

Analisis pengaruh variasi kecepatan kapal tongkang terhadap ketahanan fondasi *bored pile* jembatan

Helga Natura Khalida^{1,*}, Hanindya Kusuma Artati¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Bridge foundation
Barge impact
Broms method
Infrastructure resilience
Lateral capacity

Corresponding Author:

Helga Natura Khalida
22511203@students.uii.ac.id
d*

Abstract

Foundations are fundamental components of bridge structures, as they transfer superstructure loads to the underlying soil and ensure structural stability. Besides supporting vertical loads, bridge foundations must also withstand lateral forces, including loads generated by barge collisions. Consequently, assessing the lateral performance of bored pile foundations under barge impact is essential for maintaining bridge safety and serviceability. This study investigates the lateral capacity of bored pile foundations subjected to barge impact loads at different vessel velocities using the Broms method. Two bored pile types were analyzed: P18 with a diameter of 1.0 m and P41 with a diameter of 1.5 m. The evaluation covered ultimate lateral capacity, allowable lateral capacity, and pile deflection, compared with barge impact loads corresponding to vessel velocities of 2, 3, 4, and 5 m/s. The results show that pile P18 achieved an ultimate lateral capacity of 3,148.565 kN, an allowable lateral capacity of 1,049.521 kN, and a deflection of 3.6445 mm. In contrast, pile P41 provided an ultimate lateral capacity of 9,933.645 kN, an allowable lateral capacity of 3,311.215 kN, and a deflection of 10.8093 mm. Both foundations met safety requirements under impact velocities ranging from 2 to 4 m/s. However, at a velocity of 5 m/s, the 1.0 m diameter pile was unable to safely resist impact loads acting parallel to the navigation channel, whereas the 1.5 m diameter pile remained adequate under all loading scenarios. These findings indicate that larger pile diameters improve lateral resistance and performance against barge impact forces.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Infrastruktur jembatan dirancang untuk mampu mempertahankan kinerja dan keamanan struktur selama masa layan, termasuk ketika menerima pembebanan ekstrem yang jarang terjadi. Salah satu beban ekstrem yang berpotensi memengaruhi kinerja struktur adalah tumbukan kapal, terutama pada infrastruktur yang berada di kawasan perairan. Meskipun frekuensi kejadian tumbukan relatif rendah,

konsekuensi yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan struktur dan gangguan terhadap fungsi layanan infrastruktur.

Dalam sistem jembatan, fondasi berperan sebagai elemen yang meneruskan beban struktur ke lapisan tanah pendukung sekaligus menjaga kestabilan terhadap beban lateral. Kemampuan fondasi dalam menahan gaya lateral menjadi faktor penting karena respons struktur terhadap beban tersebut sangat dipengaruhi oleh interaksi antara tiang dan tanah di sekitarnya. Oleh

sebab itu, evaluasi kinerja fondasi terhadap pembebanan lateral diperlukan sebagai upaya meningkatkan ketahanan (*resilience*) infrastruktur terhadap kondisi pembebanan yang tidak terduga.

Metode Broms merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk menganalisis perilaku lateral fondasi tiang, yang mana banyak digunakan karena prosedurnya relatif sederhana dan mampu memberikan estimasi kapasitas lateral berdasarkan karakteristik tanah dan geometri tiang. Metode ini dapat dimanfaatkan untuk menilai kemampuan fondasi dalam menahan gaya lateral serta mengidentifikasi parameter yang berpengaruh terhadap tingkat keamanan struktur.

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas lateral fondasi *bored pile* menggunakan metode Broms serta mengevaluasi respons fondasi terhadap beban impact kapal tongkang. Analisis dilakukan dengan menentukan kapasitas lateral ultimit, kapasitas lateral izin, dan defleksi tiang pada *bored pile* dengan diameter yang tidak sama. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh variasi kecepatan kapal tongkang terhadap besarnya beban impact yang bekerja pada fondasi serta mengevaluasi tingkat keamanan fondasi berdasarkan perbandingan antara kapasitas lateral yang tersedia dan beban yang diterima.

