

Redesain Dimensi Tiang Pancang Baja di Dermaga 02 Terminal Petikemas Pelabuhan Patimban

Dimensional Redesign of Steel Pipe Piles at Pier 02 in Container Terminal Patimban Port

Ezra Valentino Gunanta^{1*}, Cokorda Bagus Purnawa Dwisa², Benny Heryanto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Transportasi dan Logistik, Institut Transportasi dan Logistik
Trisakti, Jl. IPN No.2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta Timur 13410, Indonesia

*Email Korespondensi: ezratino087@gmail.com

Abstract

The port is located in Patimban, Subang district, West Java. One of the facilities in the port of Patimban is berth of the container terminal 02. The port has a length and width of 451 x 32 meters and has a steel pipe pile diameter of 1300 mm with a thickness of 19 mm that can serve ships with a size of 143.000 DWT. This final task aims to redesign the dimensions of the steel pipe pile to a diameter of 1100 mm and to find out whether the structure of the bridge that has been changed after its diameter is still strong to withstand the existing load. On this final task to find out the strength of the bridge structure using the help of the software SAP2000 and the capacity calculation of the steel pile will use the method of calculating the foundation in accordance with mayerhoff. The calculation of the base of the pile from the axial style of a pile, the lateral style, the X and Y slide survey, the two-way slide review showed the result that the berth that had been changed its dimensions to 1100 mm was still strong to withstand the existing load.

Keywords : container berth, steel pipe pile, steel pipe pile diameter, SAP2000

Abstrak

Pelabuhan Patimban berada di Patimban, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Salah satu fasilitas yang ada di pelabuhan Patimban adalah dermaga terminal petikemas 02. Dermaga tersebut memiliki panjang dan lebar yaitu 451 x 32 meter dan memiliki tiang pancang baja dengan diameter 1300 mm dengan tebal 19 mm yang mampu melayani kapal berukuran 143.000 DWT. Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan redesign dimensi tiang pancang menjadi diameter 1100 mm serta mengetahui apakah struktur dermaga yang setelah diubah diameter nya masih kuat menahan beban yang ada. Pada penelitian ini untuk menganalisis kekuatan dari struktur dermaga patimban, menggunakan bantuan dari *software SAP2000* dan kalkulasi kapasitas tiang pancang baja akan menggunakan metode perhitungan pondasi dalam menurut *mayerhoff*. Kalkulasi pondasi tiang pancang dari gaya aksial tiang pancang, gaya lateral tiang pancang, tinjauan geser arah X dan Y, tinjauan geser dua arah menunjukkan hasil bahwa dermaga yang sudah dirubah dimensi nya menjadi 1100 mm masih kuat menahan beban yang ada.

Kata kunci : dermaga petikemas, tiang pancang baja, diameter tiang pancang, *SAP2000*

A. Pendahuluan

Perkembangan perdagangan dunia begitu cepat, sehingga membutuhkan sistem transportasi modern, yang didalamnya keberadaan pelabuhan sangat penting untuk mendukung transportasi laut. Begitu strategisnya fungsi pelabuhan, namun sayangnya kegiatan kepelabuhanan di Indonesia, baik efisiensi dan efektivitas kegiatannya, sering terkendala oleh masalah. Permasalahan yang sering terjadi di pelabuhan misalnya terkait hubungan antara kapal, dermaga, muatan dan lain-lain (Putri, 2023).

Pelabuhan Patimban (Gambar 1) berada di Desa Patimban, Kecamatan Pusakanagara, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis pelabuhan Patimban terletak di pesisir pantai utara Jawa Barat. Lokasi pelabuhan Patimban terletak di 107°54'8,54"BT dan 6°13'50,08"LS (Kementrian Perhubungan, 2022). Pelabuhan merupakan infrastruktur penting dan merupakan fasilitas strategis, bahkan sering dianggap sebagai obyek vital nasional. Oleh sebab itu pelabuhan berperan penting dan strategis untuk mendukung tercapainya efektivitas dan efisiensi transportasi laut dengan penerapan sistem yang baik (Simamora, 2023). Ketika membangun sebuah fasilitas di pelabuhan khususnya untuk dermaga tiang pancang, yang merupakan komponen penting untuk memperkuat struktur bangunan dan memastikan stabilitas serta keamanan pada struktur tersebut, harus dibangun dengan baik sesuai standar yang ada.

