



ANALISIS STRUKTUR TIANG PANCANG (PILE) PIPA BAJA KOMPOSIT PELABUHAN BONGKAR MUAT SEBAWANG

Azis Susanto*¹, Yudis Ramadan²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara
e-mail: zaiss.ub@gmail.com

ABSTRACT: Tana Tidung Regency as a coastal area, is in dire need of sea transportation to open remote and isolated areas and to increase the economy, so that it will improve the standard of living, especially for the people of Tana Tidung Regency. Therefore, the Tana Tidung Regency government plans to build a Loading and Unloading Dock in Sebauang, Sesayap Hilir District. This research is to provide an alternative pile structure that can be used as a safe and efficient structure for Loading and Unloading Sebauang Port. From the results of land surveys and investigations, the planned location of the port area has a river contour and a hard soil layer that is sufficiently deep so that adequate piles are needed. The results of analysis using D-80 steel pipe pile (Grade 2) 12.7 mm thick over stressed in the style of 2705.72 kN in the dock pile structure, so that it was re-analyzed using composite steel pipes with K-250 reinforced concrete filling (8D16) The results of the composite axial steel analysis increased to 5571.48 kN, making it safe to use.

Keywords: Pile, Steel Pipe, Composite

ABSTRAK: Kabupaten Tana Tidung sebagai daerah pesisir, sangat memerlukan transportasi laut untuk membuka daerah-daerah terpencil dan terisolir serta untuk meningkatkan roda perekonomian, sehingga akan meningkatkan taraf hidup khususnya masyarakat Kabupaten Tana Tidung. Oleh karena itu pemerintah Kabupaten Tana Tidung berencana membangun Dermaga Bongkar Muat di Sebauang Kecamatan Sesayap Hilir. Penelitian ini untuk memberikan alternative struktur tiang pancang yang dapat digunakan sebagai struktur Pelabuhan Bongkar Muat Sebauang yang Aman dan efisien. Dari hasil survey dan penyelidikan tanah, area lokasi rencana pelabuhan memiliki kontur sungai dan lapisan tanah keras yang cukup dalam sehingga diperlukan tiang pancang yang memadai. Hasil analisis menggunakan tiang pancang pipa baja D-80 (grade 2) tebal 12,7 mm mengalami over stressed pada gaya 2705,72 kN di struktur tiang pancang dermaga, sehingga dianalisis kembali menggunakan pipa baja komposit dengan isian beton bertulang K-250 (8D16). Hasil analisis gaya aksial baja komposit tersebut meningkat menjadi 5571,48 kN, sehingga aman untuk digunakan.

Kata kunci: Tiang Pancang, Pipa Baja, Komposit

1. PENDAHULUAN

Sebagai Negara Kepulauan, peranan transportasi laut bagi Indonesia adalah sangat strategis dan vital, tidak hanya itu secara ekonomis transportasi laut juga relatif murah dibandingkan dengan transportasi darat dan udara, sehingga transportasi laut perlu disediakan di daerah-daerah yang membutuhkan di Indonesia khususnya di daerah Pulau Kalimantan.

...

