

Diterima : 15 Oktober 2024 | Selesai Direvisi : 28 Oktober 2024 | Disetujui : 04 November 2024 | Dipublikasikan : Desember 2024
DOI : <http://doi.org/10.24853/jk.16.1.83-93>
Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Pengaruh *Fixity Point* Pondasi Tiang Terhadap Kemampuan Struktur *Radial Stacker* Sebagai Infrastruktur Pelabuhan Batu Bara

Haryo Koco Buwono¹, Naufal R. Rizqullah², Heri Khoeri¹, Badaruddin² dan Budi Satiawan¹

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta, 10510

Email korespondensi: haryo.koco@umj.ac.id

²PT. Hesa Laras Cemerlang, Komplek Rukan Mutiara Faza RB 1 Jl. Condet Raya No. 27 Jakarta 13760

ABSTRAK

Dalam pengoperasian terminal batubara, *radial stacker* merupakan komponen penting pada alat berat. *Radial stacker* adalah "lengan" mekanis yang mampu menjangkau area luas untuk melakukan operasi penimbunan dan ekstraksi batubara. Permasalahan berikut mungkin timbul akibat kondisi titik *fixity* yang tidak optimal pada tumpuan pondasi struktur *radial stacker*: penurunan permukaan tanah, yang diakibatkan oleh kondisi tanah yang lunak, beban yang berlebihan, atau adanya rongga dibawah pondasi. Penurunan kemampuan operasional, kemiringan struktur, dan kerusakan pada komponen mekanis. goyangan dan getaran, disebabkan oleh desain pondasi yang tidak memadai, ketidakseimbangan beban, atau getaran mesin. Relokasi tiang pondasi akibat gempa bumi, gaya lateral yang signifikan, atau erosi tanah. Hal ini menimbulkan potensi kerusakan struktur, ketidakstabilan peralatan, dan bahaya keselamatan pekerja. Berdasarkan analisis ulang substruktur *radial stacker jetty out 1*, struktur saat ini masih memenuhi persyaratan yang diizinkan dalam hal kekuatan dan kekakuan. Deformasi yang terjadi masih berada dibawah batas yang diperbolehkan, dan rasio PMM yang dicapai kurang dari 0,95. Selain itu, nilai faktor keamanan yang memenuhi persyaratan geoteknik hasil evaluasi daya dukung pondasi.

Kata kunci: *fixity point*, *radial stacker*, *safety factor*, kelayakan

ABSTRACT

In coal terminal operations, the *radial stacker* is a critical component of heavy equipment. The *Radial Stacker* is a mechanical "arm" that is capable of extending over a wide area to perform coal stockpiling and extraction operations. The following issues may arise as a consequence of *fixity point* conditions that are not optimal in the foundation support of the *radial stacker* structure: soil subsidence, which is the result of soft soil conditions, excessive loads, or cavities under the foundation. This leads to a reduction in operational capability, tilting of the structure, and injury to mechanical components. Swaying and vibration, which may be the result of inadequate foundation design, load imbalance, or vibrations from machinery. Foundation pile relocation as a consequence of earthquakes, significant lateral forces, or soil erosion. This leads to the potential for structural damage, apparatus instability, and worker safety hazards. According to the re-analysis of the *radial stacker jetty out 1* substructure, the current structure continues to satisfy the permitted requirements in terms of strength and rigidity. This is evident in the deformation that takes place, which remains below the permissible limit, and the PMM ratio that was achieved is less than 0.95. Additionally, a safety factor value that satisfies geotechnical requirements was determined by evaluating the foundation's bearing capacity.

Keywords: *fixity point*, *radial stacker*, *safety factor*, feasibility

1. PENDAHULUAN

Radial Stacker adalah bagian penting dari alat berat dalam operasional pelabuhan batubara. Peralatan ini beroperasi untuk penumpukan dan reklamasi batubara dari timbunan. *Radial Stacker* berfungsi sebagai "lengan" mekanis yang mampu menjangkau wilayah yang luas untuk melakukan operasi penumpukan dan pengambilan batubara.

Apa pentingnya *Radial Stacker*? Pertama, karena *Radial Stacker* mampu melakukan tugas dengan kecepatan tinggi dan skala besar, sehingga meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan. Kedua, Instrumen ini mampu melintasi baik secara vertikal maupun tangensial, sehingga memungkinkannya mengakses berbagai lokasi di dalam timbunan. Ketiga, *Radial Stacker* sangat cocok untuk pelabuhan dengan kapasitas bongkar muat tinggi karena kemampuannya mengelola batubara dalam volume yang sangat besar. Fungsi Utama *Radial Stacker*:

1. Proses pemindahan batubara dari ban berjalan ke tempat penimbunan secara konsisten dan seragam.
2. Proses pengambilan batubara dari timbunan untuk selanjutnya dimuat ke kapal atau diangkut ke lokasi lain.

Permasalahan yang terkait dengan kapasitas kapal untuk naik dan turun muatan serta berlabuhnya kapal adalah sebagai berikut ini.