Pembangunan tiang pancang tersebut akan menentukan kualitas pelabuhan, karena sebagaimana diketahui bahwa sekarang ini semakin berkembangnya transportasi seiring semakin berkembangnya perdagangan dunia, juga semakin meningkatnya kebutuhan hidup manusia, telah menyebabkan pelabuhan menjadi tempat bongkar muat barang yang tidak hanya berskala kecil, namun juga berskala besar. Bongkar muat tersebut bertujuan untuk pengiriman barang atau muatan ke seluruh wilayah Indonesia bahkan dunia, baik untuk pelayanan antar pulau, ekspor dan impor (Devita, 2023). Oleh sebab itu pengelolaan pelabuhan harus profesional agar menghasilkan profit yang baik dan tidak hanya bangunannya yang harus kuat, namun juga pengelolaannya harus berwawasan lingkungan. Menurut Haryani dan Simanjuntak (2023), sayangnya pengelolaan pelabuhan berwawasan lingkungan (*ecoport*) belum berjalan baik di Indonesia. Kemudian Haryani et al. (2023) juga menyebutkan bahwa sesuai hasil penelitiannya, terdapat hubungan yang kuat antara kinerja pelabuhan dan penyelenggaraan *ecoport*, artinya bahwa penyelenggara pelabuhan berwawasan lingkungan yang baik dapat berpengaruh positif terhadap kinerja suatu pelabuhan.

Aspek tertentu yang harus dipertimbangkan ketika merancang dan membuat tiang pancang adalah ukuran dan bentuk tiang, khususnya diameter tiang pancang. Pada penelitian ini akan melakukan analisis mengenai optimalisasi dimensi tiang pancang dengan dimensi yang lebih kecil, yang bermanfaat untuk menentukan diameter pada tiang pancang tersebut berupa tiang pancang yang paling efisien pada penggunaannya. Optimasi diameter tiang pancang adalah proses menentukan ukuran dan dimensi tiang pancang yang tepat untuk memastikan tiang pancang dapat menopang beban struktural bangunan dengan baik, sesuai dengan spesifikasi proyek dan dalam batas anggaran yang tersedia.

