00	10,65	187,00	8,32	0,00	16,24	1.377,31	9,70	402,08	1.779,4	1.119,2	718,8
12	16	SP	non-Kohesi Medium	17,00	9,60	204,00	7,26	0,00	14,66	1.243,72	9,69	438,30	1.682,0	1.048,3	672,8
13	28	SP	non-Kohesi Medium	17,00	16,80	221,00	12,31	0,00	23,40	1.984,86	10,20	499,72	2.484,6	1.573,1	993,8
14	38	SP	non-Kohesi Medium	17,00	22,50	338,00	15,99	0,00	32,33	2.741,90	11,02	581,45	3.323,3	2.118,7	1.391,3
15	40	SP	non-Kohesi Medium	17,00	24,15	255,00	16,66	0,00	35,81	3.037,72	11,84	669,39	3.707,1	2.359,3	1.482,8
16	42	SP	non-Kohesi Medium	17,00	25,20	272,00	16,88	0,00	37,54	3.184,04	12,62	761,43	3.945,5	2.503,4	1.578,2
17	45	SP	non-Kohesi Medium	17,00	27,15	289,00	17,69	0,00	40,24	3.413,07	13,43	860,74	4.273,8	2.705,7	1.709,5
18	48	SP	non-Kohesi Medium	17,00	28,50	306,00	18,07	0,00	42,41	3.597,56	14,22	962,20	4.562,8	2.811,0	1.825,1
19	50	SP	non-Kohesi Medium	17,00	30,00	323,00	18,52	0,00	44,63	3.785,23	15,01	1.075,32	4.860,5	3.061,1	1.944,2
20	50	SP	non-Kohesi Medium	17,00	30,00	340,00	18,05	0,00	45,00	3.817,04	15,73	1.185,73	5.002,8	3.137,6	2.001,1
21	51	SP	non-Kohesi Medium	17,00	30,00	357,00	17,95	0,00	45,75	3.880,65	16,40	1.298,54	5.179,2	3.236,4	2.071,7
22	57	SP	non-Kohesi Medium	17,00	34,20	374,00	19,57	0,00	50,40	4.275,08	17,18	1.424,55	5.699,6	3.562,3	2.279,9
23	54	SP	non-Kohesi Medium	17,00	32,40	391,00	18,10	0,00	49,05	4.160,57	17,81	1.544,30	5.704,9	3.540,5	2.281,9
24	51	SP	non-Kohesi Medium	17,00	30,00	408,00	16,81	0,00	46,60	3.952,75	18,33	1.658,46	5.611,2	3.464,4	2.244,5
25	49	SP	non-Kohesi Medium	17,00	29,60	425,00	15,79	0,00	44,70	3.791,59	18,76	1.768,41	5.560,0	3.413,9	2.224,0
26	60	SP	non-Kohesi Medium	17,00	36,00	442,00	18,77	0,00	52,40	4.444,73	19,40	1.901,72	6.246,5	3.914,0	2.538,6
27	59	SP	non-Kohesi Medium	17,00	35,60	459,00	18,16	0,00	53,50	4.538,03	19,98	2.033,75	6.571,8	4.042,2	2.628,7
28	60	SP	non-Kohesi Medium	17,00	36,00	476,00	17,98	0,00	53,90	4.576,95	20,53	2.167,39	6.739,3	4.131,7	2.695,7
29	58	SP	non-Kohesi Medium	17,00	35,60	493,00	17,41	0,00	53,50	4.538,03	21,04	2.298,70	6.837,7	4.175,2	2.735,1
30	60	SP	non-Kohesi Medium	17,00	36,00	510,00	17,25	0,00	53,90	4.576,96	21,52	2.433,60	7.005,6	4.248,4	2.802,2

Daya Dukung SPP 600.12 (OCDI, 2020)

Q_u (kN)

0 2500 5000 7500 10000 12500 15000

Kedalaman (m)

0 5 10 15 20 25 30 35

Qu, Qu_earthquake, Qu_ordinary, Qu_pullout

Metode OCDI (2020)

$Q_u = Q_{u1} + Q_{u2}$

$Q_{u1} = [100 \cdot S_{60} \cdot A_{ps}] + [2 \cdot \sum C_{u1} \cdot A_{ps}]$

Unit: mm panjang

$Q_{u2} = [5 \cdot \sum C_{u2} \cdot A_{ps}] + [5 \cdot \sum C_{u3} \cdot A_{ps}]$

Diagram

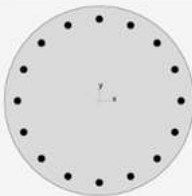
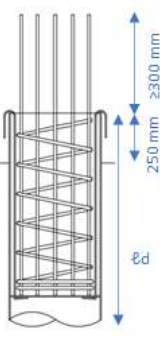
Diagram 1: Diagram

4.2.5 Perhitungan Tulangan Trestle

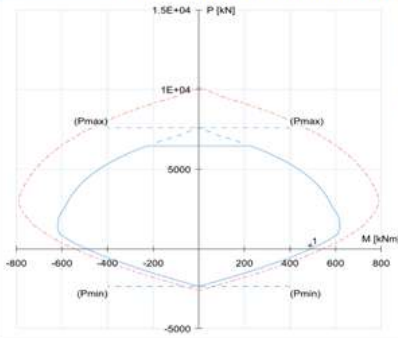
1. Perhitungan Kepala Tiang (Pile Plug)

Penulangan kepala tiang didasarkan pada SNI 2847:2019, bahwa tulangan pada kepala tiang harus mampu menyalurkan gaya-gaya yang bekerja. Perhitungan tulangan kepala tiang ditampilkan pada Tabel 4.5. Didapatkan hasil bahwa kepala tiang dapat menggunakan tulangan utama 20-D22 dan tulangan spiral D13-125 dengan panjang penyaluran 1000 mm.

Tabel 4.5 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada *Trestle*

PILE PLUG	
PROPERTIES	
f_c	35 MPa
f_y	420 MPa
Gross area	259506 mm ²
Total As	6194 mm ²
Rho	2.39 %
Max. capacity ratio	0.97
SECTION	
	
	

DEVELOPMENT LENGTH		
Concrete Strength	f'_c	35 MPa
Longitudinal Reinforcement	db	22 mm
Confinement Reinforcement	ds	13 mm
Reinforcement Yield Strength	f_y	420 MPa
Casting Position Factor	ψ_t	1
Coating Factor	ψ_e	1
Reinforcement Grade Factor	ψ_g	1
Lightweight Concrete	λ	1
Development Length	ℓ	918,73 mm
Use $\ell = 1000$ mm		
$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{2.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad \text{for } d_b < 19 \text{ mm}$		
$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad \text{for } d_b \geq 22 \text{ mm}$		

LONGITUDINAL REINFORCEMENT	
	
PILE PLUG SPP 600-12 16-D22 As = 6.194 mm ² ρ = 2,39 % Use spiral 16-D22	

CONFINING REINFORCEMENT		
Pile Outer Diameter	OD	600 mm
Pile Thickness	t	12 mm
Concrete Cover	c	40 mm
Concrete Core Dia.	D'	522 mm
Concrete Core Sectional Area	A_{ch}	214.008,43 mm ²
Gross Sectional Area	A_g	260.576,26 mm ²
Ratio of Spiral Reinforcement	ρ_s	0,00816
Confining Reinforcement Area	A_{sp}	132,73 mm ²
Spiral Spacing	s	124,65 mm
Use spiral D13-125		
$\rho_s \geq 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y} \quad ; \quad s = \frac{4 \cdot A_{sp}}{D' \cdot \rho_s}$		

2. Perhitungan Pile Cap

Geser Pons (punching shear) adalah mekanisme keruntuhan pada komponen struktur seperti *slab* dan kepala tiang pancang oleh geser di bawah aksi beban terpusat. Aksi beban terpusat terjadi pada area yang lebih kecil di anggota struktur. Tegangan geser pons dapat terjadi di sekitar beban terpusat, ditentukan antara lain oleh tahanan tarik beton di bidang kritis yang berupa piramida atau kerucut terpancung di sekitar beban atau reaksi tumpuan terpusat tersebut yang akan berusaha lepas dari (menembus) panel. Nilai kuat geser dua arah berdasarkan Pasal 22.6.5 SNI 2847:2019 seperti pada Tabel 4.6 sehingga *pile cap* dapat dinyatakan layak terhadap kontrol geser pons dan tidak memerlukan tulangan geser.

Tabel 4.6 - Kontrol Geser Pons *Pile Cap Trestle*

SHEAR PUNCH			
Concrete Strength	fc'	35,00	MPa
Pile Diameter	D	700,00	mm
Shear Punch Perimeter	bo	4.398,23	mm
Pile Cap Effective Depth	d	710,00	mm
Pile long-to-shot ratio	βc	1,00	
Location Factor	αs	1,00	
Lightweight Concrete	λ	1,00	
	Vc1	9.421,94	kN
	Vc2	3.314,28	kN
	Vc3	6.096,55	kN
Concrete Punching Shear Strength		3.314,28	kN
Factored Punching Shear Strength	φVn	2.485,71	kN
Ultimate Shear Force	Vu	833,31	kN
Check	OK!		
$v_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$ $v_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$ $v_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$			

Selanjutnya perlu diperhitungkan tulangan lentur yang diperlukan. *Pile cap* diasumsikan sebagai pelat tebal yang menahan beban lentur akibat reaksi tiang pancang. Tulangan *pile cap* pada *trestle* ditampilkan pada Tabel 4.7. Didapatkan bahwa tulangan yang diperlukan adalah D22-200 pada semua arah untuk sisi bawah dan sisi atas.