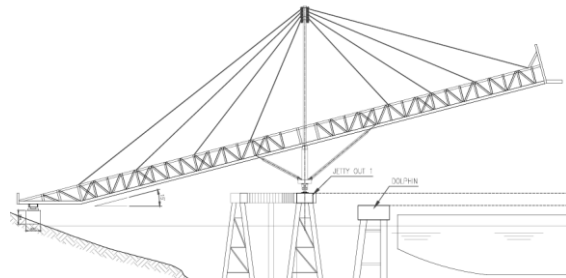
1. Berdasarkan Sandar Kapal

- Penumpukan kapal di pelabuhan dapat mengakibatkan peningkatan biaya operasional dan penurunan produktivitas akibat tertundanya proses sandar kapal.
- Infrastruktur pelabuhan, termasuk fender dan dermaga, dapat rusak akibat prosedur berlabuh kapal yang tidak tepat.
- Pencemaran udara dan air laut dapat diakibatkan oleh operasi berlabuh kapal yang tidak ramah lingkungan.

2. Kapasitas Bongkar Muat Kapal:

- Efisiensi operasional pelabuhan akan berkurang akibat bertambahnya waktu yang diperlukan untuk bongkar muat karena kapasitas bongkar muat kapal tidak mencukupi.
- Penggunaan alat berat secara terus menerus dan dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan kerusakan sehingga memerlukan biaya perawatan yang tinggi.
- Ketidakmampuan memenuhi permintaan pasar dapat diperburuk dengan terbatasnya kapasitas pasokan batubara di pelabuhan.

Efisiensi operasional dan keamanan struktur penumpuk radial bergantung pada kondisi titik tetap tiang pondasi. Kerusakan peralatan dan kerugian finansial yang besar dapat dicegah dengan memahami potensi masalah dan menerapkan solusi yang tepat.



Gambar 1. *Radial Stacker Jetty Out 1*

2. **FIXITY POINT RADIAL STACKER**

Peralatan berat dengan beban kerja signifikan dan pergerakan dinamis dikenal sebagai *Radial Stacker*. Stabilitas fondasi tempat instrumen ini ditempatkan merupakan faktor penting dalam kinerja optimalnya. *Fixity Point* atau titik tumpu pada tiang pondasi pada struktur *radial stacker* merupakan hal yang sangat penting, karena akan berdampak pada:

1. Struktur *Radial Stacker* dapat mengalami getaran, ketidakstabilan,

dan bahkan keruntuhan akibat titik tumpu yang tidak stabil.

- Keakuratan pekerjaan pemasangan dan pengambilan material dapat terganggu karena pergerakan yang tidak tepat.
- Proses produksi akan terganggu dan biaya pemeliharaan meningkat akibat rusaknya struktur akibat ketidakstabilan pondasi.

Permasalahan fixity point pondasi

Biasanya, *fixity point* diperkirakan menggunakan rumus yang disederhanakan atau hasil yang dipilih dari analisis tiang tunggal lateral nonlinier. Spesifikasi Desain Jembatan LRFD AASHTO [2] telah memasukkan persamaan titik ketetapan yang umum digunakan, yang diusulkan oleh Davisson dan Robinson [8]. Penggunaannya dilakukan rekomendasi untuk penilaian panjang efektif tekuk. Panjang dari puncak tiang hingga fiksasinya dibawah permukaan tanah untuk profil tanah liat dan pasir ditunjukkan pada Persamaan 1 dan 2, yang sedikit dimodifikasi dari Davisson dan Robinson [6].

$$L_f = L_{free} + 1,4 \left[\frac{E_p I_{py}}{E_c} \right]^{0,25} \quad (1)$$

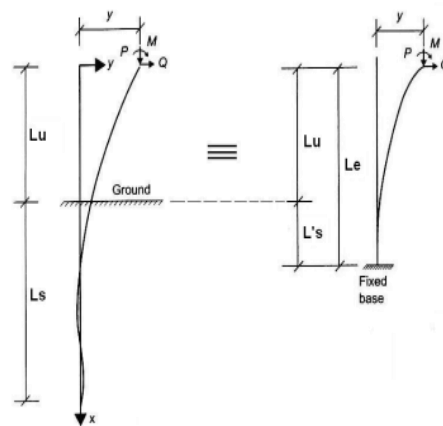
$$L_f = L_{free} + 1,8 \left[\frac{E_p I_{py}}{n_h} \right]^{0,20} \quad (2)$$

dengan L_{free} = jarak dari puncak tiang ke tanah, E_p = modulus elastisitas, I_{py} = inersia tiang, E_c = modulus elastisitas tak terdrainase untuk tanah liat, n_h = laju peningkatan modulus tanah seiring bertambahnya kedalaman pasir [14]. Persamaan (1) dan (2) didasarkan pada balok pada pondasi elastis teori dan asumsikan *long fixity*, sebagian tertanam dalam satu lapisan seragam baik tanah liat atau pasir. Koefisien pada Persamaan (1) dan (2) diatur sedemikian rupa sehingga model dapat melakukannya mendekati kecocokan dengan respons lentur dan tekuk secara bersamaan.