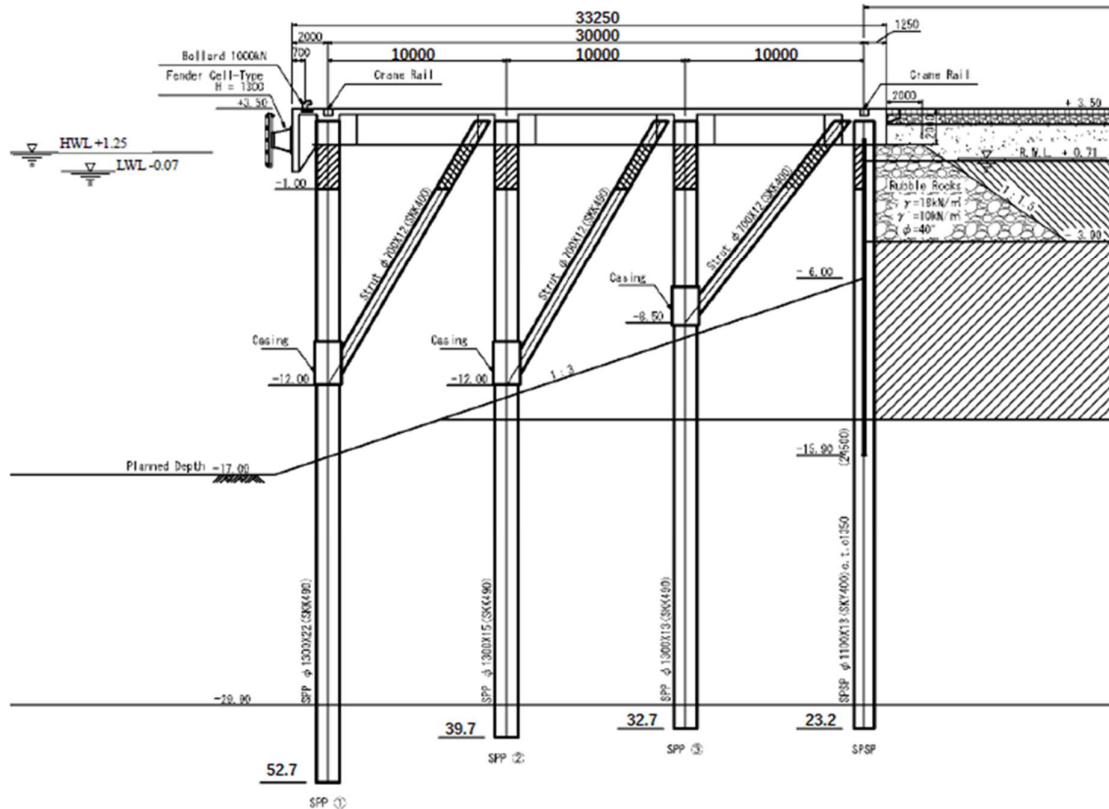


Sumber : Rencana Induk Pelabuhan Patimban (2022)
Gambar 1 Pelabuhan Patimban

Rumusan masalah pada penelitian ini berdasarkan latar belakang tersebut adalah: (1) berapakah gaya dalam maksimum pada tiang pancang baja dengan diameter luar 1100 mm; (2) berapakah tahanan gaya aksial dan lateral pada tiang pancang baja dengan diameter 1100 mm; dan (3) apakah dengan mengubah diameter tiang pancang baja menjadi 1100 mm dermaga masih kuat untuk menahan beban yang ada. Berdasarkan dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah: (a) untuk mengetahui besaran gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang baja dengan diameter 1100 mm; (b) untuk mengetahui besarnya tahanan gaya aksial dan lateral yang terjadi pada tiang pancang baja dengan diameter 1100 mm; dan (c) untuk mengetahui kuat atau tidak nya ketahanan dermaga apabila tiang pancang baja diubah menjadi 1100 mm.

B. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini (Gambar 2) dilakukan di pelabuhan Patimban, Kabupaten Subang khususnya pada terminal petikemas 02 pelabuhan Patimban. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas II Patimban dan Kantor Konsultan Patimone. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan terhitung sejak bulan Mei 2023 sampai September 2023.



Sumber : *The Preparatory Survey On Patimban Port* (2017)
Gambar 2 *Layout Dermaga Terminal Petikemas 02 Patimban*

Ilustrasi pada Gambar 2 menunjukkan bahwa terminal petikemas 02 Patimban memiliki struktur dermaga tipe *deck on pile* dengan tiang pancang berukuran 1300 mm dan direncanakan akan melayani kapal dengan berukuran 143.000 DWT (Kementerian Perhubungan, 2022). Penelitian ini akan menghitung ketahanan struktur dermaga apabila tiang pancang baja diubah diameternya menjadi 1100 mm dengan bantuan *software SAP2000* dan didukung oleh perhitungan manual dengan metode kuantitatif.

Pada dermaga terjadi beberapa gaya atau beban yang dapat terjadi seperti gaya mati atau beban dari berat struktur itu sendiri, gaya sandar dari kapal, gaya mooring, gaya gelombang, gaya angin, dan gaya gempa. Gaya-gaya tersebut dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Herfrison, 2021).

1. Gaya Angin

Beban angin yang ada pada tiang pancang dihitung sesuai dengan ketentuan BS 5400; Part 2 *Clause 5.3 Wind Load* (BS-5400-2-1978, 1978), sebagai berikut:

$$F_v = q \times A \times C_D \dots\dots\dots(1)$$

$$q = 0,613 \times V_c^2 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: F_v adalah *wind load* (N), C_D adalah *drag coefficient*, A adalah *silid area* (m^2), q adalah *dynamic pressure head* (in N/m^2 , $= 0.613 V_c^2$), V_c adalah kecepatan angin rencana.

2. Gaya Gelombang

Pada komponen gelombang terdiri dari penjumlahan gaya *drag* dan *inertia*. Persamaan dalam perhitungan gaya gelombang pada tiang pancang dengan kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking waves*) dinyatakan sebagai berikut (Triatmodjo, 2010).

$$F = F_d + F_i \dots\dots\dots(3)$$

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A U^2 \dots\dots\dots(4)$$

$$F_i = \frac{1}{2} C_i \rho A U^2 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan: F adalah gaya angin (*tonf*), ρ adalah $1,025$ (ton/m^3), D adalah diameter tiang pancang (m), U adalah kecepatan partikel air (m/s), C_i adalah koefisien inersia. C_d adalah Kkoefisien *drag* ($C_d = 1.0$ untuk *pile*), A adalah luas selimut tiang yang terekspos gelombang (m^2).