Transportasi laut dan sungai merupakan salah satu moda transportasi yang mempunyai peran yang sangat strategis pada wilayah Kalimantan Utara. Hal ini disebabkan oleh kondisi wilayah yang terdiri dari pulau-pulau maupun kawasan yang saat ini umumnya dapat dijangkau melalui moda sungai. Dengan adanya sarana dan prasarana transportasi, maka daerah-daerah yang terpencil akan terbuka dan tidak terisolir untuk berhubungan dengan daerah-daerah lainnya. Kondisi demikian secara positif diharapkan akan meningkatkan pula roda perekonomian di wilayah-wilayah tersebut serta secara langsung meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Sesuai dengan kondisi geografisnya, Kabupaten Tana Tidung terletak pada kawasan dimana transportasi yang paling dominan untuk mendukung kegiatan sosial, ekonomi, politik maupun kebudayaan adalah transportasi sungai. Sungai Sesayap merupakan sebuah sungai besar yang bermuara pada Selat Makasar yang merupakan sungai utama yang dijadikan jalur perhubungan air dari Kota Tarakan sebagai pusat kegiatan ekonomi menuju daerah lain yaitu Kabupaten Tana Tidung dan Kabupaten Malinau. Ada beberapa potensi yang bisa menjadi modal dalam membangun Tana Tidung, yaitu lahan efektif budidaya untuk pertanian, perikanan, hutan, dan perkebunan yang mencapai 1.448,56 km². Serta batubara di Kecamatan Sesayap dan Sesayap hilir, minyak dan gas bumi tengah dieksplorasi oleh perusahaan tertentu di daerah Tana Lia dan Sesayap Hilir. Pengembangan potensi tersebut perlu diimbangi dengan adanya infrastruktur yang memadai serta tersedianya sarana dan prasarana transportasi pada Kabupaten Tana Tidung, diantaranya yaitu rencana pembangunan Pelabuhan Bongkar Muat di Sebawang, Kabupaten Tana Tidung.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data-data

a. Data tanah

Data tanah diambil dari hasil boring dan uji laboratorium BH-01 dan BH-02 Pelabuhan Bongkar Muat Sebawang, disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3.

Tabel 1. Lapisan Tanah dan Nilai N SPT Boring BH-01

Kedalaman Tanah (m)	Jenis Tanah	Rata-rata N SPT
0 s/d 4	Gambut coklat hitam & Lempung lumpur abu-abu hitam	0,00
4 s/d 23	Lempung lunak abu-abu	2,09
23 s/d 26	Lempung abu-abu kehitaman	6,33
26 s/d 28	Lempung coklat sisipan batubara hitam abu-abu	7,00
28 s/d 30	Lempung abu-abu muda, belang coklat kekuningan	7,00
30 s/d 32	Lempung abu-abu putih kekuningan	8,50
32 s/d 40	Lempung abu-abu	13,60
40 s/d 42	Pasir kuarsa halus sampai sedang terdapat gravel abu-abu	26,00
42 s/d 44	Pasir kuarsa halus	30,00

Sumber: Laporan Boring dan Sondir Pelabuhan Bongkar Muat Sebawang, 2024.

Tabel 2. Lapisan Tanah dan Nilai N SPT Boring BH-02

Kedalaman Tanah (m)	Jenis Tanah	Rata-rata N SPT
0 s/d 2	Gambut coklat hitam & Lempung lumpur abu-abu, coklat	0,00
2 s/d 21	Lempung lunak abu-abu	0,36
21 s/d 26,5	Lempung abu-abu sisipan batubara hitam	5,00

Kedalaman Tanah (m)	Jenis Tanah	Rata-rata N SPT
26,5 s/d 30	Lempung abu-abu muda, belang coklat kekuningan	11,33
30 s/d 38	Lempung abu-abu	11,40
38 s/d 39,5	Lempung sisipan pasir halus abu-abu	16,00
39.5 s/d 44	Pasir kuarsa halus sampai sedang terdapat gravel abu-abu	35,00

Sumber: Laporan Boring dan Sondir Pelabuhan Bongkar Muat Sebewang, 2024.

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Tanah, Nilai Kohesi BH-01 dan BH-02

Bor Hole	Kedalaman (m)	Kohesi, Cu (kN/m ²)
BH-01	5.00 - 5.50	6,330
	17.00 - 17.50	6,750
	23.00 - 23.50	8,440
	29.00 - 29.50	8,230
	35.00 - 35.50	6,120
BH-02	25.00 - 25.50	5,700
	35.00 - 35.50	4,220
Rata-rata		6,541

Sumber: Laporan Boring dan Sondir Pelabuhan Bongkar Muat Sebewang, 2024.

b. Data material tinag pancang

Data awal tiang pancang:

- Tipe pile : pipa baja (*steel pipe*)
- Panjang : 44 m
- Dimensi : diameter nominal 813 mm
: tebal 12,7 mm
- Mutu pipa baja : $f_y = 240$ MPa (kelas 2/*grade 2*)
- Output SAP2000v11 : 2705,72 kN (*overstressed*)

Data tiang pancang komposit:

- Tipe pile : pipa baja komposit (diisi beton bertulang)
- Panjang : 44 m
- Dimensi : diameter nominal 813 mm
: tebal 12,7 mm
- Mutu pipa baja : $f_y = 240$ MPa (kelas 2/*grade 2*)
- Mutu beton isian : K-250
- Butu baja tuangan : *deform* $f_y = 390$ MPa
: polos $f_y = 235$ MPa

2.2. Pemodelan

Pemodelan analisis struktur dengan menggunakan software SAP2000. Tumpuan pada tanah dimodelkan sebagai *spring* sesuai dengan lapisan tanah berdasarkan data boring BH-01 dan BH-02, nilai koefisien *spring* tanah berdasarkan hasil analisis dari uji tanah BH-01 dan BH-02, disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

...

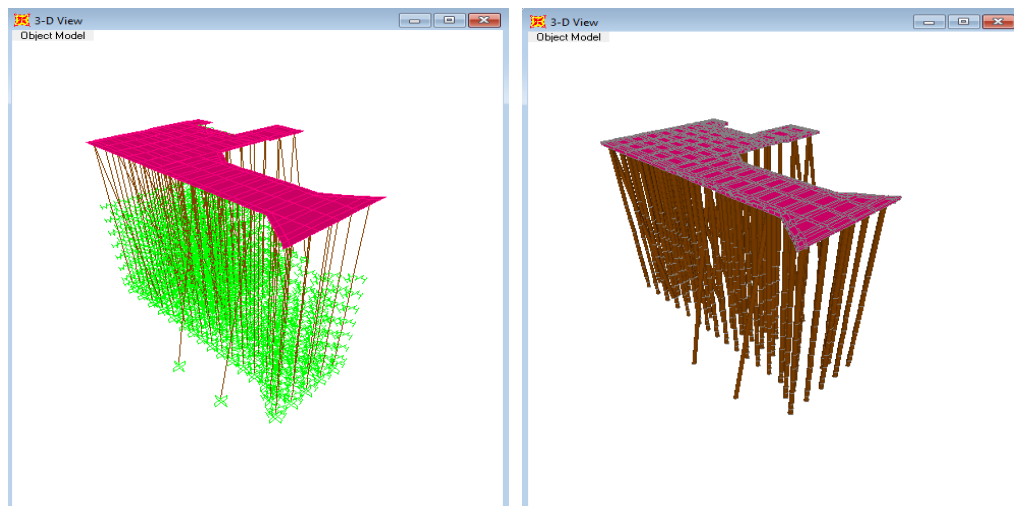
Tabel 4. Koefisien Pegas BH-04

Kedalaman Tanah (m)	Jenis Tanah	Rata-rata N SPT	Subgrade Reaction, k (kN/m ³)				
			Pasir		Lempung		
			k _{0,3}	k	Es (kN/m ²)	μ _s	k
0 s/d 4	Gambut coklat hitam & Lempung lumpur abu-abu hitam	0,00					
4 s/d 23	Lempung lunak abu-abu	2,09			3271	0,25	2932
23 s/d 26	Lempung abu-abu kehitaman	6,33			4220	0,25	3865
26 s/d 28	Lempung coklat sisipan batubara hitam abu-abu	7,00			4220	0,25	3865
28 s/d 30	Lempung abu-abu muda, belang coklat kekuningan	7,00			4168	0,25	3813
30 s/d 32	Lempung abu-abu putih kekuningan	8,50			4168	0,25	3813
32 s/d 40	Lempung abu-abu	13,60			3588	0,25	3241
40 s/d 42	Pasir kuarsa halus sampai sedang terdapat gravel abu-abu	26,00	46800	621741			
42 s/d 44	Pasir kuarsa halus	30,00	54000	717394			