Tabel 4.7 - Tulangan Lentur pada *Pile Cap Trestle*

FLEXURAL REINFORCEMENT (X-DIRECTION)			
Moment Ultimate	M_u	605,83	kN.m
Longitudinal Reinforcement	db	22,00	mm
Concrete Cover	c	70,00	mm
Beam Total Depth	H	1.000,00	mm
Beam Total Width	bw	2.000,00	mm
Beam Effective Depth	d	919,00	mm
Concrete Strength	f_c'	35,00	MPa
Steel Strength	f_y	420,00	MPa
	R_n	0,40	N/mm ²
Reinforcement Percentage	ρ	0,00096	
Reinforcement Area	A_s	1.755,83	mm ²
	$A_{s \min}$	3.308,40	mm ²
Reinforcement Area Used	A_s	3.308,40	mm ²
		3.421,19	mm ²
Number of Reinforcement Bar	n	9,00	
Reinforcement Bar Spacing	s	222,22	mm
Use D22-200			
$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d} \quad A_{s \min} = 0,18\% \cdot b_w \cdot d$ $\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b_w \cdot d$			
FLEXURAL REINFORCEMENT (Y-DIRECTION)			
Moment Ultimate	M_u	101,19	kN.m
Longitudinal Reinforcement	db	22,00	mm
Concrete Cover	c	70,00	mm
Beam Total Depth	H	1.000,00	mm
Beam Total Width	bw	6.000,00	mm
Beam Effective Depth	d	919,00	mm
Concrete Strength	f_c'	35,00	MPa
Steel Strength	f_y	420,00	MPa
	R_n	0,02	N/mm ²
Reinforcement Percentage	ρ	0,00005	
Reinforcement Area	A_s	291,40	mm ²
	$A_{s \min}$	9.925,20	mm ²
Reinforcement Area Used	A_s	9.925,20	mm ²
		10.263,58	mm ²
Number of Reinforcement Bar	n	27,00	
Reinforcement Bar Spacing	s	222,22	mm
Use D22-200			
$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d} \quad A_{s \min} = 0,18\% \cdot b_w \cdot d$ $\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b_w \cdot d$			

3. Perhitungan Tulangan Balok

Tulangan balok dihitung seperti pada Tabel 4.8, didapatkan bahwa balok induk dapat menggunakan 800 x 500 (H x B) dengan tulangan utama 5-D22 di sisi atas dan 4-D22 di sisi bawah serta tulangan sengkang D13-200.

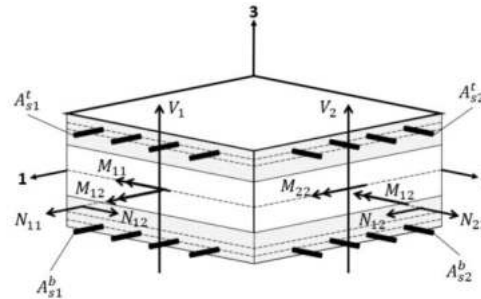
Tabel 4.8 - Perhitungan Tulangan Balok pada *Trestle* (800 x 500)

FLEXURAL REINFORCEMENT (AT SUPPORT)				FLEXURAL REINFORCEMENT (AT MIDSPAN)			
Moment Ultimate	Mu	407,79	kN.m	Moment Ultimate	Mu	288,59	kN.m
Longitudinal Reinforcement	db	22,00	mm	Longitudinal Reinforcement	db	22,00	mm
Concrete Cover	c	70,00	mm	Concrete Cover	c	70,00	mm
Beam Total Depth	H	800,00	mm	Beam Total Depth	H	800,00	mm
Beam Total Width	bw	500,00	mm	Beam Total Width	bw	500,00	mm
Beam Effective Depth	d	719,00	mm	Beam Effective Depth	d	719,00	mm
Concrete Strength	fc'	35,00	MPa	Concrete Strength	fc'	35,00	MPa
Steel Strength	fy	420,00	MPa	Steel Strength	fy	420,00	MPa
	Rn	1,75	N/mm ²		Rn	1,24	N/mm ²
Reinforcement Percentage	p	0,00430		Reinforcement Percentage	p	0,00302	
Reinforcement Area	As	1.547,43	mm ²	Reinforcement Area	As	1.084,95	mm ²
	As _{min1}	1.265,97	mm ²		As _{min1}	1.265,97	mm ²
	As _{min2}	1.198,33	mm ²		As _{min2}	1.198,33	mm ²
Reinforcement Area Used	As	1.547,43	mm ²	Reinforcement Area Used	As	1.265,97	mm ²
		1.900,66	mm ²			1.520,53	mm ²
Number of Reinforcement Bar	n	5,00		Number of Reinforcement Bar	n	4,00	
Reinforcement Bar Spacing	s	100,00	mm	Reinforcement Bar Spacing	s	125,00	mm
Use 5-D22				Use 4-D22			
$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$ $\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b_w \cdot d$				$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$ $\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b_w \cdot d$			
$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d$ $A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d$				$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d$ $A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d$			

SHEAR REINFORCEMENT (ALONG THE BEAM)			
Shear Force Ultimate	Vu	166,71	kN.m
Longitudinal Reinforcement	db	22,00	mm
Confinement Reinforcement	ds	13,00	mm
Concrete Cover	c	70,00	mm
Beam Total Depth	H	800,00	mm
Beam Total Width	bw	500,00	mm
Beam Effective Depth	d	719,00	mm
Concrete Strength	fc'	35,00	MPa
Steel Strength	fy	420,00	MPa
Concrete Shear Strength	φVc	271,17	kN
NOT OK! Confinement Needed			
Reqd. Reinf. Shear Strength	Vs	41,50	kN
Shear Reinf. Area	Av	265,46	mm ²
Shear Reinf. Spacing	s	> 1.000,00	mm
Max Shear Reinf. Spacing	s _{max-1}	607,94	mm
	s _{max-2}	239,67	mm
Use D13-200			
$\phi V_c = 0,75 \cdot 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ $V_u = \phi V_c + \phi V_s$ $V_s = \frac{A_s \cdot f_{ys} \cdot d}{s}$			

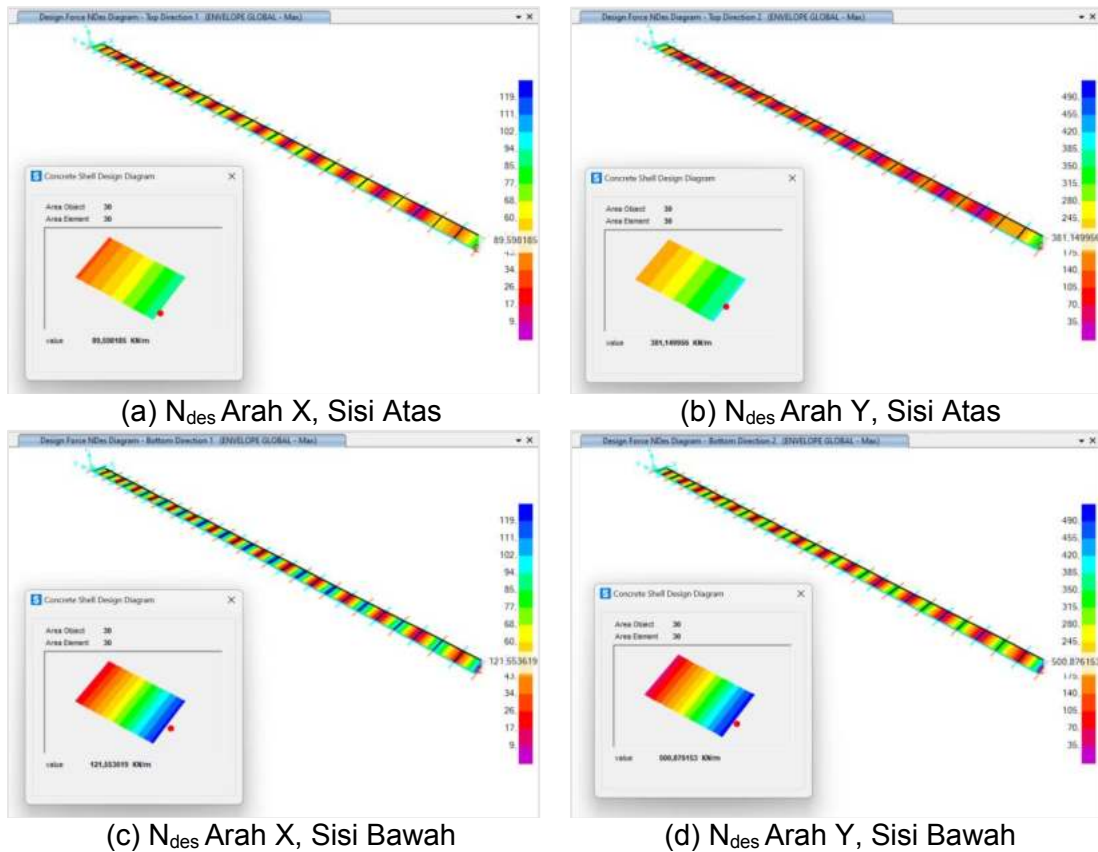
4. Perhitungan Tulangan Pelat

Tulangan pelat dimodelkan sebagai *shell* sehingga tulangan yang diperlukan untuk membran atas dan bawah dapat dihitung mengacu pada Eurocode 2 (BS EN 1992-1-1:2004), diilustrasikan seperti pada Gambar 4.7. Digunakan tulangan D16 (As=201,06 mm²) arah memanjang sumbu utama *trestle* dan D13 (As=132,73 mm²) arah melintang sumbu utama *trestle* dengan material BjTS 420-A. Tulangan pelat dapat dihitung berdasarkan *design forces* pada Gambar 4.8 dan perhitungan pada Tabel 4.9.



$$A_s = \frac{N_d}{0,60 f_y}$$

Gambar 4.7 - Ilustrasi Model *Shell* (CSI Concrete Design Manual, 2022)



Gambar 4.8 - Grafik *Design Forces* pada Pelat *Trestle*

Tabel 4.9 - Perhitungan Tulangan Pelat pada *Trestle*

SHELL DESIGN (TOP, X-DIRECTION)				SHELL DESIGN (TOP, Y-DIRECTION)			
Design Forces	Nd	89,59	kN	Design Forces	Nd	381,14	kN
Steel Yield Strength	fy	420,00	MPa	Steel Yield Strength	fy	420,00	MPa
Reinforcement Area Demand	As	355,52	mm ²	Reinforcement Area Demand	As	1.512,46	mm ²
Reinforcement Diameter	db	13,00	mm	Reinforcement Diameter	db	16,00	mm
Number of Reinforcement per m'	n	3,00		Number of Reinforcement	n	8,00	
Spacing of Reinforcement	s	333,33	mm	Spacing of Reinforcement	s	125,00	mm
Use D13-250				Use D16-100			
SHELL DESIGN (BOTTOM, X-DIRECTION)				SHELL DESIGN (BOTTOM, Y-DIRECTION)			
Design Forces	Nd	121,56	kN	Design Forces	Nd	500,88	kN
Steel Yield Strength	fy	420,00	MPa	Steel Yield Strength	fy	420,00	MPa
Reinforcement Area Demand	As	482,38	mm ²	Reinforcement Area Demand	As	1.987,62	mm ²
Reinforcement Diameter	db	13,00	mm	Reinforcement Diameter	db	16,00	mm
Number of Reinforcement per m'	n	4,00		Number of Reinforcement per m'	n	10,00	
Spacing of Reinforcement	s	250,00	mm	Spacing of Reinforcement	s	100,00	mm
Use D13-250				Use D16-100			