3. Gaya Sandar Kapal

Persamaan untuk menghitung beban sandar kapal dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2010):

$$E = \frac{W.V^2}{2g} . C_m . C_e . C_s . C_c \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan: E adalah Eenergi *berthing* (ton meter), V adalah kecepatan kapal saat membentur dermaga (m/s^2), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), C_e adalah koefisien eksentrisitas, C_m adalah koefisien massa, C_s adalah Kkoefisien kekerasan (1), C_c adalah bentuk dari tambatan (1)

4. Gaya *Mooring*

a. Gaya *Mooring* Akibat Angin

Besar gaya angin tergantung pada arah hembus angin dan dapat dihitung dengan rumus-rumus di bawah ini (Triatmodjo, 2010):

1. Gaya longitudinal angin yang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42 P_a A_w \dots \dots \dots (7)$$

2. Gaya longitudinal angin yang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 P_a A_w \dots \dots \dots (8)$$

3. Gaya lateral angin yang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1 P_a A_w \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan: P_a adalah tekanan angin (Kg/mf), A_w adalah Pproyeksi bidang yang tertiuap angin (m) = $4000 m^2$.

b. Gaya *Mooring* Akibat Arus

Persamaan untuk menghitung beban mooring akibat arus adalah sebagai berikut (JICA, 2017):

$$Ra = Cc \gamma_w A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan: R adalah gaya mooring akibat arus (kgf), A_c adalah luas kapal yang terendam air (m^2), γ_w adalah masa jenis laut (1025 kg/m^3), V_c adalah kecepatan arus (m/d), Cc adalah koefisien tekanan arus.

c. Gaya *Mooring* Pada *Bollard*

Gaya *mooring* pada *bollard* adalah gaya tahanan atau gaya tarikan yang dihasilkan oleh kapal yang terikat pada *bollard* di dermaga. *Bollard* adalah tumpuan atau penahan yang umumnya terpasang di dermaga atau pelabuhan dan digunakan untuk mengikat kapal agar tetap berada dalam posisi yang diinginkan. Kapal yang berlabuh akan menghasilkan gaya-gaya tahanan yang bekerja pada *bollard* dan struktur dermaga (OCDI, 2020).

5. Gaya Gempa

Koefisien respons seismik dapat menggunakan persamaan seperti dibawah ini (SNI 1726, 2019).

$$C_s = S_D / (R/I) \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan: S_D adalah parameter respons 1 detik, I adalah faktor keutamaan struktur (bangunan kategori resiko I), R adalah faktor reduksi gempa untuk kolom kantilever penahan momen, T_0 adalah periode natural ($0.2 \times S_D1/SDS$).

6. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Sesuai deskripsi penelitian ini, bahwa digunakan 3 metode untuk menganalisa kekuatan aksial tiang pancang (berdasarkan kekuatan bahan, hasil uji sondir, dan SPT). Nilai yang digunakan dalam perencanaan selanjutnya adalah nilai terkecil dari hasil analisa ketiga metode tersebut (Bowles, 1996) adalah:

a. Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kapasitas dukung nominal tiang pancang ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$P_n = 0.33.f_c'.A \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan: P_n adalah kapasitas dukung nominal tiang pancang (kN), f_c' adalah kuat tekan beton (kN/m²), A adalah luas penampang tiang pancang (m²)

b. Berdasarkan Hasil Uji Sondir

Tahanan ujung nominal tiang ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$P_b = A_b.q_c \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan: P_b adalah tahanan ujung nominal tiang (kN), A_b adalah luas ujung bawah tiang (m²), q_c adalah tahanan ujung sondir, nilai rerata pada kedalam 8D diatas tiang dasar sampai 4 D dibawah tiang dasar (kN/m²).

c. Berdasarkan Hasil Uji SPT

$$P_n = \frac{P_{pu} + \sum_1^n (A_s.f_s)}{SF} \dots\dots\dots(14)$$

$$P_{pu} = 40N_p.A_p \frac{L_b}{B} \leq 380N_p.A \dots\dots\dots(15)$$

$$f_s = x_m . A_s . \underline{N} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan: N_p adalah nilai rerata SPT di sekitar dasar tiang, $\underline{N}$ adalah jumlah pukulan rata-rata pada lapisan, A_p adalah luas dasar tiang (m²), A_s adalah luas selimut tiang (m²), X_m adalah 1.0, SF adalah faktor keamanan, 3.

