

Analisis Struktur Portal Bidang Dengan Beban Lateral Menggunakan Metode Elemen Hingga

Humisar Pasaribu, Bartholomeus

Program Studi Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen, Jl. Sutomo 4A, Medan
email: pasaribu.humisar@gmail.com

Abstract

It is necessary to carry out a safety and comfort inspection of the existing wharf structure to ensure the facility's service life. To check the safety and comfort, it is necessary to do a structural analysis. In the world of civil engineering, there are many problems in analyzing structures that need to be analyzed for working loads or assessing the existing wharf structures that are loaded by ship berthing loads and loads on the floor plates. This research is limited by conducting research on port ports that are burdened with berthing loads. The results of this study are deformation at the nodes in the horizontal and vertical directions of the global and local axes. Based on the analysis carried out, a maximum horizontal deformation of 4.363 cm is obtained and is less than 0.5% H (or 7.4 cm) as required in SNI 8460:2017. Thus, it can be concluded that the structure can still bear the impact of a ship weighing 30,000 DWT.

Keywords: finite element, stiffness matrix, plane frame structure, berthing, harbour

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan pemeriksaan keamanan dan kenyamanan struktur dermaga eksisting perlu dilakukan untuk menjamin masa layan (*service*) dari fasilitas tersebut. Untuk menghindari adanya kekhawatiran apakah dermaga tersebut masih aman digunakan atau memerlukan adanya perbaikan atau penguatan secara struktural, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara komprehensif pada dermaga untuk mengetahui tingkat kerusakan dan evaluasi kapasitas (daya dukung) serta perencanaan perbaikan dan peningkatan kapasitas (Pasaribu dan Oberlyn Simanjuntak, 2017).

Secara umum, analisis struktur dapat dilakukan untuk kondisi perencanaan dan kondisi struktur eksisting yang sudah ada. Untuk kondisi perencanaan, langkah pertama dalam merencanakan struktur dermaga adalah merencanakan struktur sekunder yaitu pelat lantai. Selanjutnya, perencanaan dilakukan untuk struktur *mooring dolphin* dan *breasting dolphin* yang terdiri dari *poer* dan tiang pancang (Buana dkk., 2020). Untuk kondisi struktur dermaga yang sudah ada, analisis struktur dilakukan dengan melakukan pengujian terlebih dahulu pada struktur yang ditinjau. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain pengujian beton keras dengan alat seperti *core drill*, *hammer test*, *pundit* dan pengujian ketahanan beton dengan alat seperti *half cell*, *resistivity* (Pasaribu dan Oberlyn Simanjuntak, 2017). Selain itu, pengujian lain adalah untuk mengetahui respon struktur terhadap beban dinamik, pengujian dinamik di lapangan dilakukan secara *non-destructive* dengan metode uji vibrasi menggunakan sensor *accelerometer* (Morassi, 2008; Brownjohn, 2010; Jeary dkk., 2015 dalam (Tedy dan Dewobroto, 2019)).

Penelitian ini dilakukan pada sebuah struktur dermaga yang berlokasi di Kuala Tanjung, Sumatera Utara. Tujuan dari analisis struktur dermaga ini adalah untuk mengetahui deformasi yang terjadi akibat beban kapal sebesar 30.000 DWT atau sebesar beban yang bekerja pada fender yaitu 91,25 kN jika ditinjau bekerja pada satu struktur bidang portal, yang mana kondisi struktur yang digunakan adalah kondisi aktual berdasarkan hasil pengumpulan data dan penelitian yang memadai. Kemudian deformasi ini akan dibandingkan dengan deformasi izin yang ditentukan dalam SNI 8460:2017.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini secara umum dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama melakukan survey dan pengujian di lapangan dan tahap kedua melakukan analisis struktur dengan metoda kekakuan.