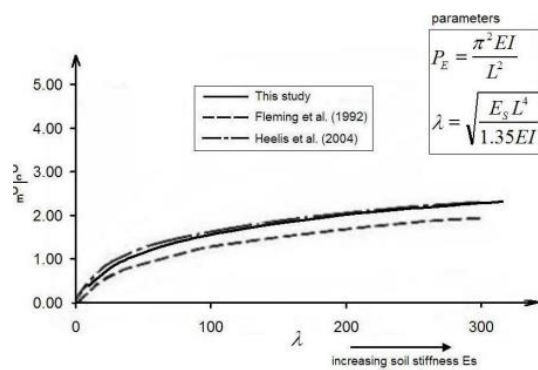
Kelemahan dari pendekatan ini adalah hasil dari model ini tidak akan cocok secara lateral kekakuan untuk tujuan

deformasi. Selain itu, untuk profil beberapa lapisan tanah, insinyur telah melakukannya untuk menentukan lapisan tanah setara pasir atau tanah liat untuk menggunakan persamaan.

Hal ini juga mengasumsikan bahwa tanah dapat dimodelkan sebagai tanah elastis sempurna terhadap deformasi yang ditimbulkan oleh *bending fixity*. Model ini juga tidak membedakan antara *free-head* dan *fix-head* tiang pancang dan tidak dapat digunakan untuk menilai perpindahan lateral secara akurat.



Gambar 2. Kedalaman Fiksasi [1]



Gambar 3. Beban Tekuk [11] [13]

Dibandingkan dengan hasil analisis ABAQUS disajikan dalam penelitian ini untuk tiang tetap bebas pada tanah homogen: untuk $\delta=0,75$.

Hasil eksperimen FE PC vs ES pada Gambar 3 telah dikonversi ke nilai non dimensi diatas dan dibandingkan dengan hasil studi analitik [11] [13]. Gambar 6

menunjukkan bahwa hasil kami sesuai dengan hasil Fleming et al. [11] dan Heelis dkk. [13].

Kondisi *Fixity Point* yang tidak optimal pada penyangga pondasi struktur radial stacker dapat mengakibatkan permasalahan sebagai berikut:

1. Penurunan tanah, yang disebabkan rongga dibawah pondasi, kondisi tanah lunak, atau beban yang berlebihan. Hal tersebut berdampak terjadinya kerusakan komponen mekanis, struktur miring, dan berkurangnya kemampuan operasional [7].
2. Getaran dan goyangan, yang disebabkan getaran dari mesin, ketidakseimbangan beban, atau desain pondasi yang kurang memadai. Hal ini berdampak pada meningkatnya risiko kecelakaan kerja, berkurangnya akurasi, dan kerusakan komponen elektronik [10].
3. Relokasi tiang pondasi, yang diakibatkan dari gempa bumi, gaya lateral yang besar, atau erosi tanah. Hal tersebut mengakibatkan potensi bahaya terhadap pekerja, ketidakstabilan peralatan, dan kerusakan struktural [1].
4. Korosi tiang pondasi, yang diakibatkan dari kondisi lingkungan yang korosif, seperti tanah yang mengandung garam atau air laut. Hal ini mengakibatkan menurunnya masa pakai, peningkatan risiko bencana, dan melemahnya struktur tiang pancang [1].

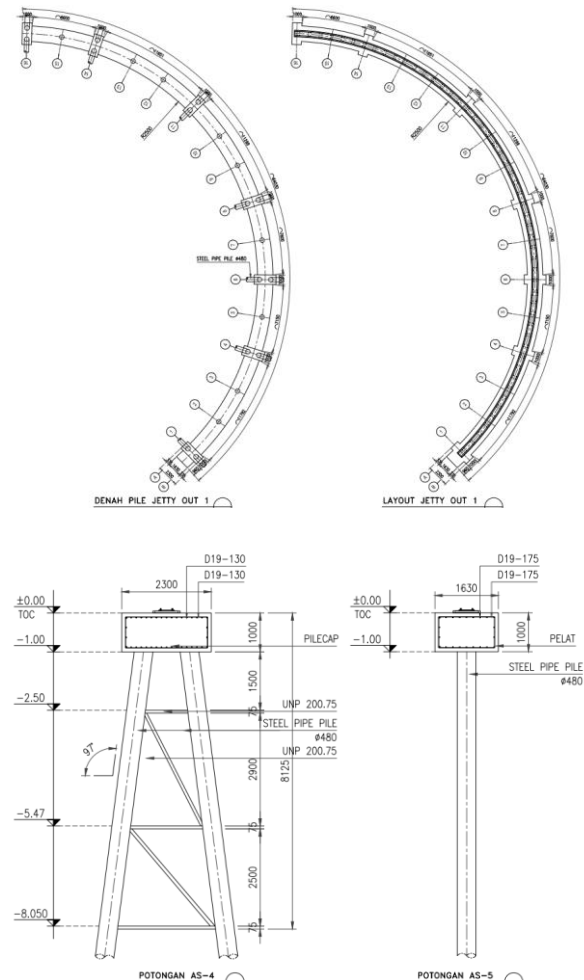
Faktor pengaruh *fixity point*

Dalam tinjauan faktor-faktor yang mempengaruhi *fixity point* [6] adalah sebagai berikut ini.

1. Tanah keras memiliki daya dukung lebih tinggi dibandingkan tanah lunak atau tepung.
2. Kedalaman Pondasi: Kestabilan struktur berbanding lurus dengan kedalaman pondasi.