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	1 dari 7

No. Proyek	2023-DT-PROJ-001
Judul Proyek	Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak di Kab. Morowali, Sulawesi Tengah
Klien	PT Dover Chemical
Lokasi Pekerjaan	Bahodopi, Kab. Morowali, Sulawesi Tengah, 94974

Item yang Diperiksa			Komentar	Check	Paraf
1. Data Teknis	1.1 Data Kapal Rencana	• Jenis Kapal : Tanker & SPOB		V	
		• Tonnage (DWT, GT) : Lihat sub bab 2.1.1			
		• Principal Dimension : Lihat sub bab 2.1.1 (LOA, LPP, B, D)			
		• Sumber Data : PIANC MarCom WG-121			
	1.2 Data Muatan dan Alat	• Jenis Muatan : Curah Cair / Liquid Bulk		V	
		• Material Handling : Lihat sub bab 2.1.2			
		• Sumber Data : Informasi dari <i>client</i>			
	1.3 Data Meteorologi-Oceanografi	• Data Pasang Surut : Lihat sub bab 2.2.1	Dalam perhitungan efek arus dan gelombang belum diperhitungkan. Ditambahkan dalam arah memanjang trestle mgkin tidak berefek, tapi klo melintang apa sudah di coba?	V	
		• Data Batimetri : Lihat sub bab 2.2.1			
		• Data Arus : Lihat sub bab 2.2.2			
		• Data Angin : Lihat sub bab 2.2.3			
		• Data Gelombang : Lihat sub bab 2.2.3			
		• Sumber Data : Hasil Survei & Hindcasting			
	1.4 Data Geoteknik	• Data Uji Lapangan : Tidak Tersedia	Bukan data di Lokasi	V	
		• Data Uji Laboratorium : Tidak Tersedia			
		• Sumber Data : Bechmarking Kendari Lihat sub bab 2.3.1			
	1.5 Data Gempa	• Klasifikasi Situs : SD (Tanah Sedang)	Sesuai Lokasi, dapat ditampilkan Kurva Respons yang dipakai	V	
		• Sumber Data : rsa.ciptakarya.pu.go.id Lihat sub bab 2.3.2			



DIAGRAM TRIPROPORSI
Engineering Consultant

PT DIAGRAM TRIPROPORSI

FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI

No. Dok.

No. Rev.

B

Tgl.

15 September 2023

Hal.

2 dari 7

Item yang Diperiksa			Komentar	Check	Paraf
2. Kriteria Desain	2.1 Standar Teknis	Lihat sub bab 3.1	Sesuai yang digunakan	V	
	2.2 Masa Layan Rencana	Lihat sub bab 3.2	Sesuai yang digunakan	V	
		Standar Teknis : EN 1990:2002 ISO 2394:2015			
	2.3 Tata Letak Rencana	Lihat sub bab 3.3	Sesuai yang digunakan	V	
		Standar Teknis : KM.54 Tahun 2002 PIANC MarCom WG-121			
	2.4 Perhitungan Fender	Lihat sub bab 3.4.1	Sesuai yang digunakan	V	
		Energi Tumbukan : 733,87 kN.m			
		Gaya Tumbukan : 1.044,00 kN			
		Tipe Fender : SCN 1200 F2.6 Frontal Pad UHMW-PE			
		Standar Teknis : BS 6349:4 2014 Trelleborg Recommend-			
	2.5 Perhitungan Bollard	Lihat sub bab 3.4.2	Sesuai yang digunakan	V	
		Tractive Forces : 1.500,00 kN			
		Tipe Bollard : Tee Bollard 150 ton			
		Standar Teknis : OCDI 2020 Ref. Proyek (Bulukumba)			
	2.6 Pembebanan	Lihat sub bab 3.5	Sesuai yang digunakan	V	
		Jenis Beban : DL, SDL, LL, BE, M, EQ			
		Kombinasi Beban : POLB WDC 2021			
		Standar Teknis : ASCE 7-16 SNI 1726:2019 POLB WDC 2021			
	2.7 Material dan Profil	Lihat sub bab 3.6	Sesuai yang digunakan Baja tulangan sebaiknya menggunakan fy 420B yang lebih ductile OK, telah diganti di laporan	V	
		Material Beton : Fc' 35 MPa BjTS-420A (SNI 2052:2017)			
		Material Baja : ASTM A36 (Fy 235 MPa; Fu 375 MPa)			
		Material SPP : ASTM A252 Grade-2 (Fy 240 MPa; Fu 415 MPa)			

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	3 dari 7

Item yang Diperiksa			Komentar	Check	Paraf
2.8 Pengolahan Data Geoteknik	• Titik Jepit	: Lihat sub bab 3.7.1	Sesuai yang digunakan	V	
	• Daya Dukung Tanah	: Lihat sub bab 3.7.2			
	• Standar Teknis	: OCDI, 2020			
3. Pemodelan dan Analisis Struktur	3.1 Struktur Trestle	SAP → "1. SAP Trestle – Final" Lihat sub bab 4.2	- Kombinasi beban belum masuk yang arah gempa negative OK, sudah ditambahkan dan diperbaiki - Beberapa di komen di laporan OK, sudah diperbaiki - Desain pelat mohon di cek ulang arah M1 dan M2 untuk penulangan longitudinal dan transversal, krn arsh M1 dan M2 lokal OK, sudah diperbaiki - Pengecekan terhadap Geser ada 2 Pons dan Geser muka tiang apa ada dilaporn ??? OK, sudah diperbaiki	V	
		• Define Material			
		: SPP, Beton, Tulangan			
		• Define Section Prop.			
		: SPP, Pile Cap, Balok, Pelat			
		• Define Load Pattern			
		: DL, SDL, LL			
		• Define Function			
		: Response Spectrum			
		• Define Load Case			
		: DL, SDL, LL, EQx, EQy			
		• Define Load Comb.			
		: as per POLB WDC 2021			
		• Structural Model			
		: DXF Import			
		Assign Profile			
		Fixity Point			
		• Assign Load			
		: DL, SDL, LL			
		• Run Analysis			
		: -			
		• Cek Gaya Geser Dasar			
		: Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019			
		• Cek Partisipasi Massa			
		: Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019			
		• Cek Periode Alami			
		:			
		• Cek Deformed Shape			
		: ASD, Mode-1 ^s / _d Mode-3			
		• Gaya Dalam Pile			
		: per <i>load comb.</i>			
		• Cek Stress Ratio Pile			
		: AISC 360-16			
		• Cek Daya Dukung Pile			
		: OCDI, 2020			
		• Design Pile Plug			
		: ACI 318-19			
		• Design Tulangan			
		: Pile Cap, Balok, Pelat			
		ACI 318-19 / Eurocodes-2			



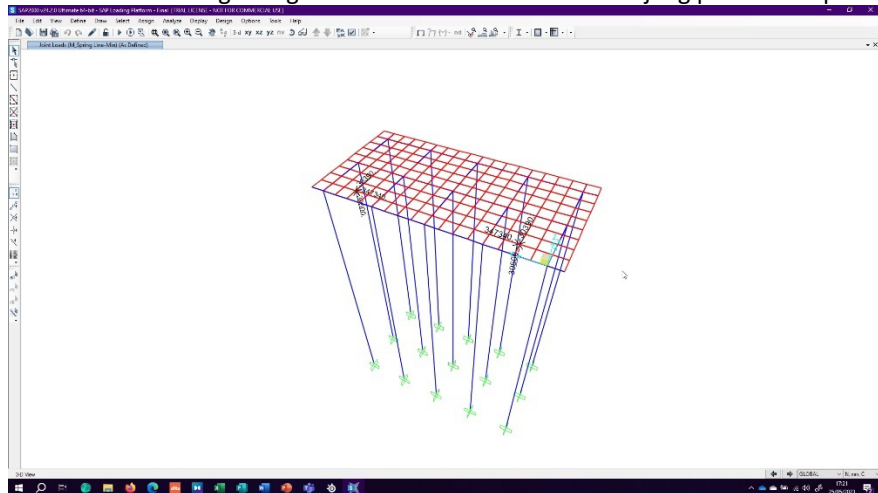
Item yang Diperiksa		Komentar	Che ck	Par af
3. Pemodelan dan Analisis Struktur (lanjutan)	3.2 Struktur Loading Platform	SAP → “2. SAP Loading Platform – Final” Lihat sub bab 4.3	V	
		Defin e Material : SPP, Beton, Tulangan		
		Defin e Section Prop. : SPP, Pile Cap, Balok, Pelat		
		Defin e Load Pattern : DL, SDL, LL, BE, M		
		Defin e Response Function : Respon se Spectrum		
		Defin e Load Case : DL, SDL, LL, BE, M, EQx, EQy		
		Defin e Load Comb : as per POLB WDC 2021		
		- Kombinasi beban belum masuk yang arah gempa negative OK, sudah diperbaiki - Beberapa di komen di laporan OK, sudah diperbaiki - Desain pelat mohon di cek ulang arah M1 dan M2 untuk penulangan longitudinal dan transversal OK, sudah diperbaiki - Tarikan kapal jangan digunakan bersamaan kan membarikan gaya saling meniadakan OK, sudah diperbaiki - Pengecekan terhadap Geser ada 2 Pons dan Geser muka tiang OK, sudah diperbaiki Arah beban mooring saling berlawanan untuk arah memanjang platform? Apa ada kejadian yang searah??? 		



DIAGRAM TRIPROPORSI
Engineering Consultant

PT DIAGRAM TRIPROPORSI

FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI

No. Dok.

No. Rev.

Tgl.

Hal.