Pada tahap pertama, survey dan pengujian yang dilakukan di lapangan adalah Survey *Bathimetry* serta pengambilan dimensi elemen struktur dermaga tersebut. Survey *Bathimetry* atau sering disebut dengan pemeruman (*sounding*) dimaksudkan untuk mengetahui keadaan topografi laut atau kondisi konfigurasi laut (Pasaribu, 2016). Kemudian, pengujian di lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi beton dan tiang struktur dermaga eksisting dengan pendekatan tidak merusak (*non-destructive* – NDT) dan merusak (*destructive* – DT) dengan kontrol sampling yang menyeluruh. Dalam hal ini, pendekatan NDT dilakukan dengan pengujian *ultrasonic pulse velocity*, *rebar scan*, dan *resistivity*, sedangkan pendekatan DT dilakukan dengan pengujian *core drill sampling*, *half cell*, *carbonation*, dan *chloride sampling*.

Tahap kedua adalah melakukan analisis struktur dermaga berdasarkan data yang telah diperoleh dari lapangan. Analisis struktur dilakukan dengan meninjau satu bidang portal saja yang ditentukan sebagai portal bidang yang paling kritis dalam menerima beban kapal dalam kondisi pasang paling surut. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan metoda elemen hingga untuk portal bidang dengan matriks kekakuan sebagai dasar perhitungannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gaya Benturan Kapal

Tipe kapal yang digunakan dalam analisis ini adalah Kapal 30.000 DWT Tipe Bulk Carrier MV Asia Pearl (IMO 9502752) dengan dimensi:

- Panjang Keseluruhan Kapal (LOA) = 179,9 m
- Panjang Garis Air (LBP) = 171,5 m
- Lebar Kapal (B) = 28,4 m
- Draft Penuh Kapal (D) = 10,8 m

Umumnya, gaya lateral luar yang terjadi pada Pelabuhan sebagai tempat penambatan kapal dapat ditentukan dengan menggunakan metode yang sesuai menurut dimensi kapal, metode labuh, kecepatan labuh, struktur fasilitas tambat, metode penambatan dan property penambatan (Y Goda dkk., 1999 dalam (Kadir dan Hardjono, 2019)). Perhitungan beban kapal adalah sebagai berikut (Bambang Triatmodjo, 1996):

a. Energi Benturan Kapal

$$C_b = \frac{M_D}{L_{BP} \cdot B \cdot D \cdot \gamma} \quad (1)$$

$$C_b = \frac{44731,3}{171,5 \times 28,4 \times 10,8 \times 1,025}$$

$$l = \frac{1}{4} L_{OA} = \frac{179,88}{4} = 44,97 \text{ m} \quad (2)$$

$$r/L_{BP} = 0,2608 \quad (3)$$

$$r = 44,858 \text{ m}$$

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad (4)$$

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{44,97}{44,858}\right)^2} = 0,499 \approx 0,5$$

$$C_m = 1 + \frac{\pi D_L}{2 C_b B} \tag{5}$$

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 * 0,830 * 28,4} \frac{10,8}{B} = 1,72$$

Energi benturan kapal :

$$E_n = 0,5 M_D V_B^2 C_m C_c C_s \tag{6}$$

$$E_n = 432,780 \text{ kNm}$$

$$E_f = 0,5 E_n = 216,39 \text{ kNm} \tag{7}$$

$$E_f \approx 203 \text{ kNm}$$

b. Beban Benturan Kapal pada V Fender

Assumsi fender terdefleksi sebesar 45% sehingga (Pasaribu dan Oberlyn Simanjuntak, 2018):

$$E_{100\%} = E_f / 0,83 \text{ kN.m} = 260,71 \text{ kN.m}$$

Dari tabel di bawah diperoleh:

$$E = 260 \text{ kNm}$$

$$R = 970 \text{ kN}$$

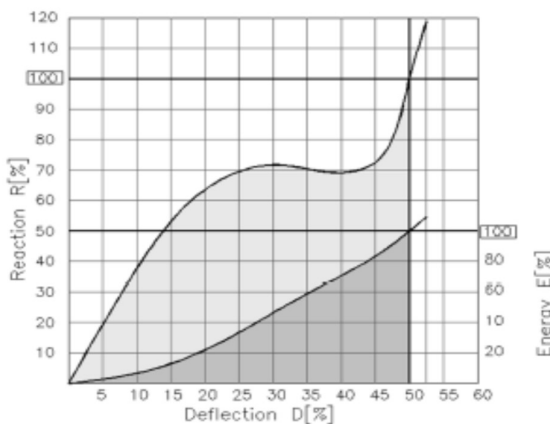
$$\text{Jadi gaya benturan kapal } F = 0,73 \times 970 = 708,1 \text{ kN} = 72,25 \text{ ton} \approx 73 \text{ ton}$$

Di dermaga yang ditinjau terdapat 11 fender, hanya 8 fender yang dikenai benturan kapal sehingga masing-masing titik fender memikul beban benturan sebesar $F_f = 73/8 = 9,125 \text{ ton} \approx 91,25 \text{ kN}$.

Tabel 1. Data Performance Fender

Fender		Grade		
		A	B	C
V-150	R	176	154	115
	E	7.8	6.8	5.1
V-200	R	230	200	150.5
	E	11.8	10.3	7.7
V-250	R	290	253	190
	E	18.5	16	12.1
V-300	R	340	297	222.5
	E	26.6	23	17.4
V-400	R	454	396	297.1
	E	47.3	41.3	30.9
V-500	R	599	523	392
	E	74.2	65	48.5
V-600	R	691	603	452.2
	E	107	93	70
V-800	R	920	803	602
	E	190	166	124.3
V-1000	R	1112	970	727.8
	E	297.6	260	195
V-1300	R	1477	1290	967
	E	500	436	327.2

Also available other grades.
Reaction and energy values per meter of fender.



Gambar 1. Kurva Geometri V Fender

Tabel 2 . Intermediate Deflection Fender

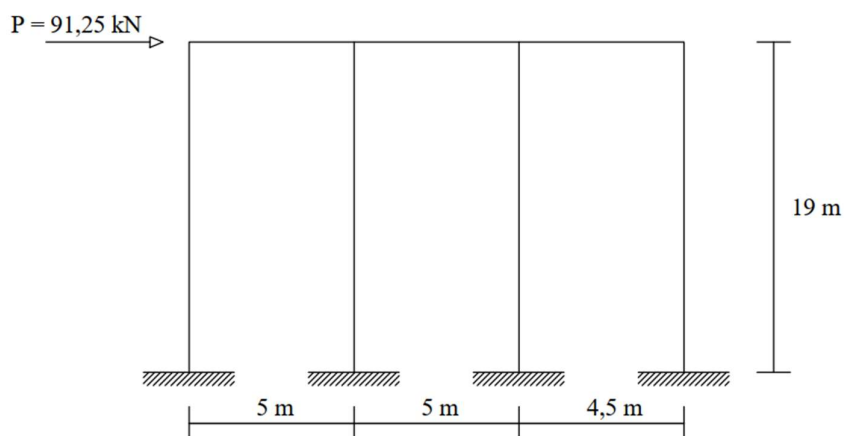
Intermediate deflections											
D (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	52.5
R (%)	19	38	53	64	70	72	70	69	73	100	119
E (%)	3	7	13	22	33	46	59	71	83	100	109

All dimension in mm, kN or kNm unless otherwise specified.
 * (E) Energy [kNm] and (R) Reaction [kN] values according to PIANC 2002