3. Dimensi Pondasi: Daya dukung dipengaruhi oleh ketebalan dan luas pondasi.

Beban yang Dapat Diterima: Penurunan tanah dapat disebabkan oleh beban yang sangat besar.



Gambar 4. Radial Stacker Jetty Out 1

Solusi kerusakan *radial stacker*

Kerusakan pada pondasi dapat dipercepat oleh getaran yang ditimbulkan oleh mesin adalah akibat faktor lingkungan berdasar rusaknya struktur dikarenakan erosi dan korosi [3].

1. Proses melakukan pemeriksaan tanah secara menyeluruh sebelum merancang pondasi.
2. Memilih pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah dan beban yang diantisipasi.

3. Perhitungan beban yang tepat diperlukan untuk menentukan beban statis dan dinamis yang akan diterapkan pada struktur.

- Melakukan pemeriksaan rutin untuk mengidentifikasi indikator kerusakan.
- Penerapan bahan anti korosi pada pilar pondasi.
- Memasang peredam getaran pada komponen mesin.

3. STABILITAS TANAH

Stabilitas tanah dalam mendukung beban tergantung pada sifat-sifat fisis dan sifat-sifat mekanis tanahnya. Untuk mengetahui sifat-sifat diatas dilakukan pengujian dilapangan dengan sondir maupun pengeboran. Dari sondir didapatkan nilai konus resistensi q_c (kg/cm^2), lokal friksi (kg/cm^2), total friksi (kg/cm^1), dan friksi rasio (%). Sedangkan dari pengeboran dapat dilakukan diskripsi stratigrafi lapisan tanah, jenis tanah/batuan, pengambilan sampel tanah asli dan terganggu, nilai N SPT (jumlah pukulan dalam 3x penetrasi 15 cm), kedudukan MAT (Muka Air Tanah). Dari nilai indikator q_c , friksi rasio, dan N SPT dapat diketahui konsistensi massa tanah lempung dan kerapatan relatif massa tanah pasir [12].

Dari sampel-sampel tanah pemboran dilakukan penelitian laboratorium mengenai sifat indeks (nilai angka-angka parameter yang memberi indikator sifat tanah), sifat-sifat fisis dan mekanisnya yaitu : analisa butir, berat isi (gram/cm^3), berat jenis, batas-batas plastisitas (%), kadar air asli (%), kohesi (kg/cm^2), sudut geser internal tanah [5].

Dengan melakukan analisis data yang didapat dari penelitian lapangan dan laboratorium didapat kesimpulan mengenai sifat, perilaku, dan kekuatan tanahnya sehingga dengan memasukkan parameter dalam formula yang digunakan dapat menentukan daya dukung tanah [9].

4. METODOLOGI

Sangat penting untuk mengevaluasi konstruksi *Radial Stacker* saat ini, khususnya dalam hal *fixity point* strukturalnya, untuk menjamin efisiensi dan keselamatan operasional. Tujuan dari metodologi penelitian ini adalah untuk menetapkan kerangka metodologis untuk mengevaluasi kondisi fisik struktur tumpukan radial, dengan penekanan khusus pada titik fiksasi tiang pondasi.

Untuk tujuan penelitian adalah melakukan penilaian komprehensif terhadap kondisi fisik struktur penumpuk radial. Menilai sejauh mana kerusakan titik tetap tiang pondasi. Menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi kondisi ketetapan. Memberikan saran untuk penguatan atau rehabilitasi struktur.

Tahapan Penelitian

1. Tahap Persiapan

- Melakukan tinjauan literatur yang berkaitan dengan struktur penumpuk radial, peraturan perundang-undangan, dan standar konstruksi.
- Kumpulkan informasi teknis mengenai struktur, termasuk gambar desain, dokumen pemeliharaan, dan laporan inspeksi sebelumnya.

2. Tahap Survei Lapangan

- Melakukan pemeriksaan visual terhadap seluruh komponen struktur, seperti tiang pondasi, balok, kolom, dan sambungan.
- Alat ukur yang digunakan disesuaikan untuk mengukur dimensi, deformasi, dan patahan struktur.
- Melakukan pengujian NDT untuk mengidentifikasi kerusakan internal, termasuk delaminasi, korosi, atau patah. Metode pengujian tak rusak (NDT) yang dapat diterapkan Pengujian Ultrasonik (UT), pengujian partikel magnetik (MPT), Pengujian Penetran Cair (LPT) dan Proses

pengambilan contoh material untuk pengujian di laboratorium, antara lain uji kuat tekan beton dan uji tarik baja.

3. Tahap Analisis Data

- Evaluasi data pengukuran dan pengujian untuk memastikan tingkat kerusakan struktural.
- Periksa data inspeksi visual untuk menentukan sumber kerusakan.
- Mengidentifikasi penyimpangan dengan membandingkan kondisi aktual struktur dengan data desain.
- Memanfaatkan perangkat lunak analisis struktural untuk mengembangkan model analisis struktural yang menilai kinerja struktur dibawah beban.

4. Tahap Evaluasi

- Evaluasi Kondisi Struktur dengan menilai kondisi struktur secara keseluruhan sesuai dengan temuan analisis data.
- Identifikasi Penyebab Kerusakan dengan menentukan faktor-faktor yang mengakibatkan kerusakan pada titik pemasangan, termasuk beban berlebihan, korosi, atau cacat desain.