7. Tahanan Lateral Tiang Pancang

Tahanan lateral untuk tiang panjang dianalisa berdasarkan persamaan (Minmahddun, 2022), yaitu:

$$H = y_o K h D / [2 \beta (e \beta + 1)] \dots\dots\dots(17)$$

$$K h = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-3/4} \cdot y_o^{-0,5} \dots\dots\dots(18)$$

$$\beta = [K h D / (4 E_c I_c)]^{0,25} \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan: D adalah diameter tiang pancang (m), L adalah panjang tiang pancang (m), kh adalah modulus subgrage horizontal (kg/cm³), Ec adalah modulus elastis tiang (kN/m²), Ic adalah momen inersia penampang (m⁴), E0 adalah modulus deformasi tanah pondasi (kg/cm²), e adalah jarak beban lateral terhadap muka tanah (m), yo adalah defleksi tiang maksimum, β adalah koefisien defleksi tiang (m⁻¹)

8. Analisis Gaya Aksial Tiap Tiang

Analisa tiap tiang akan dianalisa berdasarkan persamaan berikut ini:

$$P_{umax} = \frac{P_u}{n} + M_{ux} X_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} y_{max} / \Sigma y^2 \dots\dots\dots(20)$$

$$P_{umin} = \frac{P_u}{n} - M_{ux} X_{min} / \Sigma x^2 - M_{uy} y_{min} / \Sigma y^2 \dots\dots\dots(21)$$

Keterangan: P_{umax} adalah gaya aksial maksimal yang diterima tiang (kN), P_{umin} adalah gaya aksial minimal yang diterima tiang (kN), P_u adalah gaya aksial yang terjadi (kN), M_{ux} adalah gaya momen arah x yang terjadi (kN.m), M_{uy} adalah gaya momen arah y yang terjadi (kN.m), X_{max} adalah jarak maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat, X_{min} adalah jarak minimal tiang pancang arah x terhadap pusat, y_{max} adalah jarak maksimum tiang pancang arah y terhadap pusat, y_{min} adalah jarak minimal tiang pancang arah y terhadap pusat.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan pembebanan yang sesuai dengan rumus yang ada pada metode penelitian dapat disimpulkan bahwa pada struktur dermaga mempunyai beberapa beban yang terjadi pada dermaga. Dermaga terminal petikemas 02 Patimban memiliki pembebanan yang akan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Beban Pada Dermaga

No	Pembebanan	Berat
1.	Beban Mati	294568,725 kN
2.	Beban Hidup	80 kN/wheel
3.	Beban <i>Crane Sea Side</i>	470 kN/wheel
4.	Beban <i>Crane Land Side</i>	430 kN/wheel
5.	Beban Sandar Kapal	1570 kN
6.	Gaya <i>Mooring</i> Akibat Angin	110,880 ton
7.	Gaya <i>Mooring</i> Akibat Arus	30,402 ton
8.	Beban <i>Mooring</i> Pada Bollard	100 Ton
9.	Beban Gelombang	0,121345496 Ton
10.	Beban Arus Pada Tiang Pancang	0,040448499 Ton
11.	Beban Angin	0,0864 ton/pile
12.	Beban Gempa	<i>Respons Spectrum SAP2000</i>

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2023)

Data pada Tabel 1 menunjukkan hasil dari perhitungan beban atau gaya yang terjadi di dermaga terminal petikemas 02 Patimban. Tabel tersebut merupakan hasil perhitungan yang menggunakan persamaan yang sudah diuraikan pada Bab B Metode Penelitian. Hasil perhitungan tersebut kemudian dimasukkan kedalam *software* SAP2000 untuk di analisis kekuatan dari struktur dermaga dengan menggunakan tiang pancang berukuran 1100 mm.

Setelah perhitungan beban-beban atau gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dilakukan, tahap selanjutnya adalah analisis struktur dengan menggunakan *software* SAP 2000 ver. 21. Input data yang diperlukan dalam menjalankan program SAP 2000 ver. 21 yaitu:

1. *Define material*, bahwa pada penelitian ini material yang digunakan pada dermaga adalah sama dengan dermaga eksisting. Material beton menggunakan beton mutu K-350 dengan *strength* 30 Mpa, untuk baja menggunakan mutu SKK-490;
2. *Define frame*, bahwa pada penelitian ini bagian *define frame* menggunakan balok dengan ukuran 800 x 600 mm dan untuk balok *crane* menggunakan ukuran 1265 x 2000 mm, serta tiang pancang menggunakan *outside diameter* 1117,6 mm dan ketebalan 20 mm;
3. *Define area*, pada pemodelan dermaga terminal petikemas 02 Patimban di *software* SAP2000 *area section* di *define* menggunakan plat dengan ketebalan 0,4 meter;
4. Pemodelan dermaga, sesuai dengan apa yang sudah di *input* dan di *define* pada program SAP2000 maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan dalam program (Gambar 3), pemodelan dilakukan dengan menentukan *grid* terlebih dahulu, untuk *grid*

pada arah X adalah 9450 mm dan di *replicate* sebanyak 48 *block*, untuk arah Y adalah 10000 mm di *replicate* sebanyak 4 *block*, untuk arah Z1 sebesar -52,7 m, Z2 sebesar -39,7 m, Z3 sebesar -32,7 m, Z4 Sebesar -23,2 m dan Z0 sebagai titik Z awal. Sebagai *frame* tiang pancang menggunakan SPP-1100 sebanyak 191 tiang pancang dan untuk *sheet pile* menggunakan SPSP-1100 sebanyak 330 tiang pancang. Pada bagian bawah tiang pancang menggunakan *restraint fixed*. Balok *crane* di *assign* pada *sea side* dan *coping* di *assign* pada *land side* dan plat di *assign* pada seluruh bagian atas dermaga;

5. *Load pattern*, beban yang digunakan untuk analisis struktur dermaga pada tugas akhir ini adalah beban mati, beban hidup, beban *crane*, beban gelombang, beban angin, beban arus, beban gempa, beban sandar kapal, beban *mooring*;
6. *Load combination*, kombinasi pembebanan yang digunakan pada penelitian ini (Tabel 2) adalah kombinasi pembebanan yang sesuai dengan *design: piers and wharves* (UFC, 2012).

Tabel 2 Kombinasi Pembebanan

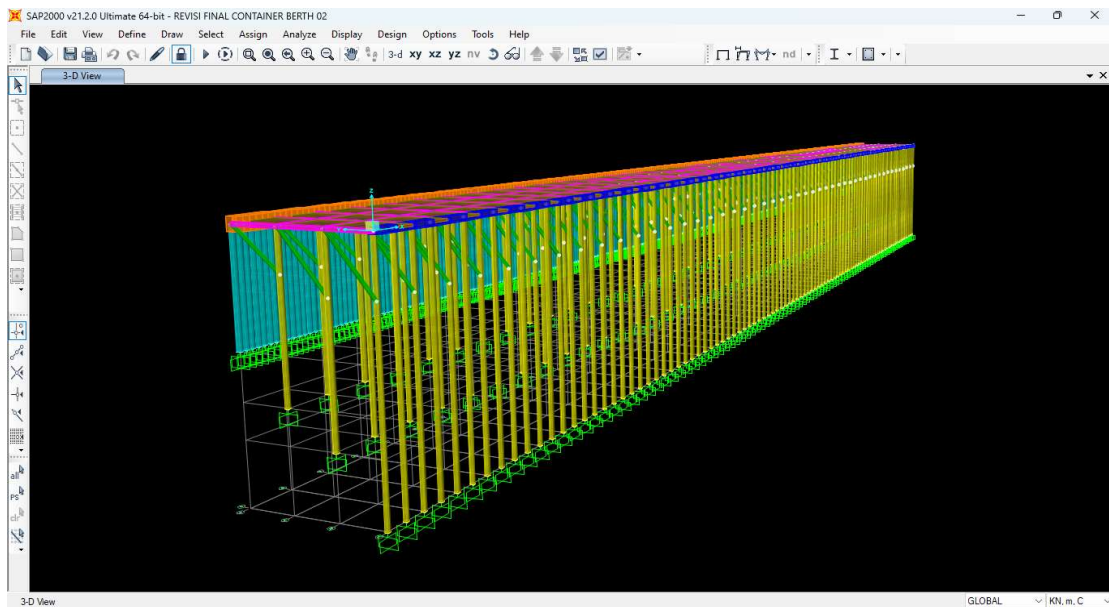
No	Nama Kombinasi	Kombinasi Beban
1	Comb 1	1,4 DL
2	Comb 2	1,2 DL + 1,6 LL
3	Comb 3	1,2 DL + 0,5 LL + 1,0 EQ
4	Comb 4	1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W
5	Comb 5	1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 C
6	Comb 6	1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 A
7	Comb 7	1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 B
8	Comb 8	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 B + 1,0 EQ
9	Comb 9	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 B + 1,6 W
10	Comb 10	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 B + 1,6 C
11	Comb 11	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 B + 1,6 A
12	Comb 12	1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 M
13	Comb 13	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 M + 1,0 EQ
14	Comb 14	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 M + 1,6 W
15	Comb 15	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 M + 1,6 C
16	Comb 16	1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 M + 1,6 A