Ruang lingkup penelitian

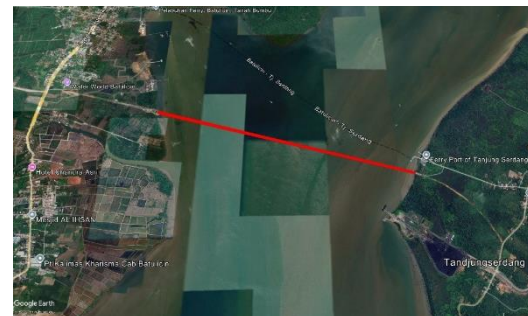
Penelitian ini dibatasi pada analisis kapasitas lateral fondasi *bored pile* menggunakan metode Broms berdasarkan data tanah hasil penyelidikan N-SPT. Objek yang ditinjau terdiri atas *bored pile* P18 berdiameter 1 m dan *bored pile* P41 berdiameter 1,5 m. Beban lateral yang dianalisis berasal dari beban impact kapal tongkang dengan variasi kecepatan 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Evaluasi keamanan fondasi dilakukan dengan membandingkan beban impact kapal terhadap kapasitas lateral izin fondasi yang diperoleh dari hasil analisis. Penelitian ini

difokuskan pada respons lateral fondasi berupa kapasitas lateral dan defleksi tiang, serta tidak mencakup analisis struktur atas jembatan maupun analisis dinamis lanjutan akibat tumbukan kapal.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada Jembatan Penghubung Pulau Laut Kotabaru–Batulicin yang berlokasi di Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Jembatan ini merupakan infrastruktur strategis yang menghubungkan Pulau Laut dengan daratan Kalimantan. Lokasi penelitian dipilih karena memiliki fondasi *bored pile* dengan variasi diameter dan kondisi tanah yang berbeda sehingga memungkinkan dilakukan evaluasi terhadap pengaruh parameter tersebut terhadap kapasitas lateral fondasi yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data penelitian

Penelitian menggunakan data sekunder yang terdiri dari data penyelidikan tanah, yang mencakup jenis tanah dan geometri *bored pile*. Data tanah yang digunakan yaitu pada BH-03 untuk *bored pile* P18 dan BH-04 untuk *bored pile* P41. Adapun data tanah BH-03 dapat dilihat pada Tabel 1 dan data tanah BH-04 dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 1. Data tanah BH-03

Kedalaman(m)	Deskripsi	N-SPT
0-4	Lempung	37
4-17	Batu Karang	60
17-20	Batu lempung	60

Lanjutan Tabel 1. Data tanah BH-03

Kedalaman(m)	Deskripsi	N-SPT
30-45	Batu lempung	60
45-50	Batu pasir	60
50-60	Batu lempung	60
60-63	Batu lempung	60

Sumber: Laporan proyek pembangunan jembatan Kotabaru-Batulicin Kalimantan Selatan.

Tabel 2. Data tanah BH-04

Kedalaman(m)	Deskripsi	N-SPT
0-1	Pasir	-
1-2	Lempung berpasir	17
2-8,3	Clayshale	>50
8,3-12	Lanau berpasir plastisitas rendah (ML)	>50
12-19,65	Lanau berpasir plastisitas rendah (ML)	>50
19,65-21,82	Clayshale	>50
21,82-25,4	Lanau berpasir plastisitas rendah (ML)	>50
25,4-25,68	Sandstone	>50
25,68-28	Clayshale	>50
28-30	Lanau berpasir plastisitas rendah (ML)	>50

Sumber: Laporan proyek pembangunan jembatan Kotabaru-Batulicin Kalimantan Selatan.

Pemilihan *bored pile* P18 dan P41 didasarkan pada kesamaan dimensi fondasi yang paling dominan digunakan pada struktur jembatan. Kedua *bored pile* tersebut dipilih karena mewakili variasi diameter yang paling banyak diterapkan sepanjang jembatan, sehingga dianggap dapat menggambarkan kondisi fondasi secara umum. Selain itu, *bored pile* P18 dan P41 memiliki karakteristik geometri yang relatif serupa dari segi panjang tiang, sehingga perbedaan respons lateral yang terjadi dapat dianalisis berdasarkan pengaruh diameter dan kondisi tanah yang melingkupinya. Adapun data geometri *bored pile* yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data *bored pile*

Parameter	P18	P41
Diameter (m)	1	1,5
Panjang (m)	48	37
Jumlah tiang	13	9
Jenis tanah	kohesif	Non-kohesif

Sumber: Laporan proyek pembangunan jembatan Kotabaru-Batulicin Kalimantan Selatan.