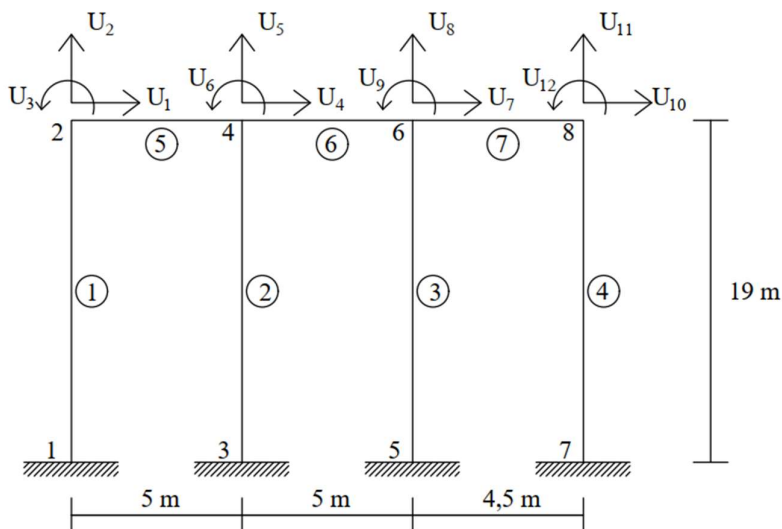
Sumber: (Trelleborg Marine and Infrastructure, t.t.)

3.2.Model Struktur

Berdasarkan *as built drawing* di dermaga Kuala Tanjung dan data yang diperoleh dari lapangan, data profil tiang dan balok diuraikan pada tabel 3 dan 4 berikut. Kemudian, dari data tersebut, maka dapat dibuatkan model struktur dermaga yang berupa portal bidang seperti yang digambarkan berikut.



Gambar 2. Model struktur



Gambar 3. Model struktur dengan Derajat Kebebasan (DOF)

Tabel 3. Profil Tiang

Batang	OD (m)	ID (m)	T (m)	A (m ²)	I (m ⁴)	Es (kN/m ²)
1	0,7	0,676	0,012	0,02594	0,00154	2x10 ⁸
2	0,7	0,676	0,012	0,02594	0,00154	2x10 ⁸
3	0,7	0,676	0,012	0,02594	0,00154	2x10 ⁸

Tabel 4. Profil Balok

Batang	b (m)	h (m)	L (m)	A (m ²)	I (m ⁴)	f'c (MPa)	Ec (kN/m ²)
5	0,8	1,1	5	0,88	0,08873	20	2,102x10 ⁷
6	0,8	1,1	5	0,88	0,08873	20	2,102x10 ⁷
7	0,8	1,1	4,5	0,88	0,08873	20	2,102x10 ⁷

3.3. Matriks Kekakuan Batang dalam Koordinat Lokal

Matriks kekakuan dalam koordinat lokal untuk masing-masing batang diuraikan sebagai berikut (William Weaver dan James M. Gere, 1990).

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

3.4. Matriks Transformasi Batang

Matriks transformasi untuk masing-masing batang diuraikan sebagai berikut (William Weaver dan James M. Gere, 1990).

Orientasi Batang:

$$c = \cos \alpha = \frac{X_j - X_i}{L} = \frac{X_2 - X_1}{L_1} = \frac{0 - 0}{3,5} = 0$$

$$s = \sin \alpha = \frac{Y_j - Y_i}{L} = \frac{Y_2 - Y_1}{L_1} = \frac{3,5 - 0}{3,5} = 1$$

$$[T] = \begin{bmatrix} c & s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & s & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -s & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.5. Matriks Kekakuan Batang dalam Koordinat Global

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global untuk masing-masing batang diuraikan sebagai berikut.

a. Batang 1

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_1] = [T_1]^T[k_1][T_1] \tag{8}$$

	0	0	0	1	2	3	
K_1	α	α	α	α	α	α	0
	α	α	α	α	α	α	0
	α	α	α	α	α	α	0
	α	α	α	α	α	α	1
	α	α	α	α	α	α	2
	α	α	α	α	α	α	3