B

15 September 2023

5 dari 7

- Structural Model : DXF Import Assign Profile Fixity Point
- Assignment Load : DL, SDL, LL, BE, M
- Run Analysis : -
- Cek Gaya Geser Dasar : Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019
- Cek Partisi Mass : Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019
- Cek Periode Alami :
- Cek Deformed Shape : ASD, Mode-1^{s/d} Mode-3
- Gaya Dalam Pile : per *load comb.*

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	6 dari 7

		- Cek Stress Ratio Pile : AISC 360-16 - Cek Daya Dukung Pile : OCDI, 2020 - Design Pile Plug : ACI 318-19 - Design Tulangan Pelat : Pile Cap, Balok, Pelat ACI 318-19 / Eurocodes-2			
3.3	Struktur Breast ing Dolphi n	SAP → "4. SAP Breasting Dolphin – Final" Lihat sub bab 4.6 - Defin e Mate rial : SPP, Beton, Tulangan - Defin e Secti on Prop. : SPP, Pile Cap, Balok, Pelat	- Kombinasi beban belum masuk yang arah gempa negative OK, sudah ditambahkan/diperbaiki - Beberapa di komen di laporan OK, sudah diperbaiki Elemen seperti yang dilingkarkan itu harus ketemu titik nya, tidak boleh ditengah elemen	V	



DIAGRAM TRIPROPORSI
Engineering Consultant

PT DIAGRAM TRIPROPORSI

FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI

No. Dok.

No. Rev.

Tgl.

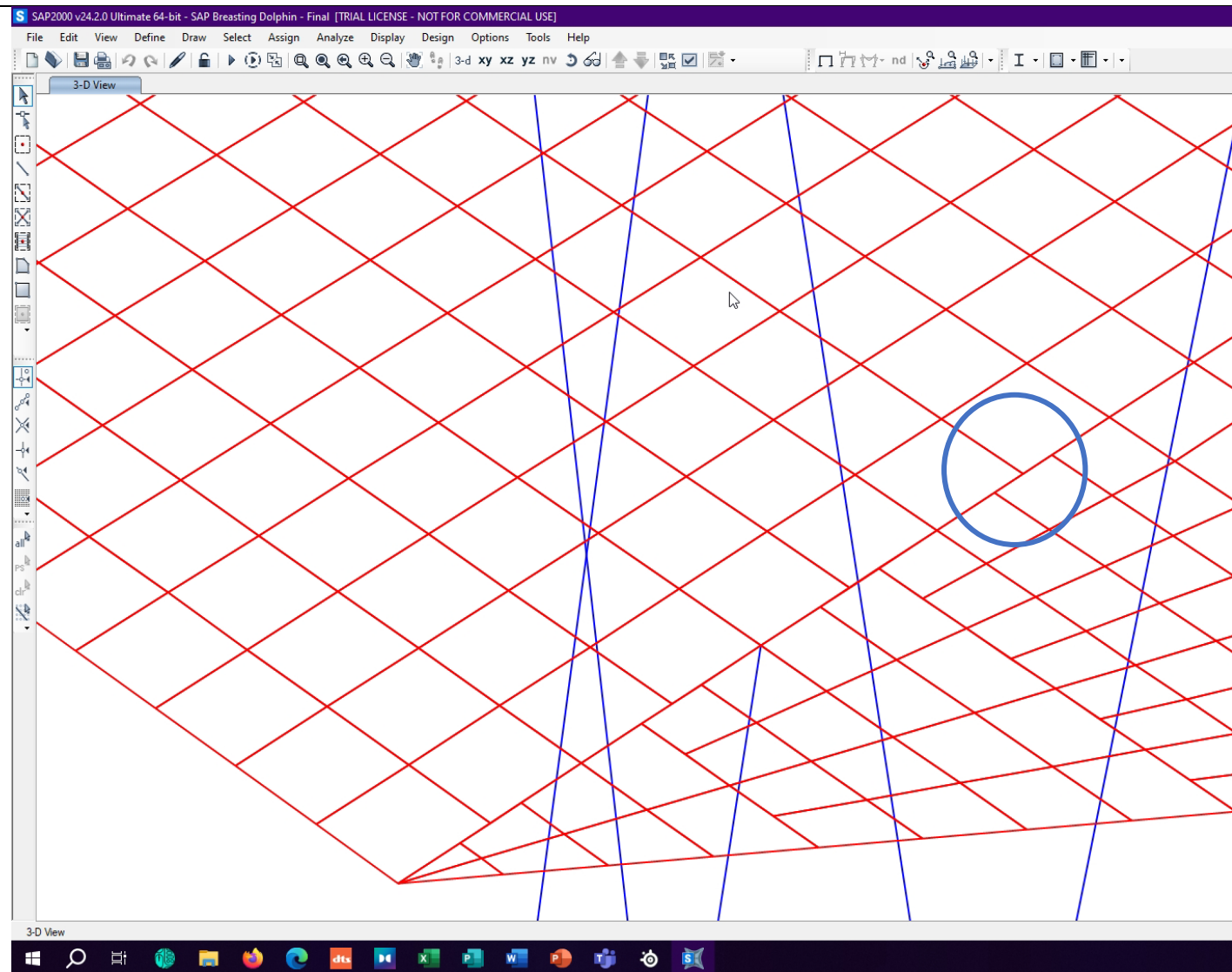
Hal.

B

15 September 2023

7 dari 7

- Defin e Load Patter n : DL, SDL, LL, BE, M
- Defin e Funct ion : Respon se Spectru m
- Defin e Load Case : DL, SDL, LL, BE, M, EQx, EQy
- Defin e Load Comb : as per POLB WDC 2021



Item yang Diperiksa

Komentar

Check

Paraf

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	8 dari 7

3. Pemodelan dan Analisis Struktur (lanjutan)	3.3 Struktur Breasting Dolphin (lanjutan)	• Structural Model : DXF Import Assign Profile Fixity Point	- Desain pelat mohon di cek ulang arah M1 dan M2 untuk penulangan longitudinal dan transversal OK, sudah diperbaiki		
		• Assign Load : DL, SDL, LL, BE, M	- Tarikan kapal jangan digunakan bersamaan kan membarikan gaya saling meniadakan OK, sudah diperbaiki		
		• Run Analysis : -	- Pengecekan terhadap Geser ada 2 Pons dan Geser muka tiang Kombinasi OK, sudah diperbaiki		
		• Cek Gaya Geser Dasar : Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019	- Jangan menggunakan envelope untuk tarikan dan tumbukan, sebaiknya masing2 karena envelope langsung memberikan harga maksimum tanpa melihat arah yang ditinjau OK, sudah diperbaiki		
		• Cek Partisipasi Massa : Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019	- Meshing FEM sebaiknya ada peralihan antar yang bear ke element kecil, jangan menggunakan titik antara karena Elemen SAP tidak ada yang 5 nodal, mohon di cek, terjadi diskontinuitas terhadap compatibility OK, sudah diperbaiki		
		• Cek Periode Alami :	- Jumlah Beban pada tabel kurang totalnya, cek di laporan OK, sudah diperbaiki		
		• Cek Deformed Shape : ASD, Mode-1 ^s/_d Mode-3			
		• Gaya Dalam Pile : per <i>load comb.</i>			
		• Cek Stress Ratio Pile : AISC 360-16			
		• Cek Daya Dukung Pile : OCDI, 2020			
		• Design Pile Plug : ACI 318-19			
		• Design Tulangan : Pile Cap ACI 318-19 / Eurocodes-2			

Item yang Diperiksa	Komentar	Che ck	Par af
---------------------	----------	-----------	-----------

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	9 dari 7

3. Pemodelan dan Analisis Struktur (lanjutan)	3.4 Struktur Mooring Dolphin	SAP → “5. SAP Mooring Dolphin – Final” Lihat sub bab 4.7	- Kombinasi beban belum masuk yang arah gempa negative OK, sudah diperbaiki - Beberapa di komen di laporan OK, sudah diperbaiki - Desain pelat mohon di cek ulang arah M1 dan M2 untuk penulangan longitudinal dan transversal OK, sudah diperbaiki - Tarikan kapal jangan digunakan bersamaan kan membarikan gaya saling meniadakan OK, sudah diperbaiki - Pengecekan terhadap Geser ada 2 Pons dan Geser muka tiang OK, sudah diperbaiki - Kombinasi jangan menggunakan envelope untuk tarikan dan tumbukan, sebaiknya masing2 karena envelope langsung memberikan harga maksimum tanpa melihat arah yang ditinjau OK, sudah diperbaiki	V	
		• Defin e Material : SPP, Beton, Tulangan			
		• Defin e Section Prop. : SPP, Pile Cap, Balok, Pelat			
		• Defin e Load Pattern : DL, SDL, LL, M			
		• Defin e Function : Respo nse Spectr um			
		• Defin e Load Case : DL, SDL, LL, M, EQx, EQy			
		• Defin e Load Comb. : as per POLB WDC 2021			
		• Struc tural : DXF Import			
			- mencari gaya terbesar mooring untuk desain jangan dipakai di envelopkan dulu semua gaya nya dalam envelop mooring, karena nanti dalam envelope morring di ambil semua yang maksimum terbesar dan terkecil tanpa memandang gaya yang bekerja pada arahnya masing2. Bisa saja di spring 1 yang besar arah X dan spring 2 arah Y padahal di spring 1 bisa ada bekerja gaya dalam arah lainnya di Y dan Z yang tidak besar pada saat tersebut. Tapi karena di envelopkan maka dia mengambil gaya terbesar dari arah lain padahal kejadiannya tidak pada saat yang sama, jadi jangan ambil di envelopkan.		



DIAGRAM TRIPROPORSI
Engineering Consultant

PT DIAGRAM TRIPROPORSI

FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI

No. Dok.

No. Rev.

Tgl.

Hal.