Tabel 5. Koefisien Pegas BH-02

Kedalaman Tanah (m)	Jenis Tanah	N SPT	Subgrade Reaction, k (kN/m ³)				
			Pasir		Lempung		
			k _{0,3}	k	Es (kN/m ²)	μ _s	k
0 s/d 2	Gambut coklat hitam & Lempung lumpur abu-abu, coklat	0,00					
2 s/d 21	Lempung lunak abu-abu	0,36			3270	0,25	2932
21 s/d 26,5	Lempung abu-abu sisipan batubara hitam	5,00			4220	0,25	3865
26,5 s/d 30	Lempung abu-abu muda, belang coklat kekuningan	11,33			4168	0,25	3813
30 s/d 38	Lempung abu-abu	11,40			3588	0,25	3241
38 s/d 39,5	Lempung sisipan pasir halus abu-abu	16,00			3588	0,25	3241
39.5 s/d 44	Pasir kuarsa halus sampai sedang terdapat gravel abu-abu	35,00	63000	836959			

Pemodelan *spring* tanah pada struktur Dermaga dan *Trestel* Pelabuhan Sebangang seperti pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Pemodelan Spring Tanah Pada Dermaga dan *Trestel* Pelabuhan Sebangang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada awal analisis, tiang pancang di analisis tanpa beton isian (tidak komposit), dari hasil analisis penampang pipa baja dengan SAP2000 mengalami “*overstressed*” akibat beban ultimit mengalami gaya tekan maksimum 2705,72 kN. Maka tiang pancang di desain kembali menggunakan tiang pancang pipa baja komposit, dengan spesifikasi material sebagai berikut :

- Mutu beton, K = 300 atau $f_c' = 20,75 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas beton, $E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 21410 \text{ MPa}$
- Pipa baja = Dia. 813 mm (diameter nominal)
= Dia. 800 mm (diameter dalam)
- Tebal = 12,7 mm
- Mutu pipa baja, $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Grade 2)
- Mutu baja tulangan, f_{yr} = 390 MPa (*deform*)
 f_{ys} = 235 MPa (polos)
- Modulus elastisitas baja, $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- Tulangan pokok = 8D16 (*deform*)
- Tungan geser & torsi = P10 (polos)

Analisis Tiang Pancang Komposit

Cek ketebalan minimum pipa baja :

$$\text{Tebal digunakan } 12,70 \text{ mm} > t_{min} = D \sqrt{\frac{f_y}{8E}} = 9,96 \text{ mm} \quad \text{Ok.....}$$

Luas penampang tiang pancang pipa baja :

$$A_s = \pi D_n t = 32437,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek luas minimum } A_s \square\square 4\% \text{ luas komposit tot.} = 21403,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } A_s = 32437,3 \text{ mm}^2 > 4\% A_s \quad \text{Ok.....}$$

Inersia penampang tiang pancang pipa baja :

$$I = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} = 2,678\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

Jari-jari girasi pile:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 287,32 \text{ mm}$$

Luas penampang beton isian tiang pancang pipa baja :

$$A_c = \frac{1}{4} \pi d^2 = 502654,82 \text{ mm}^2$$

Inersia penampang beton isian pile :

$$I_c = \frac{1}{64} \pi d^4 = 2,011\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

Jari-jari girasi beton isian tiang pancang pipa baja :

$$r_c = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}} = 200,00 \text{ mm}$$

Penampang Komposit

Konsep kompatibilitas regangan pada komposit Rasio modulus : $n = E_s/E_c = 9,34$

Jari-jari girasi komposit :

$$r_m = r + r_c / n = 308,72 \text{ mm}$$

Tegangan komposit :

$$f_{my} = f_y + C_1 f_{yr} \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + C_2 f'_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right) = 532,65 \text{ MPa}$$

Jenis komposit : *Pipa diisi beton*

$$C_1 = 1,00$$

$$C_2 = 0,85$$

$$C_3 = 0,40$$

Modulus elastisitas komposit :

$$E_m = E + C_3 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right) = 332706,63 \text{ MPa}$$