Vektor tujuan $[ID_1] = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3]$

b. Batang 2

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_2] = [T_2]^T[k_2][T_2] \tag{9}$$

	0	0	0	4	5	6	
K_2	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	0
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	0
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	0
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	4
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	5
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	6

Vektor tujuan $[ID_2] = [0 \ 0 \ 0 \ 4 \ 5 \ 6]$

c. Batang 3

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_3] = [T_3]^T[k_3][T_3] \tag{10}$$

	0	0	0	7	8	9	
K_3	ω	ω	ω	ω	ω	ω	0
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	0
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	0
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	7
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	8
	ω	ω	ω	ω	ω	ω	9

Vektor tujuan $[ID_3] = [0 \ 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 9]$

d. Batang 4

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_4] = [T_4]^T[k_4][T_4] \tag{11}$$

		0	0	0	10	11	12	
K_4		^	^	^	^	^	^	0
		^	^	^	^	^	^	0
		^	^	^	^	^	^	0
		^	^	^	^	^	^	10
		^	^	^	^	^	^	11
		^	^	^	^	^	^	12

Vektor tujuan $[ID_4] = [0\ 0\ 0\ 10\ 11\ 12]$

e. Batang 5

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_5] = [T_5]^T[k_5][T_5] \tag{12}$$

		1	2	3	4	5	6	
K_5		*	*	*	*	*	*	1
		*	*	*	*	*	*	2
		*	*	*	*	*	*	3
		*	*	*	*	*	*	4
		*	*	*	*	*	*	5
		*	*	*	*	*	*	6

Vektor tujuan $[ID_5] = [1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6]$

f. Batang 6

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_6] = [T_6]^T[k_6][T_6] \tag{13}$$

		4	5	6	7	8	9	
K_6		π	π	π	π	π	π	4
		π	π	π	π	π	π	5
		π	π	π	π	π	π	6
		π	π	π	π	π	π	7
		π	π	π	π	π	π	8
		π	π	π	π	π	π	9

Vektor tujuan $[ID_1] = [4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9]$

g. Batang 7

Matriks kekakuan batang dalam koordinat global:

$$[K_7] = [T_7]^T[k_7][T_7] \tag{14}$$

		7	8	9	10	11	12	
K_7		@	@	@	@	@	@	7
		@	@	@	@	@	@	8
		@	@	@	@	@	@	9
		@	@	@	@	@	@	10
		@	@	@	@	@	@	11
		@	@	@	@	@	@	12

Vektor tujuan $[ID_1] = [7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12]$