Sumber : *Design: Piers and Wharves* (2012)

7. Input beban, bahwa beban yang di input pada SAP2000 sesuai dengan apa yang sudah di hitung pada penelitian ini untuk beban yang di *assign* pada *frame load*, adalah beban angin, beban gelombang dan beban arus, beban *crane* untuk beban yang di *assign* pada

joint load adalah beban *berthing*, beban *mooring*, dan untuk beban gempa menggunakan *respons* spektrum otomatis dari software SAP2000;

8. *Running analyze*, bahwa setelah semua beban di input dan *load combination* di input pada SAP2000 maka tahap selanjutnya adalah *running analyze* untuk mengetahui berapa besar gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang baja dermaga terminal peti kemas 02 pelabuhan Patimban;



Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 3 Hasil Pemodelan Dermaga Petikemas 02 Patimban

Sesuai hasil dari analisis menggunakan SAP2000 menghasilkan beberapa output yang dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya, output yang digunakan adalah gaya dalam yang dihasilkan oleh SAP2000, gaya dalam tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Gaya Dalam Tiang Pancang

Gaya Dalam	Depan	Tengah 1	Tengah 2	Sheet Pile	Satuan
P	400,713	753,738	526,052	329,702	kN
V2	1,48	3,016	3,012	7,562	kN
V3	7,64	21,819	45,465	61,71	kN
T	16,2062	17,5081	20,2292	29,5521	kNM
M2	178,7174	421,2984	775,022	501,0251	kNM
M3	42,6786	72,8406	65,7811	87,8718	kNM

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Setelah mendapatkan hasil untuk gaya dalam pada tiang pancang baja, langkah selanjutnya adalah analisis pondasi tiang pancang yang dijabarkan pada bagian dibawah ini:

1. Analisis Pondasi Tiang Pancang Bagian Depan

- a. Analisis gaya aksial pada tiang pancang maka dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $P_{umax} \leq \phi P_n = 349,57 \leq 649,00$ (OK);
- b. Analisis gaya lateral pada tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $h_{umax} \leq \phi \cdot H_n = 2,59 \leq 76,77$ (OK);
- c. Tinjauan geser (X) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot Vc \geq Vux = 1533,623 \geq 586,616$ (OK);
- d. Tinjauan geser (Y) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot Vc \geq Vuy = 2081,346 \geq 949,578$ (OK);
- e. Tinjauan geser dua arah tiang pancang dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot V_{np} \geq P_{uk} = 2081,35 \geq 400,713$ (OK).

2. Analisis Pondasi Tiang Pancang Bagian Tengah 1

- a. Analisis gaya aksial pada tiang pancang maka dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $P_{umax} \leq \phi P_n = 548,12 \leq 649,00$ (OK);
- b. Analisis gaya lateral pada tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $h_{umax} \leq \phi \cdot H_n = 7,34 \leq 76,77$ (OK);
- c. Tinjauan geser (X) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot Vc \geq Vux = 1533,623 \geq 983,712$ (OK);
- d. Tinjauan Geser (Y) Tiang Pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot Vc \geq Vuy = 2081,346 \geq 1545,223$ (OK)
- e. Tinjauan geser dua arah tiang pancang dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot V_{np} \geq P_{uk} = 2081,35 \geq 753,738$ (OK).

3. Analisis Pondasi Tiang Pancang Bagian Tengah 2

- a. Analisis gaya aksial pada tiang pancang maka dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $P_{umax} \leq \phi P_n = 586,60 \leq 649,00$ (OK);
- b. Analisis gaya lateral pada tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $h_{umax} \leq \phi \cdot H_n = 15,16 \leq 76,77$ (OK);
- c. Tinjauan geser (X) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi \cdot Vc \geq Vux = 1533,623 \geq 922,326$ (OK);

- d. Tinjauan geser (Y) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu :
 $\phi.V_c \geq V_{uy} = 2081,346 \geq 1660,680 (OK);$
- e. Tinjauan geser dua arah tiang pancang dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi.V_{np} \geq P_{uk} = 2081,35 \geq 526,052 (OK).$