5. ANALISIS DAN HASIL

Data pembebanan

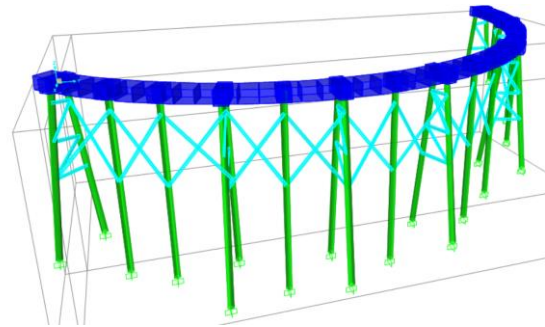
Beban Mati (DL) adalah berat dari semua bagian struktur *jetty out* yang bersifat tetap termasuk segala tambahan, *finishing* serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan.

Tabel 1. Besarnya Beban Mati

Beban Mati	Besar Beban
Struktur Baja	7850 kg/m ³ (78,5 kN/m ³)
Beton Bertulang	2400 kg/m ³ (24 kN/m ³)

Beban Hidup (LL) adalah beban yang bekerja dengan mengacu pada gaya yang bekerja pada *stacker* saat beroperasi.

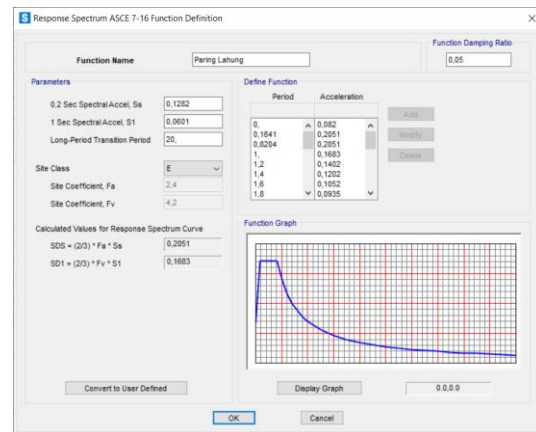
Sumber utama beban hidup pada *radial stacker* diantaranya material dari *radial stacker* sendiri, batu bara, gerakan boom dan *conveyor*, kecepatan operasi, kondisi angin, dan getaran dan dampak.



Gambar 5. Pemodelan Beban Mati

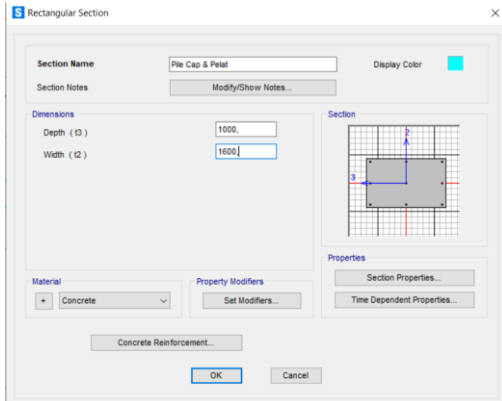
Tabel 2. Parameter Pembebanan

Parameter	Pembebanan (ton)
Load from Radial Stacker	17,7
Load from coal	27,2
Total Load	44,9
Impact Load	8,98

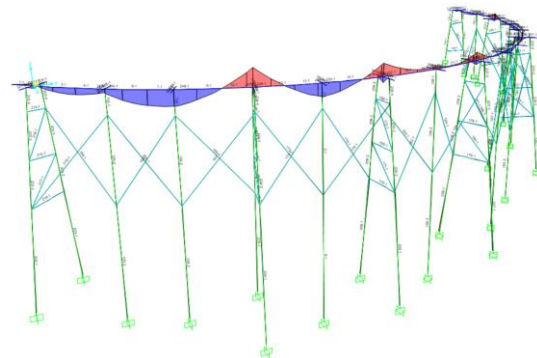
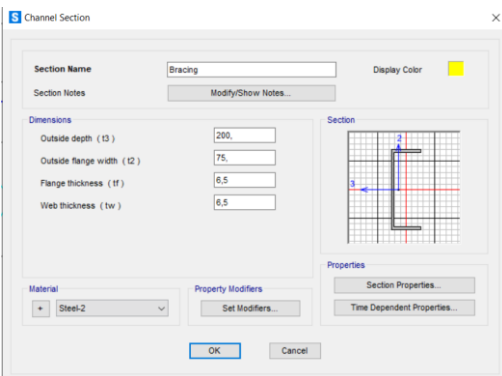


Gambar 6. Spektral Percepatan Tanah Lunak (SE)

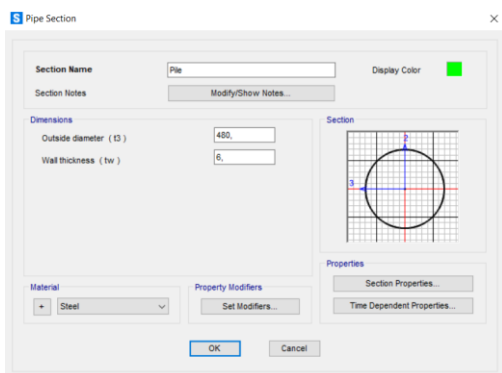
Analisa ketahanan gempa pada struktur gedung mengacu pada SNI 1726: 2019 dengan nilai-nilai parameter percepatan terpetakan bersumber dari aplikasi desain spektra Indonesia (PUSKIM & PPMB-ITB) dengan menyesuaikan koordinat lokasi gedung didirikan.