3.6. Matriks Kekakuan Struktur

Berdasarkan matriks kekakuan masing-masing batang di atas, maka diperoleh matriks kekakuan struktur portal secara keseluruhan serta deformasi masing-masing titik sebagai berikut:sebagai berikut:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
α^*	α^*	α^*	*	*	*	0	0	0	0	0	0	1
α^*	α^*	α^*	*	*	*	0	0	0	0	0	0	2
α^*	α^*	α^*	*	*	*	0	0	0	0	0	0	3
*	*	*	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	π	π	π	0	0	0	4
*	*	*	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	π	π	π	0	0	0	5
*	*	*	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	$\phi^*\pi$	π	π	π	0	0	0	6
0	0	0	π	π	π	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	@	@	@	7
0	0	0	π	π	π	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	@	@	@	8
0	0	0	π	π	π	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	$\omega\pi@$	@	@	@	9
0	0	0	0	0	0	@	@	@	^@	^@	^@	10
0	0	0	0	0	0	@	@	@	^@	^@	^@	11
0	0	0	0	0	0	@	@	@	^@	^@	^@	12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
KG	3699888.004	0.000	5102.848	-3699350.862	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1
	0.000	452069.518	447621.454	0.000	-179048.582	447621.454	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2
	5102.848	447621.454	1556707.583	0.000	-447621.454	746035.757	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
	-3699350.862	0.000	0.000	7399238.866	0.000	5102.848	-3699350.862	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4
	0.000	-179048.582	-447621.454	0.000	631118.100	0.000	0.000	-179048.582	447621.454	0.000	0.000	0.000	5
	0.000	447621.454	746035.757	5102.848	0.000	3048779.097	0.000	-447621.454	746035.757	0.000	0.000	0.000	6
	0.000	0.000	0.000	-3699350.862	0.000	0.000	7810277.850	0.000	5102.848	-4110389.847	0.000	0.000	7
	0.000	0.000	0.000	0.000	-179048.582	-447621.454	0.000	697677.998	104997.625	0.000	-245608.480	552619.079	8
	0.000	0.000	0.000	0.000	447621.454	746035.757	5102.848	104997.625	3214564.821	0.000	-552619.079	828928.619	9
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4110389.847	0.000	0.000	4110926.988	0.000	5102.848	10
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-245608.480	-552619.079	0.000	518629.416	-552619.079	11
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	552619.079	828928.619	5102.848	-552619.079	1722493.307	12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
K_G^{-1}	0.000478191	2.42615E-06	-2.15364E-06	0.000477987	-3.19984E-07	-4.24614E-07	0.000477852	5.20958E-07	-5.23638E-07	0.000477792	-2.62712E-06	-2.17344E-06	1
	2.42615E-06	3.4316E-06	-6.98919E-07	2.42554E-06	4.22071E-07	-3.63917E-07	2.42478E-06	-1.59724E-07	1.4736E-08	2.42443E-06	-3.12188E-08	2.6954E-08	2
	-2.15364E-06	-6.98919E-07	1.10323E-06	-2.15243E-06	6.5088E-07	-1.37013E-07	-2.15172E-06	7.59725E-08	-6.36497E-08	-2.15145E-06	-2.79338E-08	3.66853E-09	3
	0.000477987	2.42554E-06	-2.15243E-06	0.000478053	-3.19132E-07	-4.24865E-07	0.000477918	5.21138E-07	-5.23802E-07	0.000477858	-2.62754E-06	-2.17375E-06	4
	-3.19984E-07	4.22071E-07	6.5088E-07	-3.19132E-07	2.66031E-06	-1.30232E-08	-3.18345E-07	7.57975E-07	-3.93934E-07	-3.18167E-07	-1.77628E-07	-1.09646E-07	5
	-4.24614E-07	-3.63917E-07	-1.37013E-07	-4.24865E-07	-1.30232E-08	4.99337E-07	-4.24488E-07	3.88529E-07	-1.08806E-07	-4.2434E-07	-1.15885E-08	-7.47489E-08	6
	0.000477852	2.42478E-06	-2.15172E-06	0.000477918	-3.18345E-07	-4.24488E-07	0.000478053	5.2193E-07	-5.24192E-07	0.000477994	-2.62836E-06	-2.17448E-06	7
	5.20958E-07	-1.59724E-07	7.59725E-08	5.21138E-07	7.57975E-07	3.88529E-07	5.2193E-07	2.57433E-06	-2.68811E-08	5.22678E-07	4.9014E-07	-6.57273E-07	8
	-5.23638E-07	1.4736E-08	-6.36497E-08	-5.23802E-07	-3.93934E-07	-1.08806E-07	-5.24192E-07	-2.68811E-08	4.86915E-07	-5.24007E-07	4.06079E-07	-9.38647E-08	9
	0.000477792	2.42443E-06	-2.15145E-06	0.000477858	-3.18167E-07	-4.2434E-07	0.000477994	5.22678E-07	-5.24007E-07	0.000478177	-2.62894E-06	-2.17553E-06	10
	-2.62712E-06	-3.12188E-08	-2.79338E-08	-2.62754E-06	-1.77628E-07	-1.15885E-08	-2.62836E-06	4.9014E-07	4.06079E-07	-2.62894E-06	3.38143E-06	7.39966E-07	11
	-2.17344E-06	2.6954E-08	3.66853E-09	-2.17375E-06	-1.09646E-07	-7.47489E-08	-2.17448E-06	-6.57273E-07	-9.38647E-08	-2.17553E-06	7.39966E-07	1.08044E-06	12