Perhitungan beban impak tongkang

Beban impak kapal dihitung berdasarkan energi tumbukan sesuai dengan pedoman penentuan beban impak bangunan pelindung pilar jembatan. Variasi kecepatan yang digunakan dalam penelitian adalah 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s menggunakan tongkang rencana 300 kaki dengan panjang 91,4 m, lebar 24,38 m, tinggi 5,49 m, draft 4,8 m, dan kapasitas 7500 ton. Adapun rumus-rumus yang dipakai untuk menghitung energi impak tongkang pada Pers. (1), untuk menghitung kedalaman kerusakan tongkang pada Pers. (2) dan 3, serta untuk menghitung gaya impak pada tongkang pada Pers. (4) sebagai berikut.

$$KE = 500 \times CH \times M \times V^2 \quad (1)$$

$$R_B = \frac{\text{lebar tongkang}}{10,67} \quad (2)$$

$$a_B = ((1 + 1,3 \times 10^{-7} \times KE)^{\frac{1}{2}} - 1) \left(\frac{3,1}{R_B}\right) \quad (3)$$

$$PB = 60 \times a_B \times R_B \quad (4)$$

Analisis kapasitas lateral fondasi

Pada penelitian ini, analisis kapasitas lateral fondasi *bored pile* dilakukan dengan menggunakan metode Broms. Metode Broms merupakan salah satu metode analitis yang umum digunakan dalam perencanaan dan evaluasi fondasi tiang akibat pembebanan lateral. Selain memiliki prosedur yang relatif sederhana, metode Broms juga telah banyak digunakan pada berbagai penelitian dan perencanaan fondasi karena mampu memberikan hasil yang cukup representatif terhadap perilaku fondasi akibat gaya horizontal.

Analisis kapasitas lateral dilakukan untuk menentukan nilai kapasitas lateral ultimit (H_u) dan kapasitas lateral izin ($H_{u\text{izin}}$) pada masing-masing fondasi yang ditinjau. Nilai H_u menggambarkan kapasitas maksimum fondasi dalam menahan beban lateral sebelum mencapai kondisi kegagalan, sedangkan nilai $H_{u\text{izin}}$ menggambarkan parameter dalam evaluasi keamanan fondasi terhadap beban yang bekerja. Hasil perhitungan kapasitas lateral tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kemampuan *bored pile* dalam menahan beban dampak kapal tongkang pada berbagai variasi kecepatan. Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis metode Broms adalah sebagai berikut.

Menentukan kriteria jenis tiang:

Untuk menghitung momen inersia tiang pada Pers. (5) dan menghitung modulus elastis tiang pada Pers. (6) sebagai berikut.

$$I_p = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4 \quad (5)$$

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f'c} \quad (6)$$

Ketika tanah berupa kohesif, maka digunakan faktor kekakuan modulus tanah konstan atau R pada Pers. (7) dan modulus tanah atau K pada Pers. (8) dengan k_1 pada Tabel 4 sebagai berikut.

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{K}} \quad (7)$$

$$K = \frac{K_1}{1,5} \quad (8)$$

Tabel 4. Nilai k_1

Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	Keras
Kohesi undrained (Cu) kN/m ²	100-200	200-400	>400
k_1 , MN/m ³	18-36	36-72	>72
direkomendasikan, MN/m ³	27	54	>108

Sumber: Terzaghi (1955)

Sedangkan ketika tanah berupa non-kohesif, maka digunakan faktor kekakuan tanah yang tidak konstan atau T pada Pers. (9) dengan

koefisien variasi modulus atau n_h pada Tabel 5 sebagai berikut.

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}} \quad (9)$$

Tabel 5. Nilai n_h

Kerapatan relative (Dr)	Tidak padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100-300	300-1000	1000-2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
n_h , pasir kering atau lembab (kN/m ³)	2425	7275	19400
n_h , pasir terendam air (kN/m ³)	1386-5300	4850-16300	11779-34000

Sumber: Terzaghi Reese, dkk

Kemudian dilakukan pengecekan kriteria jenis tiang menggunakan Tabel 6 seperti di bawah ini.