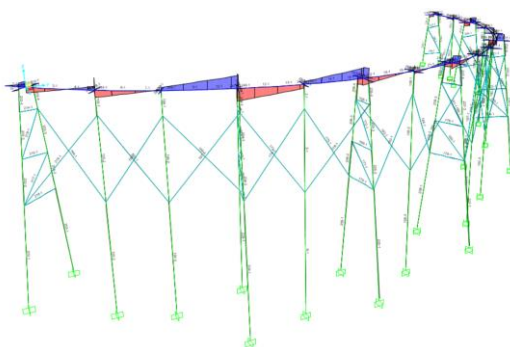
Gambar 9. Diagram Gaya Aksial



Gambar 10. Diagram Gaya Momen



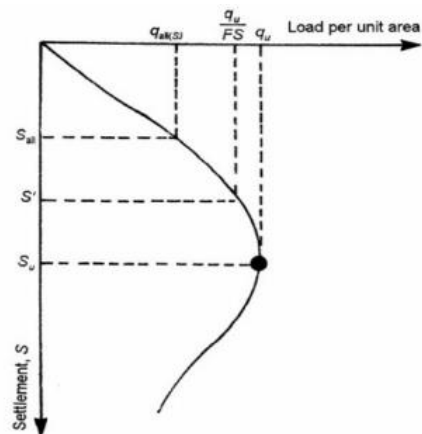
Gambar 7. Section Properties



Gambar 8. Diagram Gaya Geser

Perhitungan *fixity point*

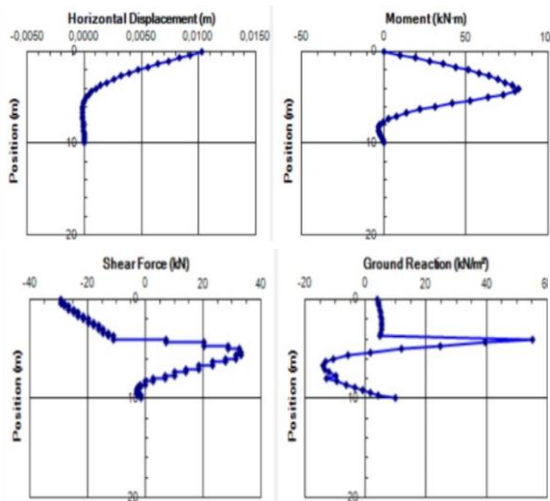
Nilai *fixity point* dihitung dengan *p-y method* menggunakan *software* midas *soilwork*.



Gambar 11. Grafik Hubungan Daya Dukung Pondasi Terhadap Penurunan

Untuk nilai *fixity point* yang didapatkan yaitu sebesar 4,3 m dan didasarkan pada nilai friksi dan tahanan ujung tiang saat

displacement tiang di river bed yaitu sebesar 10 mm [4].



Gambar 12. Fixity Point

Daya dukung izin tanah, dimana fondasi tersebut akan dibangun [4], akibat beban kerja harus diambil yang terkecil dari :

1. Kapasitas ultimit tanah dengan faktor keamanan yang cukup terhadap

Kemungkinan terjadinya keruntuhan, atau

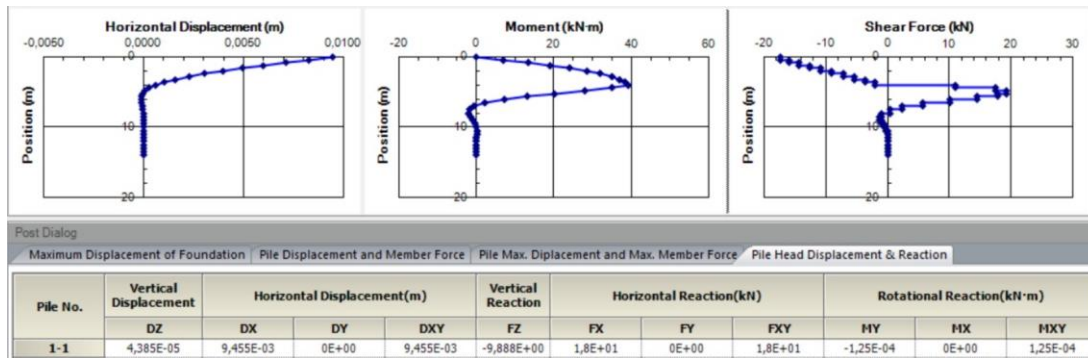
2. Suatu nilai yang memberikan deformasi fondasi akibat beban yang bekerja masih dalam batas-batas yang diizinkan oleh bangunan tersebut, atau bangunan disekitarnya.

Metode rasional yang digunakan untuk menghitung kapasitas ultimit pondasi harus dilakukan berdasarkan data-data tanah yang diperoleh dari penyelidikan lapangan maupun laboratorium pada lokasi pekerjaan menggunakan:

1. Metode analitik yang sudah baku (misalnya *Terzaghi, Meyerhoff, Hansen Vesic, Reese*) yang memperhitungkan kondisi lapisan tanah yang ada serta geometri dari fondasi,
2. Metode empiris yang sudah baku (terbukti).