B

15 September 2023

10 dari 7

Model

Assign
Profile
Fixity
Point

- Assign : DL, SDL, LL, M
- Run : - Analisis
- Cek : Pasal 7.9.1 Geser 1726:2 Dasar 019
- Cek : Pasal 7.9.1 Partisi SNI 1726:2 Massa 019
- Cek : Periode Alami
- Cek : ASD, Deformed Mode 1st/d Shape Mode-3
- Gaya : per Dalam load comb. Pile

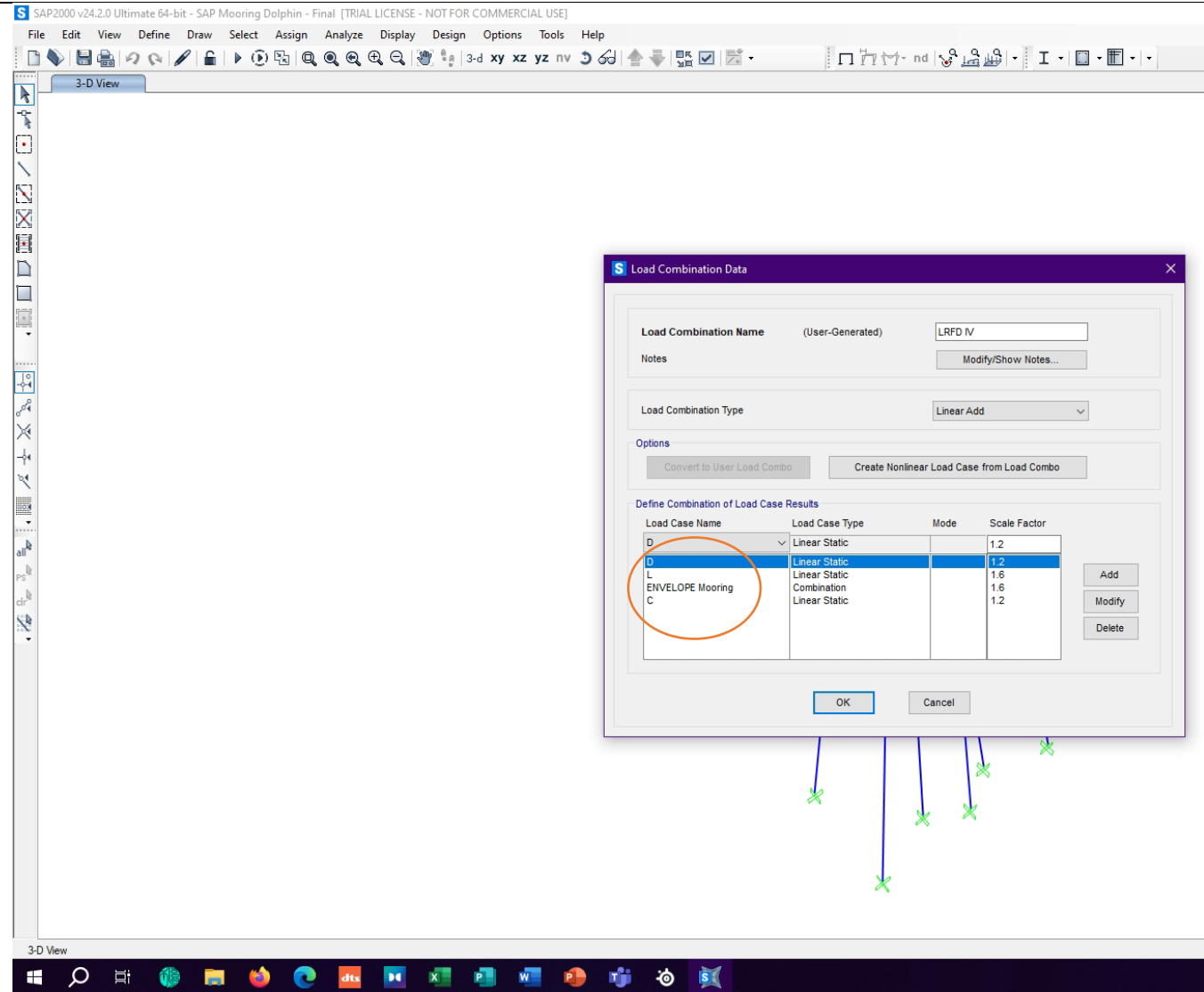
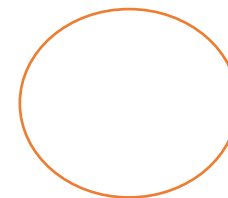


 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	11 dari 7

		• Cek : AISC Stres 360-16 s Ratio Pile • Cek : OCDI, Daya 2020 Duku ng Pile • Desig : ACI n Pile 318-19 Plug • Desig : Pile n Cap, Tulan ACI gan 318-19	masing-masing load case ini punya besaran dan arah masing2, kalo di envelopekan maka akan di ambil harga maksimum tanpa melihat gaya dalam arahnya masing-masing load case lagi. Ini tidak merepresentasikan masing-masing load case			
--	--	--	---	--	--	--



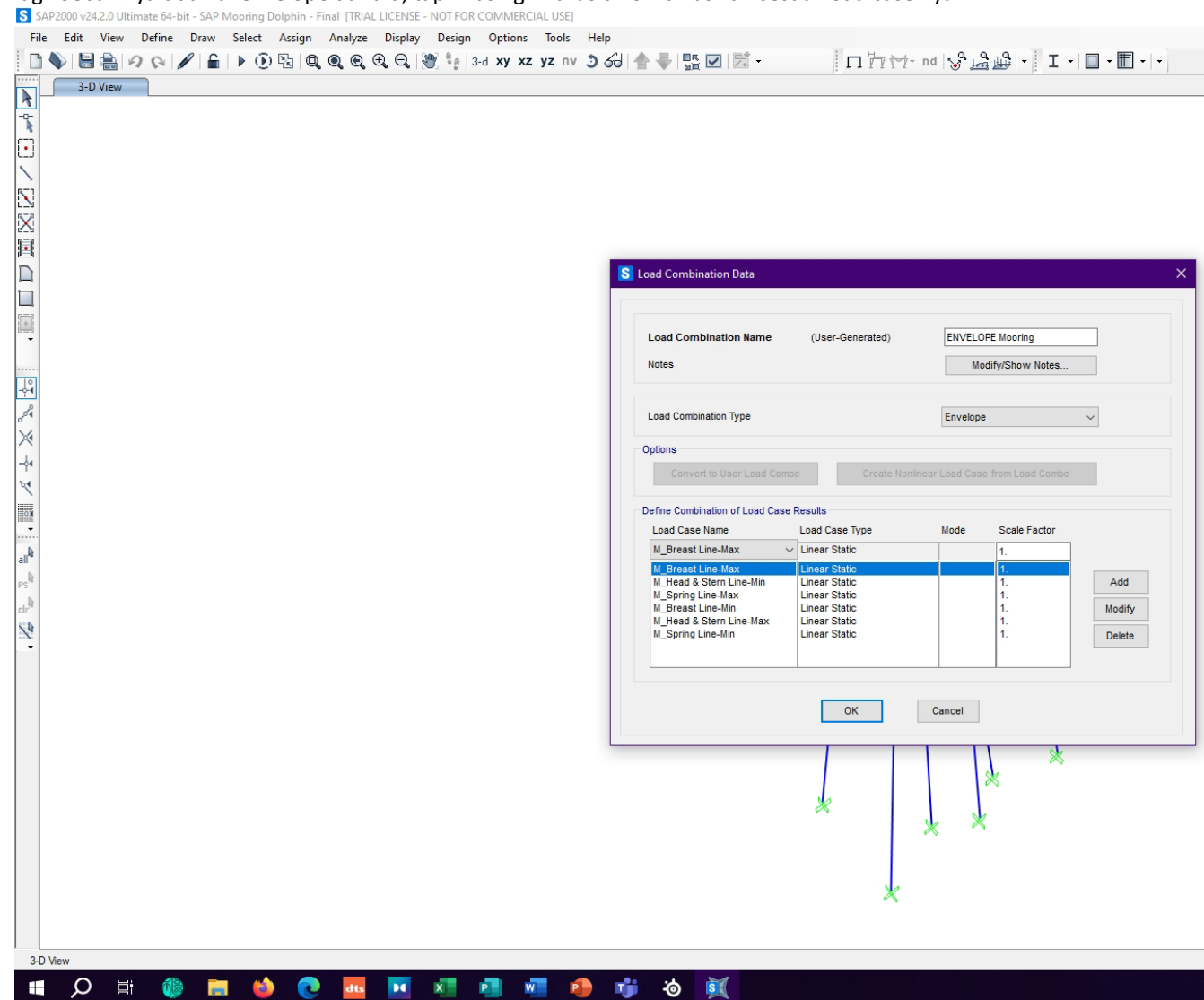


 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	13 dari 7

 DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant	PT DIAGRAM TRIPROPORSI		No. Dok.	
	FORM PEMERIKSAAN TENAGA AHLI		No. Rev.	B
			Tgl.	15 September 2023
			Hal.	14 dari 7

Item yang Diperiksa			Komentar	Check	Paraf
3. Pemodelan dan Analisis Struktur (lanjutan)	3.5 Struktur Catwalk	SAP → “3. SAP Catwalk – Final” Lihat sub bab 4.4 dan 4.5	- Ujung Catwalk mohon diperhatikan di laporan karena sulit membuat tidak rangka di ujungnya terutama untuk kestabilan terhadap horizontal, OK, sudah diperbaiki - Diberikan bracing horizontal dan diagonal, karena model yang sekarang tinbu momen besar di pipa memanjang nya OK, sudah diperbaiki - Coba cek hasil M2 dan M3 untuk batang Pipa memanjang atas dan bawah OK, sudah diperbaiki	V	
		• Define Material : Baja Profil			
		• Define Section Prop. : Baja Profil			
		• Define Load Pattern : DL, SDL, LL			
		• Define Load Case : DL, SDL, LL			
		• Define Load Comb. : as per POLB WDC 2021			
		• Structural Model : DXF Import Assign Profile			
		• Assign Load : DL, SDL, LL			
		• Run Analysis : -			
		• Cek Periode Alami :			
		• Cek Deformed Shape : ASD, Mode-1 ^s / _d Mode-3			
		• Cek Stress Ratio Profile : AISC 360-16			

Sehubungan dengan pekerjaan “Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak di Morowali, Sulawesi Tengah” dengan ini menyatakan bahwa pekerjaan sudah dibuat dan diperiksa dengan tepat (tidak terbatas pada tabel di atas) sesuai dengan tujuan penggunaan bangunan, dan sepenuhnya dapat dipertanggungjawabkan.

Jakarta, 15 September 2023

Tenaga Ahli
Ir. Sunarjo Leman, M.T.