4. Analisis Pondasi Tiang Pancang Bagian *Sheetpile*

- a. Analisis gaya aksial pada tiang pancang maka dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $P_{umax} \leq \phi P_n = 440,86 \leq 649,0 (OK);$
- b. Analisis gaya lateral pada tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $h_{umax} \leq \phi.H_n = 20,72 \leq 76,77 (OK);$
- c. Tinjauan geser (X) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu :
 $\phi.V_c \geq V_{ux} = 1533,623 \geq 769,211 (OK);$
- d. Tinjauan geser (Y) tiang pancang hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu :
 $\phi.V_c \geq V_{uy} = 2081,346 \geq 1223,470 (OK);$
- e. Tinjauan geser dua arah tiang pancang dari hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat yaitu : $\phi.V_{np} \geq P_{uk} = 2081,35 \geq 329,703 (OK).$

D. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis dan kalkulasi terhadap tiang pancang baja diatas, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu gaya dalam pada tiang pancang dapat diketahui melalui hasil running pada SAP2000, untuk gaya aksial sejajar *frame* paling besar adalah 753,738 kN, Gaya geser sumbu X paling besar adalah 7,562 kN, gaya geser pada arah sumbu Y paling besar adalah 61,71 kN, torsi aksial pada batang adalah 29,5521 kN, momen gaya tiang sumbu X paling besar adalah 775,022 kN/m, momen gaya tiang sumbu Y paling besar adalah 87,8718 kN/m. Berdasarkan hasil analisis dan kalkulasi pada tiang pancang baja dengan diameter 1100 mm maka dapat ditemukan tahanan gaya aksial, gaya lateral, tinjauan dari arah X, tinjauan dari arah Y, dan tinjauan 2 arah dari masing-masing bagian tiang pancang dan hasil dari kalkulasi tersebut mendapatkan bahwa hasil perhitungan tersebut memenuhi syarat. Sehingga dari analisis diatas dermaga terminal petikemas 02 Patimban dapat disimpulkan untuk redesain diameter tiang pancang ke ukuran 1100 mm, struktur masih dalam kondisi “aman” dan tidak memerlukan modifikasi pada struktur dermaga.

E. Daftar Pustaka

- Bowles, J.E. (1996) *Foundation Analysis and Design, Civil Engineering Materials*. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-349-13729-9_26.
- BS-5400-2-1978 (1978) 'Steel, Concrete and Composite Bridges Part 2. Specification for Loads'.
- Devita, D. (2023) 'Kinerja dan Pengaruh Fender Dermaga 05B dan 05C Terminal Ciwandan Pelabuhan Banten', *Jurnal Teknik Transportasi*, 2(1), pp. 14–32.
- Haryani, E.B.S. Alamsyah, A.R, S.A. (2023) 'Integration between ecoport management and capacity utilization of container terminals as a sustainable seaports development strategy Integration between ecoport management and capacity utilization of container terminals as a sustainable seaports developm', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 0–10. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012058>.
- Haryani, E.B.S. Simanjuntak, P.. (2023) 'Analysis of ecoport management implementation and seaport performance Analysis of ecoport management implementation and seaport performance', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 0–9. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012062>.
- Herfrison, A. (2021) *Desain Struktur Dermaga Terminal Peti Kemas No. 2 Tahap I Fase 2 Di Pelabuhan Patimban, Subang, Jawa Barat*.
- JICA (2017) *The Preparatory Survey on Patimban Port Development Project in the Republic of Indonesia Final Report*.
- Kementrian Perhubungan (2022) *Rencana Induk Pelabuhan Patimban*.
- Minmahddun, A. (2022) *Analisis Daya Dukung Aksial dan Defleksi Tiang Pancang Dermaga, Jurnal Media Konstruksi*.
- OCDI (2020) *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*.
- Putri, C.R. (2023) 'Penentuan Tipe Fender Dermaga Untuk Kapal Multipurpose Berukuran Maksimum 30 . 000 DWT', *Jurnal Teknik Transportasi*, 2(1), pp. 1–13.
- Simamora, S.C. (2023) 'Kinerja dan Proyeksi Pelayanan Kapal di Dermaga 004 Pelabuhan Banten', *Jurnal Teknik Transportasi*, 2(1), pp. 33–49.
- SNI 1726 (2019) 'Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung'. Available at: www.bsn.go.id.
- Triatmodjo, B. (2010) 'Perencanaan Pelabuhan'.
- UFC (2012) 'Unified Facilities Criteria Design: Piers and Wharves', (September).