Tabel 6. Kriteria tiang

Parameter	Modulus tanah	
Kaku (Pendek)	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Elastis (Panjang)	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5 R$

Sumber: Hardiyatmo (2010)

Perhitungan tiang ujung jepit:

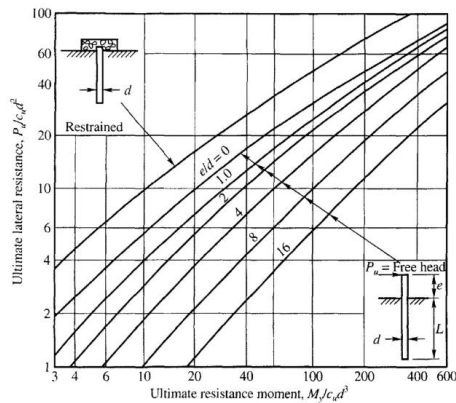
Untuk tiang ujung jepit, tiang panjang, dan tanah kohesif, digunakan rumus kapasitas lateral pada Pers. (10) dan Pers. (11) untuk menentukan kapasitas lateral ultimit fondasi. Selain menggunakan persamaan tersebut, perhitungan juga dapat dilakukan dengan bantuan grafik pada Gambar 2 sebagai berikut.

$$H_u = \frac{2 My}{\frac{3d}{2} + \frac{f}{2}} \quad (10)$$

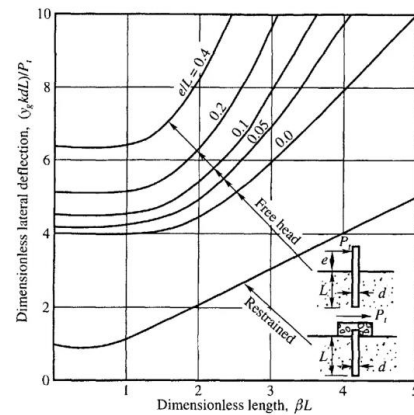
$$f = \frac{Hu}{9 cu d} \quad (11)$$

Selanjutnya untuk tiang ujung jepit, tiang panjang, tanah non-kohesif digunakan rumus kapasitas lateral pada Pers. (12) atau menggunakan grafik pada Gambar 3.

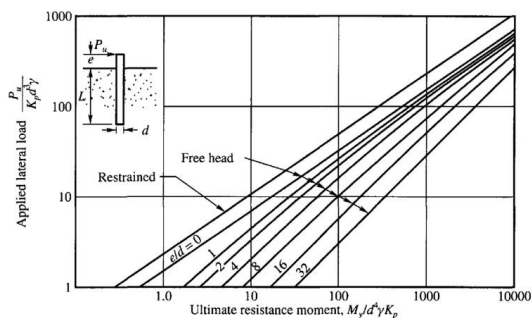
$$H_u = \frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \quad (12)$$



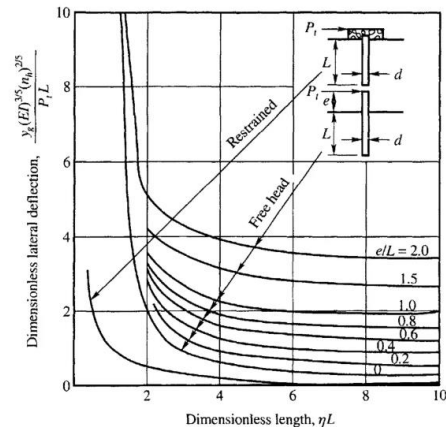
Gambar 2. Tahanan lateral ultimit tiang panjang pada tanah kohesif



Gambar 4. Defleksi tiang panjang pada tanah kohesif



Gambar 3. Tahanan lateral ultimit tiang panjang pada tanah non-kohesif



Gambar 5. Defleksi tiang panjang pada tanah non-kohesif

Analisis defleksi tiang

Defleksi tiang juga dihitung berdasarkan rumus broms sebagai berikut.