*Beberapa Keterangan mohon dilihat di Laporan, Terima kasih

1. Gaya Luar

Gaya luar dari perhitungan ini didapat dari M11 (arah x) dan M22 (arah y) menggunakan kombinasi LRFD I, LRFD II, LRFD III, dan LRFD IV pada SAP2000 serta ditampilkan pada *Tabel 1*.

Tabel 1 Gaya Luar

	Max (Nmm)	Min (Nmm)
M11	121986000	-190246900
M22	68333900	-72677500

2. Properties Umum

Properties umum dari perhitungan ini didapat dari Laporan Desain Konseptual Dover Morowali - V5 (10-07-2023) yang dituangkan pada *Tabel 2*

Tabel 2 Properties Umum

d	320	mm
E_s	200000	MPa
f_y	420	Mpa
f_c	35	MPa
ϵ_s	0,0021	
H	400	mm
d_s	80	mm
L (didesain tiap 1 m)	1000	mm

3. Hitungan

Hitungan diawali dengan mencari rasio luas tulangan terhadap luas slab menggunakan gaya luar dan parameter sesuai dengan *Tabel 1* dan *Tabel 2*. Hasil perhitungan terdapat pada *Tabel 3* dan juga dibandingkan dengan Laporan Desain Konseptual Dover Morowali - V5 (10-07-2023).

Tabel 3 Analisa perhitungan manual tulangan pelat

	Posisi																		
	X	bot				X	top				Y	bot				Y	top		
Perhitungan	Rn	1,323633	N/mm2			Rn	2,064311	N/mm2			Rn	0,74147	N/mm2			Rn	0,788601	N/mm2	
	m	14,11765				m	14,11765				m	14,11765				m	14,11765		
	rho	0,003225				rho	0,005099				rho	0,001788				rho	0,001903		
	rhomin	0,003521				rhomin	0,003521				rhomin	0,003521				rhomin	0,003521		
		0,003333					0,003333					0,003333					0,003333		
		0,0025					0,0025					0,0025					0,0025		
	rho final	0,003521				rho final	0,005099				rho final	0,003521				rho final	0,003521		
	As	1126,872	mm2			As	1631,526	mm2			As	1126,872	mm2			As	1126,872	mm2	
	db	16	mm			db	16	mm			db	16	mm			db	16	mm	
	n	5,604603				n	8,114546				n	5,604603				n	5,604603		
s	178,4248	mm			s	123,2355	mm			s	178,4248	mm			s	178,4248	mm		
Hasil	S _{laporan}	125	mm	ok		S _{laporan}	125	mm	n.g		S _{laporan}	125	mm	ok		S _{laporan}	125	mm	ok
	S _{rekomendasi}	125	mm			S _{rekomendasi}	120	mm			S _{rekomendasi}	125	mm			S _{rekomendasi}	125	mm	
	notasi	D16-125				notasi	D16-120				notasi	D16-125				notasi	D16-125		

4. Kesimpulan

Antara hasil perhitungan manual dan Laporan Desain Konseptual Dover Morowali - V5 (10-07-2023) terdapat sedikit perbedaan yaitu jarak tulangan minimal pada perhitungan manual sebesar adalah 123 mm sementara pada laporan 125, karena hasil desain sudah mendekati maka dapat diasumsikan laporan sudah tervalidasi oleh perhitungan manual. Detail dari perbandingan hasil ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual terhadap Laporan

	Perhitungan Manual	Penulangan Laporan
X-Bot	D16-125	D16-125
X-Top	D16-120	D16-125
Y-Bot	D16-125	D16-125
Y-Top	D16-125	D16-125



THE DOVECHEM GROUP
CHINA • INDONESIA • MALAYSIA • SINGAPORE

STUDI KELAYAKAN TEKNIS PELABUHAN BAHAN KIMIA DAN BAHAN BAKAR MINYAK Kab. Morowali, Sulawesi Tengah



LAPORAN DESAIN KONSEPTUAL

APRIL 2023



PT DIAGRAM TRIPROPORSI Engineering Consultant

Agnesia Building 1st Floor, Jl. Pemuda No.73-B Jakarta 13220

Phone. 021-4892042, 4720895, 4701356 (57) ; Fax. 021-4892874

Email: ptdiagram@indo.net.id; Website: www.diagramtriproporsi.com

LEMBAR PENYERAHAN DOKUMEN

Nama Dokumen : Laporan Desain Konseptual
Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar
Minyak Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah

Pemberi Tugas : PT Dover Chemical

Tanggal : 14 April 2023

Disampaikan Oleh

PT Diagram Triproporsi



Ir. Benny Heriyanto

Team Leader

Disetujui Oleh

PT Dover Chemical

No.	Tanggal	No. Revisi	Uraian
1.	14 April 2023	0	Pengumpulan Draf Laporan Desain Konseptual
2.	10 Mei 2023	A	Pengumpulan Laporan Desain Konseptual

PENGANTAR

Laporan desain konseptual ini disusun oleh PT Diagram Triproporsi untuk memaparkan hasil pekerjaan desain konseptual pelabuhan dalam lingkup Studi Kelayakan Teknis Pelabuhan Bahan Kimia dan Bahan Bakar Minyak Di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah.

Pekerjaan studi kelayakan teknis ini bertujuan untuk memperoleh hasil analisis teknis terkait perkiraan kebutuhan, penilaian kondisi lokasi, keselamatan pelayaran, kebutuhan sarana bantu navigasi, serta berapa biaya kasar yang diperlukan untuk pembangunan pelabuhan tersebut. Pada laporan ini diuraikan tentang hal-hal yang berhubungan dengan:

1. Gambaran umum dan lingkup pekerjaan;
2. Data Teknis;
3. Kriteria desain struktur;
4. Pemodelan dan analisis struktur; serta
5. Estimasi Biaya.

Tidak lupa kami sampaikan terima kasih atas kerja sama dan kepercayaan yang diberikan oleh PT Dover Chemical selaku Pemberi Tugas dalam pekerjaan ini.

Jakarta, 14 April 2023
PT Diagram Triproporsi

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Gambaran Umum Pekerjaan	1
1.2 Lingkup Pekerjaan	4
BAB 2 DATA TEKNIS	5
2.1 Data Operasional	5
2.1.1 Data Kapal	5
2.1.2 Data Alat dan Muatan	5
2.2 Data Meteorologi-Oseanografi	6
2.2.1 Data Batimetri dan Pasang Surut	6
2.2.2 Data Arus Laut	8
2.2.3 Data Angin dan Gelombang	10
2.3 Data Geoteknik	16
2.3.1 Data Tanah	16
2.3.2 Data Gempa	16
BAB 3 KRITERIA DESAIN STRUKTUR	18
3.1 Standar Teknis	18
3.2 Masa Layan Rencana	19
3.3 Layout Struktur Rencana	19
3.4 Perhitungan Fender dan Bollard	20
3.4.1 Perhitungan Fender	20
3.4.2 Perhitungan Bollard	25
3.5 Pembebanan dan Kombinasinya	25
3.5.1 Beban Mati	25
3.5.2 Beban Hidup	25
3.5.3 Beban Tumbukan Kapal	26
3.5.4 Beban Tarikan Kapal	26
3.5.5 Beban Akibat Gelombang dan Arus	26

3.5.6	Beban Gempa.....	26
3.5.7	Kombinasi Pembebanan	27
3.6	Material dan Profil	27
3.7	Pengolahan Data Geoteknik.....	29
3.7.1	Titik Jepit Tiang Pancang.....	29
3.7.2	Daya Dukung Tiang Pancang	29
BAB 4	PEMODELAN DAN ANALISIS STRUKTUR	32
4.1	Umum.....	32
4.2	Trestle	33
4.2.1	Pemodelan Struktur Trestle	33
4.2.2	Kontrol Beban Gempa pada Struktur Trestle.....	34
4.2.3	Defleksi pada Struktur Trestle	35
4.2.4	Perhitungan Tiang Pancang Trestle	37
4.2.5	Perhitungan Tulangan Trestle.....	41
4.3	Loading Platform	45
4.3.1	Pemodelan Struktur Loading Platform.....	45
4.3.2	Kontrol Beban Gempa pada Struktur Loading Platform.....	46
4.3.3	Defleksi pada Struktur Loading Platform.....	47
4.3.4	Perhitungan Tiang Pancang Loading Platform.....	49
4.3.5	Perhitungan Tulangan Loading Platform.....	53
4.4	Catwalk	57
4.4.1	Pemodelan Struktur Catwalk.....	57
4.4.2	Analisis Struktur Catwalk	58
4.5	Pilar Catwalk	62
4.5.1	Pemodelan Struktur Pilar Catwalk.....	62
4.5.2	Kontrol Beban Gempa pada Struktur Pilar Catwalk	63
4.5.3	Defleksi pada Struktur Pilar Catwalk.....	64
4.5.4	Perhitungan Tiang Pancang Pilar Catwalk.....	65
4.5.5	Perhitungan Tulangan Pilar Catwalk.....	70
4.6	Breasting Dolphin	72
4.6.1	Pemodelan Struktur Breasting Dolphin.....	72
4.6.2	Kontrol Beban Gempa pada Struktur Breasting Dolphin	73
4.6.3	Defleksi pada Struktur Breasting Dolphin.....	74
4.6.4	Perhitungan Tiang Pancang Breasting Dolphin	76