P	91.25 kN	U1	=	0.04363 m
	0	U2	=	0.00022 m
	0	U3	=	-0.00020 rad
	0	U4	=	0.04362 m
	0	U5	=	-0.00003 m
	0	U6	=	-0.00004 rad
	0	U7	=	0.04360 m
	0	U8	=	0.00005 m
	0	U9	=	-0.00005 rad
	0	U10	=	0.04360 m
	0	U11	=	-0.00024 m
	0	U12	=	-0.00020 rad

Berdasarkan SNI 8460:2017, batas deformasi yang diizinkan ditentukan adalah sebesar 0,5%H, dimana H adalah kedalaman fixity dari tiang pondasi (pile) yang tertanam (Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017), 2017). Jadi deformasi maksimum yang diizinkan adalah :

$$H = d \cdot 6 \cdot OD \tag{15}$$

$$H = 19 - 6 \cdot 0,7$$

$$H = 14,2 \text{ m}$$

$$0,5\%H = 0,5\%14,2 \tag{16}$$

$$0,5\%H = 7,4 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis dengan metoda kekakuan di atas, diperoleh deformasi horizontal maksimum yang terjadi adalah 0,04363 m atau 4,363 cm, sehingga masih memenuhi

deformasi izin sebesar maksimum 7,4 cm dan beban benturan kapal yang bebobot 30.000 DWT pada dermaga yang ditinjau atau sama dengan beban P sebesar 91,25 kN yang diterima pada satu bidang portal masih diijinkan bekerja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Analisis struktur dermaga eksisting di atas, deformasi horizontal struktur yang diperoleh dari hasil perhitungan didapatkan sebesar 0,04363 m atau 4.363 cm. Sedangkan deformasi horizontal maksimum yang diizinkan sebagai batas toleransi deformasi pada SNI 8460 : 2017 adalah 0,5% H. Sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur masih dapat memikul beban benturan kapal yang bebobot 30.000 DWT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas HKBP Nommensen yang telah mendanai penelitian ini dalam Program Penelitian Intern Biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo. 1996. *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Buana, C., Dwi Nugroho, M., Hadi Putra, K., el Hafizah, N., Ratih Sekartadji, dan. 2020. Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK Di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur Untuk Kapal BULK Carrier Dengan Kapasitas 10.000 DWT. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1): 45–51.
- Kadir, A., Hardjono, S. 2019. Analisis Kekuatan Struktur Dermaga Apung Untuk Pelabuhan Perintis. *Warta Penelitian Perhubungan*, 31(1): 47–54.
- Pasaribu, H. 2016. Analisis Kelayakan Struktur Jetty Terhadap Peningkatan Kapasitas Kapal Yang Akan Sandar. *Jurnal Teknik Nommensen*, 1(3).
- Pasaribu, H., Oberlyn Simanjuntak, J. 2017. Analisis Kelayakan Struktur Dermaga Kuala Enok. *Jurnal Teknik Nommensen*, 2(2).
- Pasaribu, H., Oberlyn Simanjuntak, J. 2018. Analisis Kelayakan Kapasitas Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS). *Jurnal Teknik Nommensen*, 3(1): 1–15.
- Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017). 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017)*. Jakarta: BSN.
- Tedy, D., Dewobroto, W. 2019. Evaluasi Pengujian Vibrasi Struktur (Studi Kasus: Dermaga Donggala). *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 3(1): 71.
- Trelleborg Marine and Infrastructure. t.t. *Product Brochure*.
- William Weaver, J., James M. Gere. 1990. *Matrix Analysis of Framed Structures*. 1 Ed. New York: Van Nostrand Reinhold.