Untuk tiang ujung jepit, tiang panjang, tanah kohesif dihitung dengan Pers. (13) dan Pers. (14) atau menggunakan grafik pada Gambar 4 seperti di bawah ini.

$$\beta = \left(\frac{K_h d}{4 E_p I_p} \right) \quad (13)$$

$$y_0 = \frac{H \beta}{K_h d} \quad (14)$$

Sedangkan untuk tiang ujung jepit, tiang panjang, tanah non-kohesif dihitung dengan Pers. (15) atau menggunakan grafik pada Gambar 5 seperti di bawah ini.

$$y_0 = \frac{0,93 H}{(n_h)^{3/5} (E_p I_p)^{2/5}} \quad (15)$$

Evaluasi keamanan fondasi

Tingkat keamanan fondasi dievaluasi dengan membandingkan beban dampak kapal terhadap kapasitas lateral izin fondasi. Secara matematis, pernyataan keamanan dapat dilihat pada Pers. (16) dan Pers. (17) sebagai berikut.

$$H_{\text{impak}} \leq H_{\text{ijin}} \text{ (Aman)} \quad (16)$$

$$H_{\text{impak}} > H_{\text{ijin}} \text{ (Tidak Aman)} \quad (17)$$

Hasil dan Pembahasan

Kapasitas lateral bored pile

Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitas lateral ultimit (H_u) dan kapasitas lateral izin (H_u izin) menggunakan metode

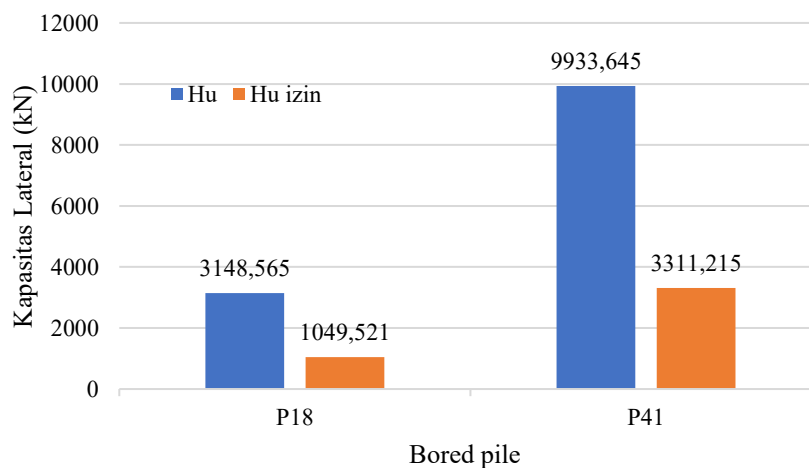
Broms yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil kapasitas lateral

Fondasi	D (m)	H _u (kN)	H _{u izin} (kN)
P18	1	3148,565	1049,522
P41	1,5	9933,645	3311,215

Hasil analisis menunjukkan bahwa *bored pile* P41 memiliki kapasitas lateral ultimit dan kapasitas lateral izin yang lebih besar dibandingkan *bored pile* P18. Perbedaan kapasitas tersebut menunjukkan bahwa fondasi P41 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban lateral yang bekerja. Kondisi ini dipengaruhi oleh diameter tiang yang lebih besar, sehingga

meningkatkan kekakuan tiang serta kemampuan tanah dalam memberikan tahanan terhadap pergerakan lateral fondasi. Selain itu, karakteristik tanah non-kohefif pada P41 menghasilkan tahanan tanah pasif yang lebih tinggi dibandingkan tanah kohefif pada P18, sehingga turut berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas lateral fondasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dimensi tiang dan kondisi tanah merupakan faktor penting yang memengaruhi kapasitas lateral *bored pile* dalam menahan beban horizontal. Adapun grafik perbandingan kapasitas lateral antara 2 tiang dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai kapasitas lateral tiang

Defleksi *bored pile*

Hasil defleksi untuk kedua *bored pile* dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Beban impact sesuai kecepatannya