Kekuatan Aksial Tiang Pancang Pipa Baja Komposit

Kelangsingan tiang pancang komposit

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

Dimana :

Jenis tumpuan : *Jepit-sendiri* $k_c = 0,8$

Panjang $L = 44 \text{ m} = 44000 \text{ mm}$

Maka :

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = 1,452 \rightarrow \square = 2,636$$

Kekuatan aksial tiang pancang komposit :

$$N_N = A_s f_{cr} = A_s \frac{f_{my}}{\omega} = 6554,69 \text{ kN}$$

Maka : $N_u = \phi_c N_n = 5571,48 \text{ kN}$ dengan $\phi_c = 0,85$

Sehingga didapat kapasitas pile komposit = **5571,48 kN**

Daya Dukung Tiang Pancang

Hasil analisis daya dukung tiang pancang (*pile*) berdasarkan dari hasil *soil investigation (boring)* dan uji laboratorium yang dilaksanakan di lokasi rencana pelabuhan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Daya Dukung Tiang Pancang

No	Berdasarkan	Daya Dukung Tiang Pancang	
		Tekan (kN)	Tarik (kN)
1.	Daya dukung tanah		
	a. Boring BH-01	2778,36	338,16

No	Berdasarkan	Daya Dukung Tiang Pancang	
		Tekan (kN)	Tarik (kN)
2.	b. Boring BH-02	2915,80	227,87
	Daya dukung material pile		
	Komposit Pipa D80	5571,48	
	Untuk control diambil	2278,36	227,87

Kontrol Terhadap Daya Dukung Tiang Pancang

Kontrol terhadap struktur dari hasil analisis struktur menggunakan SAP2000, disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kontrol Kapasitas Tiang Pancang

No	Pembebanan	Output SAP2000					
		Tekan (kN)	Kontrol	Kondisi	Tarik (kN)	Kontrol	Kondisi
1.	UDL + ULL	2344,36					
2.	U Moving Load	361,37			15,69		
	Beban ultimit	2705,72	< 2778,36	Aman	15,69	< 227,87	Aman

Dengan demikian kondisi struktur dermaga Pelabuhan Bongkar Muat Sebewang dengan menggunakan tiang pancang pipa baja komposit aman.

4. KESIMPULAN

- Hasil analisis menggunakan tiang pancang pipa baja akibat pembebanan ultimit gaya tekan yang terjadi 2705,72 kN tiang pancang pipa baja mengalami *overstressed*, setelah di analisis menggunakan pipa baja komposit kapasitas tiang pancang meningkat menjadi 5571,48 kN.
- Tiang pancang komposit menggunakan pipa baja diisi beton bertulang K250 dengan pokok tulangan 8D16 dan sengkang spiral P10-150, diameter pipa baja 813,6 mm, tebal 12,7 mm panjang tiang pancang 44 m.
- Daya dukung tekan tiang pancang 2778,36 kN dan daya dukung tarik tiang pancang 227,87 kN, lebih besar dari gaya terjadi sehingga kondisi struktur tiang pancang aman.

SARAN

Dalam pelaksanaan pembangunan Pelabuhan Bongkar Muat Sebewang perlu dilakukan :

- Uji daya dukung tiang pancang dengan menggunakan PDA test.
- Pekerjaan beton bertulang isian tiang pancang, perlu pengawasan kualitas yang ketat sehingga diperoleh tiang pancang komposit sesuai dengan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2020, SNI 1729-2020 Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

...

Teknik Sipil ,2024, Laporan *Soil Investigation Boring* dan Sondir Pelabuhan Bongkar Muat Sebewang, Tideng Pale.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Analisis dan Perancangan Fondasi bagian I. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Analisis dan Perancangan Fondasi II. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

Hardiyatmo, H.C, (2002). Mekanika Tanah 1, Edisi ketiga, Yogyakarta

Suyono S dan Kazuto N (Editor), 2000, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (Cetakan ke-7), PT. Pradita Paramita, Jakarta.