4.6.5	Perhitungan Tulangan Breasting Dolphin.....	80
4.7	Mooring Dolphin	83
4.7.1	Pemodelan Struktur Mooring Dolphin.....	83
4.7.2	Kontrol Beban Gempa pada Struktur Mooring Dolphin.....	84
4.7.3	Defleksi pada Struktur Mooring Dolphin.....	85
4.7.4	Perhitungan Tiang Pancang Mooring Dolphin.....	87
4.7.5	Perhitungan Tulangan Mooring Dolphin.....	91
BAB 5	SISTEM PROTEKSI TERHADAP KOROSI.....	94
5.1	Umum.....	94
5.2	Dasar Teori.....	95
5.3	Perhitungan Cathodic Protection (Sacrificial Anode)	97
BAB 6	ESTIMASI BIAYA	101
6.1	Umum.....	101
6.2	Estimasi Biaya Alternatif 1.....	101
BAB 7	KESIMPULAN	105
	LAMPIRAN I GAMBAR DESAIN KONSEPTUAL	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 - Lokasi Kab. Morowali, Sulawesi Tengah.....	1
Gambar 1.2 - Lokasi Pekerjaan	2
Gambar 1.3 - Tata Letak Pelabuhan – Alternatif 1	2
Gambar 1.4 - Tata Letak Pelabuhan – Alternatif 2	3
Gambar 1.5 - Tata Letak Pelabuhan – Alternatif 3	3
Gambar 2.1 - Principal Dimension of Ship	5
Gambar 2.2 - Grafik Hasil Pengamatan Pasang Surut.....	6
Gambar 2.3 - Peta Topografi dan Batimetri Hasil Survei.....	7
Gambar 2.4 - Hasil Survei Topografi dan Batimetri, Superimposed ke Google Earth ..	8
Gambar 2.5 - Current Rose 0,2D.....	9
Gambar 2.6 - Current Rose 0,6D.....	10
Gambar 2.7 - Current Rose 0,8D.....	10
Gambar 2.8 - Rekapitulasi Wind Rose Tahun 2013 - 2022 di Bandar Udara Haluoleo, Kendari.....	11
Gambar 2.9 - Wind Rose Bulanan Tahun 2013 – 2022 di Bandar Udara Haluoleo, Kendari.....	11
Gambar 2.10 - Perhitungan Fetch Efektif di Lokasi Pekerjaan.....	12
Gambar 2.11 - Rekapitulasi Wave Hindcasting Tahun 2013 – 2022.....	13
Gambar 2.12 - Wave Hindcasting Bulanan Tahun 2013 - 2022.....	13
Gambar 2.13 - Pemodelan Transformasi Gelombang	14
Gambar 2.14 - Hasil Pemodelan Transformasi Gelombang	15
Gambar 2.15 - Distribusi Frekuensi Gelombang.....	16
Gambar 2.16 - Response Spectrum Desain	16
Gambar 2.17 - Sampel Tanah di Sekitar Lokasi Pekerjaan	17
Gambar 3.1 - Dimensi Cone Fender	23
Gambar 3.2 - Arrangement Fender	24
Gambar 4.1 - Pemodelan <i>Trestle</i>	33
Gambar 4.2 - Pembebanan pada <i>Trestle</i>	34
Gambar 4.3 - Defleksi Struktur <i>Trestle</i> (2,43 mm)	36
Gambar 4.4 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada <i>Trestle</i>	36
Gambar 4.5 - <i>Stress Ratio</i> Tiang Pancang pada <i>Trestle</i> (Max. 0,941)	38
Gambar 4.6 - Output Desain Profil pada Tiang Pancang <i>Trestle</i>	39
Gambar 4.7 - Ilustrasi Model <i>Shell</i> (CSI Concrete Design Manual, 2022)	44
Gambar 4.8 - Grafik <i>Design Forces</i> pada Pelat <i>Trestle</i>	44
Gambar 4.9 - Pemodelan <i>Loading Platform</i>	45
Gambar 4.10 - Pembebanan pada <i>Loading Platform</i>	46
Gambar 4.11 - Defleksi Struktur <i>Breasting Dolphin</i> (69,205 mm)	48
Gambar 4.12 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada <i>Loading Platform</i>	48
Gambar 4.13 - <i>Stress Ratio</i> Tiang Pancang pada <i>Loading Platform</i> (Max. 0,868) ...	50

Gambar 4.14 - Output Desain Profil pada Tiang Pancang <i>Loading Platform</i>	51
Gambar 4.15 - Grafik <i>Design Forces</i> pada Pelat <i>Loading Platform</i>	56
Gambar 4.16 - General Arrangement Struktur - Alternatif 1	57
Gambar 4.17 - Pemodelan <i>Catwalk</i>	58
Gambar 4.18 - Pembebanan pada <i>Catwalk</i>	58
Gambar 4.19 - Defleksi Struktur <i>Catwalk</i> Tipe-1 (44,34 mm)	59
Gambar 4.20 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada <i>Catwalk</i>	60
Gambar 4.21 - <i>Stress Ratio</i> Profil <i>Catwalk</i> (Max. 0,477)	60
Gambar 4.22 - Output Desain Profil Baja <i>Catwalk</i>	61
Gambar 4.23 – Pemodelan dan Pembebanan pada Pilar <i>Catwalk</i>	63
Gambar 4.24 - Defleksi Struktur Pilar <i>Catwalk</i> (1,49 mm).....	64
Gambar 4.25 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada Pilar <i>Catwalk</i>	65
Gambar 4.26 - <i>Stress Ratio</i> Tiang Pancang Pilar <i>Catwalk</i> (Max. 0,873)	67
Gambar 4.27 - Output Desain Profil Tiang Pancang Pilar <i>Catwalk</i>	68
Gambar 4.28 - Pemodelan <i>Breasting Dolphin</i>	72
Gambar 4.29 - Pembebanan pada <i>Breasting Dolphin</i>	73
Gambar 4.30 - Defleksi Struktur <i>Breasting Dolphin</i> (resultan 52,58 mm).....	75
Gambar 4.31 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada <i>Breasting Dolphin</i>	75
Gambar 4.32 - <i>Stress Ratio</i> Tiang Pancang pada <i>Breasting Dolphin</i> (Max. 0,866) ..	77
Gambar 4.33 - Output Desain Profil pada Tiang Pancang <i>Breasting Dolphin</i>	78
Gambar 4.34 - Grafik <i>Design Forces</i> pada <i>Pile Cap Breasting Dolphin</i>	82
Gambar 4.35 - Pemodelan <i>Mooring Dolphin</i>	83
Gambar 4.36 - Pembebanan pada <i>Mooring Dolphin</i>	84
Gambar 4.37 - Defleksi Struktur <i>Mooring Dolphin</i> (resultan 53,53 mm)	86
Gambar 4.38 - <i>Deformed Shape Mode</i> pada <i>Mooring Dolphin</i>	86
Gambar 4.39 - <i>Stress Ratio</i> Tiang Pancang pada <i>Mooring Dolphin</i> (Max. 0,863)	88
Gambar 4.40 - Output Desain Profil pada Tiang Pancang <i>Mooring Dolphin</i>	89
Gambar 4.41 - Grafik <i>Design Forces</i> pada <i>Pile Cap Mooring Dolphin</i>	93
 Gambar 5.1 - Distribusi laju korosi material baja dan mitigasinya (OCDI, 2020 & Nippon Steel, 2019).....	 94
Gambar 5.2 - Contoh Perbandingan Harga <i>Cathodic Protection</i> (ESC Steel).....	94
Gambar 5.3 - Material Anode yang Digunakan	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 - Uraian Alternatif Desain Konseptual.....	4
Tabel 2.1 - Rekap Principal Dimension Kapal Rencana Berdasarkan PIANC MarCom WG-121 dan OCDI.....	5
Tabel 2.2 - Elevasi Penting Pasang Surut	6
Tabel 2.3 - Hasil Pengukuran Arah dan Kecepatan Arus.....	9
Tabel 2.4 - Tinggi Gelombang Maksimum Hasil Wave Hindcasting	12
Tabel 2.5 - Hasil Analisis Gelombang dengan Periode Ulang.....	14
Tabel 2.6 - Gelombang Signifikan yang Dapat Diterima, Periode $T \approx 7s - 12s$ (Liu & Burchart, 1999).....	15
Tabel 2.7 - Sudut Tambatan yang Direkomendasikan (BS 6349-4:2014).....	26
Tabel 3.1 - Elevasi Crown Height Standar (OCDI, 2020)	20
Tabel 3.2 - Perhitungan Energi Tumbukan Fender Tanker 50.000 DWT	21
Tabel 3.3 - Perhitungan Energi Tumbukan Fender SPOB 5.000 DWT	22
Tabel 3.4 - Alternatif Pilihan Fender.....	22
Tabel 3.5 - Ketentuan Berat Panel Izin Fender Trelleborg Tipe SCN (Trelleborg, 2015)	23
Tabel 3.6 - Standar Gaya Tarik Kapal dan Konfigurasi Bollard (OCDI, 2020)	25
Tabel 3.7 - Kombinasi Beban yang Digunakan (POLB WDC, 2021).....	27
Tabel 3.8 - Profil SPP (Steel Pipe Pile)	27
Tabel 3.9 - Fixity Point Tiang Pancang.....	29
Tabel 3.10 - Daya Dukung SPP 600-12	30
Tabel 3.11 - Daya Dukung SPP 700-14	30
Tabel 3.12 - Daya Dukung SPP 800-16	31
Tabel 3.13 - Daya Dukung SPP 900-16	31
Tabel 4.1 - Output <i>Base Reaction</i> untuk Kontrol Beban Gempa <i>Trestle</i>	35
Tabel 4.2 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodenya pada <i>Trestle</i>	35
Tabel 4.3 - Defleksi Struktur pada <i>Trestle</i>	35
Tabel 4.4 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada <i>Trestle</i>	37
Tabel 4.5 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada <i>Trestle</i>	41
Tabel 4.6 - Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap Trestle</i>	42
Tabel 4.7 - Tulangan Lentur pada <i>Pile Cap Trestle</i>	42
Tabel 4.8 - Perhitungan Tulangan Balok pada <i>Trestle</i> (800 x 500)	43
Tabel 4.9 - Perhitungan Tulangan Pelat pada <i>Trestle</i>	44
Tabel 4.10 - Output <i>Base Reaction</i> untuk Kontrol Beban Gempa <i>Loading Platform</i>	47
Tabel 4.11 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodenya pada <i>Loading Platform</i>	47
Tabel 4.12 - Defleksi Struktur pada <i>Loading Platform</i>	47
Tabel 4.13 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada <i>Loading Platform</i>	49
Tabel 4.14 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada <i>Loading Platform</i>	53