Fondasi	Defleksi (mm)
P18	10,9334
P41	0,1125

Hasil analisis menunjukkan bahwa defleksi pada *bored pile* P41 lebih kecil dibandingkan P18. Kondisi ini menunjukkan bahwa *bored pile* P41 memiliki kekakuan lateral yang lebih baik dalam menahan pembebanan horizontal. Nilai defleksi yang lebih kecil dipengaruhi oleh diameter tiang yang lebih besar sehingga meningkatkan

kekakuan fondasi dan kemampuan tiang dalam menahan deformasi akibat beban lateral. Selain itu, karakteristik tanah non-kohefif pada P41 memberikan tahanan lateral yang lebih tinggi dibandingkan tanah kohefif pada P18, sehingga pergerakan tiang dapat dibatasi dengan lebih efektif. Kombinasi antara diameter tiang yang lebih besar dan kondisi tanah yang lebih mendukung menyebabkan perpindahan lateral pada P41 menjadi lebih kecil, sehingga menghasilkan nilai defleksi yang lebih rendah dibandingkan P18. Hasil ini menunjukkan bahwa dimensi tiang dan karakteristik tanah berpengaruh signifikan

terhadap respons deformasi fondasi *bored pile* akibat pembebanan lateral.

Analisis beban impact tongkang

Berikut merupakan hasil perhitungan beban impact tongkang 300 kaki dengan variasi kecepatan dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

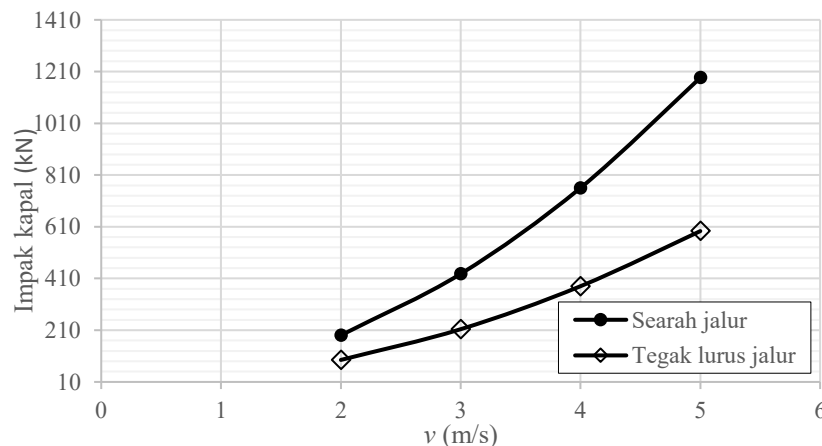
Tabel 9. Beban impact sesuai kecepatannya

V (m/s)	Beban impact searah (kN)	Beban impact tegak lurus (kN)
2	190,3201	95,1601
3	427,9471	213,9735
4	760,1168	380,0584
5	1186,3261	593,1631

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan kapal tongkang menyebabkan peningkatan beban impact yang bekerja pada struktur di arah searah jalur pelayaran. Semakin tinggi kecepatan kapal, semakin besar energi tumbukan yang dihasilkan sehingga gaya impact yang diterima struktur juga meningkat. Kondisi ini terjadi karena energi tumbukan berbanding lurus dengan kecepatan kapal, sehingga perubahan kecepatan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya

beban yang bekerja pada fondasi. Oleh karena itu, kecepatan kapal menjadi salah satu parameter penting yang perlu diperhatikan dalam evaluasi keamanan struktur terhadap beban impact kapal.

Sementara itu, beban impact pada arah tegak lurus jalur pelayaran memiliki nilai sebesar setengah dari beban impact pada arah searah jalur pelayaran. Hal tersebut menyebabkan pengaruh beban yang diterima struktur pada arah tegak lurus menjadi lebih kecil dibandingkan arah searah pelayaran. Akibatnya, respons struktur terhadap beban impact pada arah tegak lurus cenderung lebih rendah, sehingga tingkat keamanan fondasi pada arah tersebut umumnya lebih baik dibandingkan pada arah searah jalur pelayaran. Temuan ini menunjukkan bahwa arah tumbukan kapal turut memengaruhi besarnya beban impact yang diterima struktur dan perlu dipertimbangkan dalam analisis ketahanan fondasi terhadap beban lateral. Adapun grafik hubungan impact tongkang dan kecepatannya dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Grafik hubungan impact kapal dan kecepatan