Perhitungan Daya Dukung Tiang Aksial - Steel Pipe Pile Dia. 600 mm															
Ref : BH-7															
Pile Properties					Calc. Method : Based on N-SPT										
Type :	Steel Pipe Pile Dia. 600				Cu = 6 * N-SPT										
Diameter :	0,48 m				Compression										
Wall Thick :	0,006 m				Skin Friction (Qs) = $\alpha * Cu * Perimeter$ (c-soil)										
Perimeter :	1,5072 m				= $2 * N-SPT * Perimeter$ (ϕ -Soil)										
Apile :	0,0045 m2				End Bearing (Qp) = $9 * Cu * Apile$ (c-soil)										
Unit Weight :	0,3527 kN/m				= $40 * N-SPT_{avg} * L/D * Apile$ (ϕ -Soil)										
					= $\leq 400 * N-SPT_{avg} * Apile$ (ϕ -Soil)										
					Ultimate (Qu) = Qs + Qp										
Soil Layer:					Pull Out										
S :	Sand				Skin Friction (Qs) = 0.7 * Qs(Compression)										
C :	Clay				Pile Weight (Wp) = Unit Weight * L										
					Ultimate (Qu) = Qs + Wp										
Dept (m)	Soil Properties				Compression Capacity (kN)				Pull Out Capacity (kN)				Pile Condition	Remarks	
	Layer	N-SPT	Cu (kN/m2)	α	Friction		End	Qu	Friction*		Wp	Qpu			
					Local	Cumm.			Local	Cumm.					
0,0	C1	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Opened end	
-2,0	C1	1	6	1	9,0	9,0	0,2	9,3	6,3	6,3	0,7	7,0	7,0	Opened end	
-4,0	C1	1	6	1	9,0	18,1	0,2	18,3	6,3	12,7	1,4	14,1	14,1	Opened end	
-6,0	S1	11	0	1	33,2	51,2	20,4	71,6	23,2	35,9	2,1	38,0	38,0	Opened end	
-8,0	S1	17	0	1	51,2	102,5	27,0	129,4	35,9	71,7	2,8	74,6	74,6	Opened end	
-10,0	C2	42	252	1	379,8	482,3	28,8	511,1	265,9	337,6	3,5	341,1	341,1	Opened end	
-12,0	C2	40	240	1	361,7	844,0	9,7	853,7	253,2	590,8	4,2	595,1	595,1	Opened End	
-14,0	C2	38	228	1	343,6	1187,7	9,2	1196,9	240,5	831,4	4,9	836,3	836,3	Closed end	

Gambar 13. Perhitungan Daya Dukung Tiang Aksial

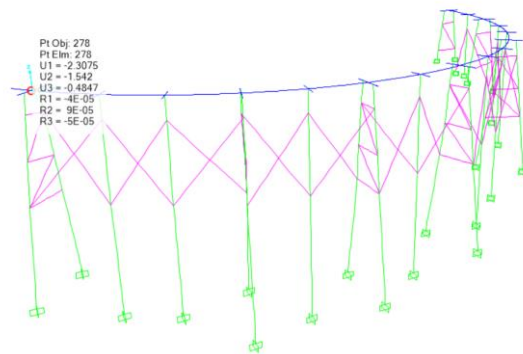


Gambar 14. Daya Dukung Tiang Lateral Terhadap *Displacement*

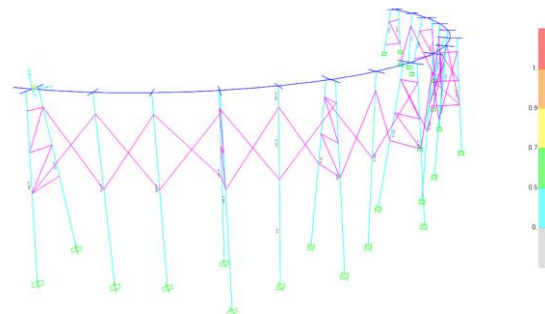
Daya dukung izin fondasi diperoleh dari daya dukung ultimit fondasi yang dibagi dengan suatu faktor keamanan yang besarnya minimum 3 untuk fondasi dangkal atau minimum 2,5 untuk fondasi dalam. Dan untuk batas pergeseran di kepala tiang saat pelaksanaan uji (kondisi free-head) 10 mm pada beban 100% beban rencana.

Formula daya dukung pondasi menggunakan metode empiris berdasarkan Reese dan Wright (1977).

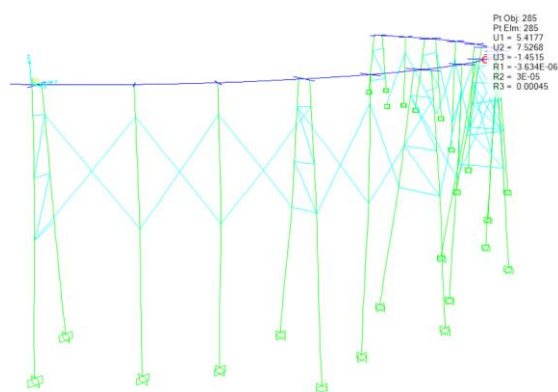
Dilakukan pengecekan terhadap deformasi bangunan untuk memastikan apakah besar deformasi akibat beban lateral (angin dan gempa) yang terjadi masih memenuhi deformasi yang diizinkan. Pada kasus ini deformasi izin menggunakan $L/400$ sesuai yang disyaratkan pada AISC 360-16. Dengan $L = 6,2$ m, maka batas maksimum deformasi pada struktur yaitu sebesar 15,5 mm.