Tabel 4.15 - Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap Loading Platform</i>	54
Tabel 4.16 - Tulangan Lentur pada <i>Pile Cap Loading Platform</i>	54
Tabel 4.17 - Perhitungan Tulangan Balok pada <i>Loading Platform</i> (800 x 500)	55
Tabel 4.18 - Perhitungan Tulangan Pelat pada <i>Loading Platform</i>	56
Tabel 4.19 - Defleksi Struktur pada <i>Catwalk</i>	59
Tabel 4.20 - Reaksi Perletakan <i>Catwalk</i> Tipe-1 (L=29,50 m)	60
Tabel 4.21 - Output <i>Base Reaction</i> untuk Kontrol Beban Gempa Pilar <i>Catwalk</i>	63
Tabel 4.22 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodeanya pada Pilar <i>Catwalk</i>	63
Tabel 4.23 - Defleksi Struktur pada Pilar <i>Catwalk</i>	64
Tabel 4.24 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada Pilar <i>Catwalk</i>	65
Tabel 4.25 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada Pilar <i>Catwalk</i>	70
Tabel 4.26 - Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap</i> Pilar <i>Catwalk</i>	71
Tabel 4.27 - Tulangan Lentur pada <i>Pile Cap</i> Pilar <i>Catwalk</i>	71
Tabel 4.28 - Output <i>Base Reaction</i> untuk Kontrol Beban Gempa <i>Breasting Dolphin</i>	74
Tabel 4.29 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodeanya pada <i>Breasting Dolphin</i>	74
Tabel 4.30 - Defleksi Struktur pada <i>Breasting Dolphin</i>	74
Tabel 4.31 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada <i>Breasting Dolphin</i>	76
Tabel 4.32 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada <i>Breasting Dolphin</i>	80
Tabel 4.33 - Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap Breasting Dolphin</i>	81
Tabel 4.34 - Perhitungan Tulangan <i>Pile Cap</i> pada <i>Breasting Dolphin</i>	82
Tabel 4.35 - Output <i>Base Reaction</i> untuk Kontrol Beban Gempa <i>Mooring Dolphin</i>	85
Tabel 4.36 - Partisipasi Massa Ragam Struktur Serta Periodeanya pada <i>Mooring Dolphin</i>	85
Tabel 4.37 - Defleksi Struktur pada <i>Breasting Dolphin</i>	85
Tabel 4.38 - Output Gaya Dalam Tiang Pancang pada <i>Mooring Dolphin</i>	87
Tabel 4.39 - Perhitungan Kepala Tiang Pancang pada <i>Mooring Dolphin</i>	91
Tabel 4.40 - Kontrol Geser Pons <i>Pile Cap Mooring Dolphin</i>	92
Tabel 4.41 - Perhitungan Tulangan <i>Pile Cap</i> pada <i>Mooring Dolphin</i>	93
 Tabel 5.1 - Laju Korosi Tipikal Material Baja di Pelabuhan (OCDI, 2020).....	 94
Tabel 5.2 - Perhitungan Kebutuhan Sacrificial Anode	98
Tabel 5.3 - Rekap Kebutuhan Cathodic Protection (Sacrificial Anode).....	99
 Tabel 6.1 - Rekap Estimasi Biaya Alternatif-1	 101
Tabel 6.2 - Rincian Estimasi Biaya - Alternatif-1.....	102

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Gambaran Umum Pekerjaan

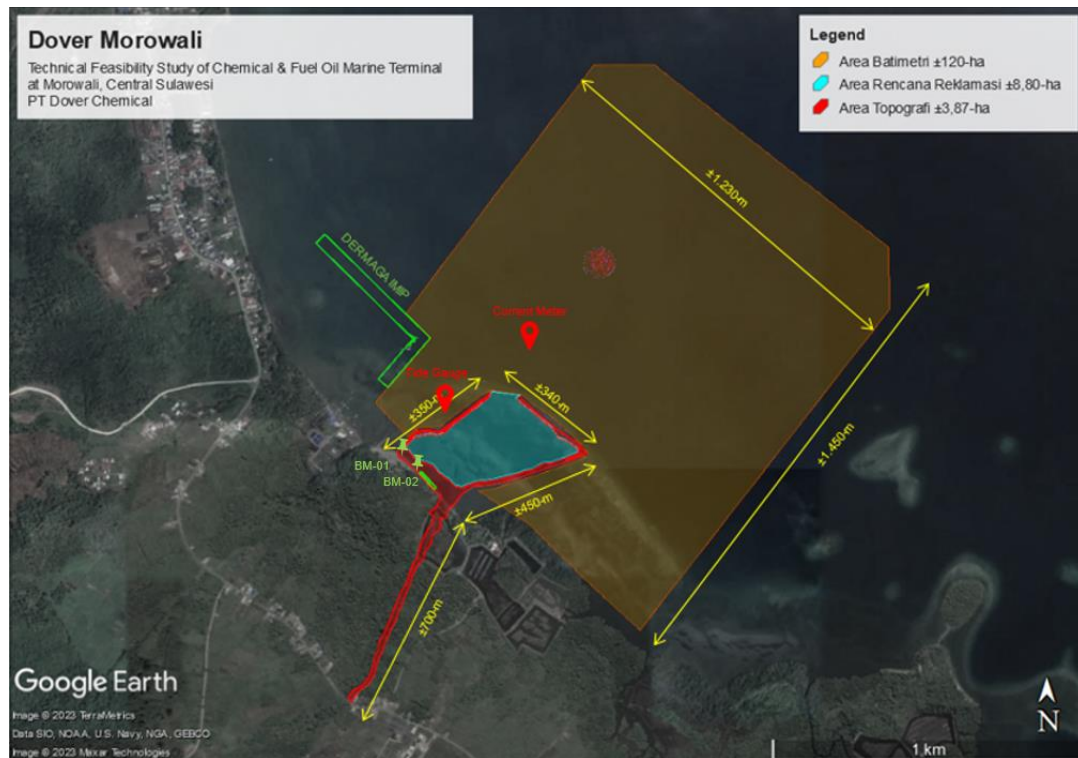
PT Dover Chemical sedang merencanakan pembangunan pelabuhan sebagai terminal bahan kimia dan bahan bakar minyak (BBM) di Desa Labota, Kec. Bahodopi, Kab. Morowali, Sulawesi Tengah. Lokasi rencana pelabuhan berdekatan dengan Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP). Adapun luas lahan yang akan dibangun sebesar ± 12 hektare termasuk jalan akses. Lokasi pekerjaan ditampilkan pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.

Pelabuhan tersebut diharapkan mampu menampung kapal tanker 50.000 DWT plus SPOB (*Self-Propelled Oil Barge*) 5.000 DWT, sehingga perlu dilakukan pengkajian terhadap kondisi perairan di kawasan untuk operasional kapal. Pekerjaan studi kelayakan teknis ini bertujuan untuk memperoleh hasil analisis teknis terkait perkiraan kebutuhan, penilaian kondisi lokasi, keselamatan pelayaran, kebutuhan sarana bantu navigasi, serta berapa biaya kasar yang diperlukan untuk pembangunan pelabuhan tersebut.

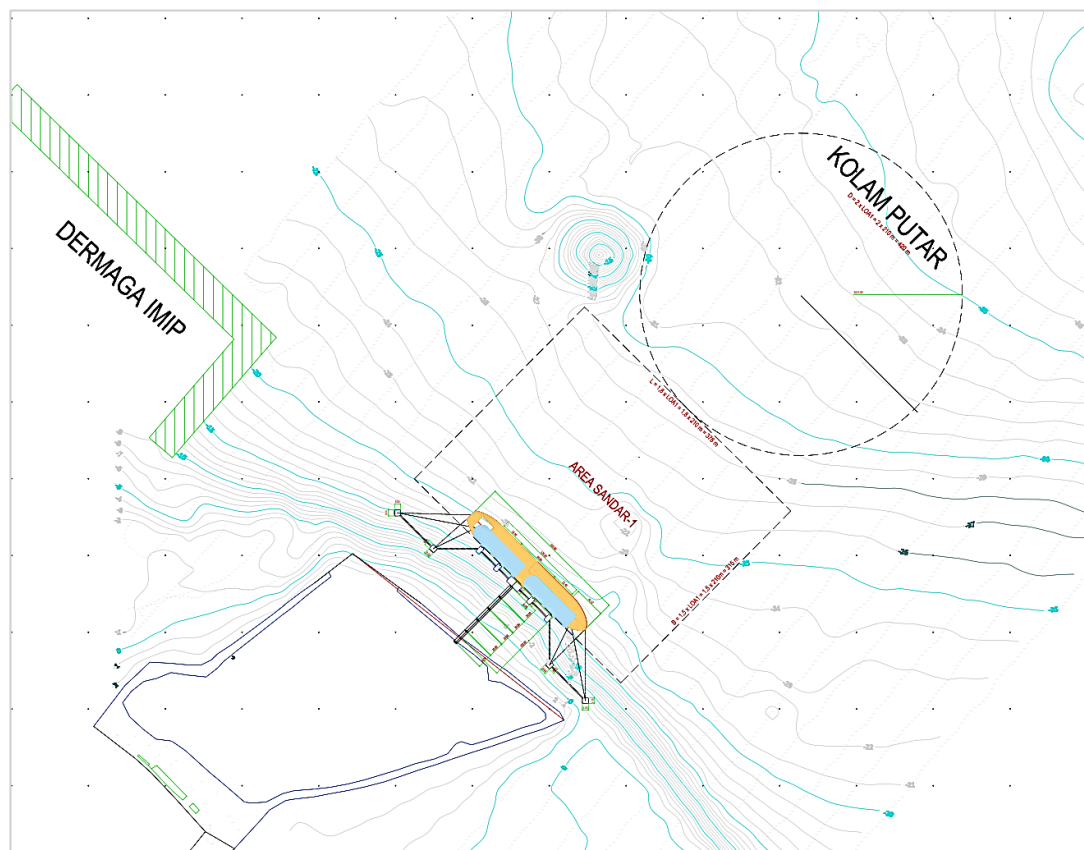
Telah dilakukan pertemuan antara Konsultan (PT Diagram Triproporsi) dan Klien (PT Dover Chemical) pada tanggal 16 Maret 2023 secara *hybrid* membahas tentang hasil survei dan alternatif desain konseptual. Alternatif desain konseptual yang telah dipaparkan ditampilkan pada Gambar 1.3 hingga Gambar 1.5 dengan uraian pada Tabel 1.1. Dari pertemuan tersebut disepakati bahwa alternatif 1 (lihat Gambar 1.3) diprioritaskan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 1.1 - Lokasi Kab. Morowali, Sulawesi Tengah



Gambar 1.2 - Lokasi Pekerjaan



Gambar 1.3 - Tata Letak Pelabuhan – Alternatif 1