Gambar 16. Deformasi pada Struktur tanpa Fender (*Berthing Load*) Dalam Satuan mm



Gambar 17. PMM Ratio



Gambar 15. Deformasi pada *Radial Stacker*

Berdasarkan hasil Analisa yang telah dilakukan, didapatkan nilai PMM Ratio untuk struktur $< 0,95$, sehingga dapat disimpulkan struktur tidak memiliki potensi *overstressed* akibat beban yang bekerja.

Pengecekan kapasitas pondasi tiang

Berdasarkan SNI 8460:2017 [4] serta beberapa teori seperti *terzaghy*, *Meyerhof* dan lain-lain, diambil *safety factor* sebesar 2 hingga 3 dengan *lateral displacement*

maksimum pada kepala tiang yaitu sebesar 10 mm. Berdasarkan hasil analisis, yang menunjukkan reaksi tumpuan terbesar yaitu beban akibat *radial stacker*.

Tabel 3. Pengecekan Kapasitas Pondasi

Joint	Lateral Force (kN)	Safety factor	Vertical Force (kN)	Safety Factor
177	0,25	71,7	193,30	6,19
242	20,30	1	154,50	7,74
269	17,20	1,05	144,50	7,05

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ulang sub *structure radial stacker jetty out 1*, dinyatakan bahwa struktur eksisting masih memenuhi syarat yang diizinkan baik dari aspek kekakuan maupun kekuatan. Hal ini dapat dilihat dari deformasi yang terjadi masih dibawah batas yang diizinkan dan PMM *ratio* yang didapatkan < 0,95. Dan berdasarkan pengecekan kapasitas daya dukung pondasi, didapatkan nilai *safety factor* yang telah memenuhi persyaratan geoteknik [4].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] a a Kerciku, S. Bhattacharya, H. J. Burd, and Z. a Lubkowski, "Fixity of Pile Foundations in Seismically Liquefied Soils for Buckling Calculations - an Eigenvalue Analysis," *14th World Conf. Earthq. Eng.*, no. October 2014, 2008.
- [2] A. A. of S. Highway and and T. Officials, "PO Geometric Design of Highways and Streets American Association of State Highway A Policy on Geometric Design of Highways and Streets," *Am. Assoc. State Highw. Transp. Off.*, 2004.
- [3] A. B. Sasongko, B. Priyohutomo, and D. Sulisty, "Optimization Stacker Reclaimer Slewing Bearing Assessment in Mechanical Inspection Combining with Advance Technology of Vibration Analysis," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1096, no. 1, p. 012086, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1096/1/012086.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Perancangan Geoteknik," *SNI 8460-2017*, vol. 8460, pp. 1-323, 2017.
- [5] B. M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 1(Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. 1995.
- [6] B. Robinson, V. Suarez, P. Robalino, M. Kowalsky, And, and M. Gabr, "A POINT OF FIXITY MODEL FOR PILE AND SHAFT BENTS," *Engineering*, pp. 1-23, 2016.
- [7] D. Panguriseng, *DASAR-DASAR MEKANIKA TANAH*, no. March. Universitas Muhammadiyah Makasar, 2018.
- [8] E. S. Norman, S. A. Brotherton, and R. T. Fried, *Work Breakdown Structures: The Foundation for Project Management Excellence*. 2008. doi: 10.1002/9780470432723.
- [9] F. Fahriani, "Analisis Stabilitas Tanah Timbunan dengan Perkuatan Sabut Kelapa," *J. Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Bangka Belitung*, vol. 4, no. 2, pp. 115-125, 2016.
- [10] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*, IV. 1997.
- [11] J. J. Crispin, C. P. Leahy, and G. Mylonakis, "Winkler model for axially loaded piles in inhomogeneous soil," *Geotech. Lett.*, vol. 8, no. 4, pp. 290-297, 2018, doi: 10.1680/jgele.18.00062.
- [12] M. A. Hassan, "Modified Schmertmann , s Method (1978)for Calculating Settlement In Sand Soils By Using Integration," *Int. J. Eng. Tech. Res.*, vol. 7, no. 8, pp. 2454-4698, 2017, [Online]. Available: www.erpublishing.org
- [13] M. E. Heelis, M. N. Pavlovi?, and R. P. R. P. West, "The analytical prediction

of the buckling loads of fully and partially embedded piles,” *Geotechnique*, vol. 54, no. 6, pp. 363–373, 2001, doi: 10.1680/geot.54.6.363.45428.

- [14] Y. Chen, “Assessment on Pile Effective Lengths and Their Effects on Design - II. Practical Applications,” *Comput. Struct.*, vol. 62, no. 2, pp. 287–312, 1997, doi: 10.1016/S0045-7949(96)00211-8.