Evaluasi keamanan fondasi terhadap beban impact

Dilakukan perbandingan antara impact tongkang yang bekerja setiap variasi kecepatan dengan H_u ijin untuk mengecek

apakah struktur aman atau tidak aman yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa *bored pile* P18 tidak memenuhi kriteria keamanan pada kecepatan kapal 5 m/s karena beban impact yang bekerja telah melebihi kapasitas lateral ijin fondasi. Kondisi tersebut

mengindikasikan bahwa fondasi tidak lagi mampu memberikan tahanan lateral yang cukup untuk menahan gaya dampak yang dihasilkan oleh kapal tongkang pada kecepatan tersebut. Sebaliknya, *bored pile* P41 masih dinyatakan aman karena memiliki kapasitas lateral izin yang lebih besar dibandingkan beban dampak yang diterima, sehingga fondasi masih mampu menahan pembebanan lateral tanpa melampaui batas kapasitas yang diizinkan.

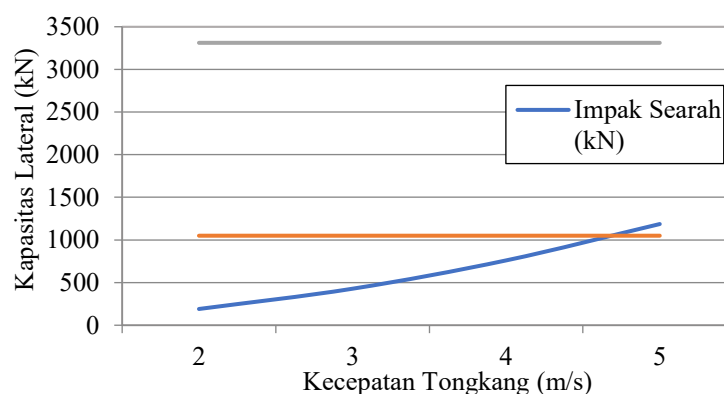
Tabel 10. Cek keamanan beban dampak

V (m/s)	P18 searah	P18 tegak lurus	P41 searah	P41 tegak lurus
2	Aman	Aman	Aman	Aman
3	Aman	Aman	Aman	Aman
4	Aman	Aman	Aman	Aman
5	Tidak aman	Aman	Aman	Aman

Perbedaan tingkat keamanan antara kedua fondasi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan diameter tiang dan karakteristik tanah yang melingkupinya. *Bored pile* P41 yang memiliki diameter lebih besar menghasilkan kapasitas lateral yang lebih tinggi akibat meningkatnya kekakuan fondasi dan luas bidang kontak antara tiang dan tanah. Selain itu, kondisi tanah non-kohefif pada P41

memberikan tahanan tanah pasif yang lebih besar dibandingkan tanah kohefif pada P18, sehingga kemampuan fondasi dalam menahan gaya lateral menjadi lebih baik. Oleh karena itu, meskipun mengalami beban dampak yang sama, respons kedua fondasi menunjukkan tingkat keamanan yang berbeda.

Temuan ini menunjukkan bahwa dimensi fondasi dan karakteristik tanah merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap ketahanan fondasi *bored pile* dalam menahan beban dampak kapal tongkang. Semakin besar diameter tiang dan semakin tinggi tahanan lateral tanah yang bekerja, maka semakin besar pula kapasitas fondasi dalam menahan beban lateral yang dihasilkan oleh tumbukan kapal. Dengan demikian, pemilihan dimensi fondasi yang sesuai dan pemahaman terhadap kondisi tanah setempat menjadi aspek penting dalam perencanaan fondasi yang berpotensi menerima beban dampak kapal. Adapun grafik hubungan kapasitas lateral dengan kecepatan tongkang dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik hubungan kapasitas lateral dengan kecepatan tongkang

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat diambil kesimpulan bahwa kapasitas lateral fondasi sangat dipengaruhi oleh dimensi bored pile serta kondisi tanah di sekitarnya. Bored pile

dengan diameter yang lebih besar memiliki ketahanan lateral yang lebih tinggi, terutama apabila ditanam pada lapisan tanah non-kohefif. Sebaliknya, bored pile dengan diameter yang lebih kecil pada tanah kohefif cenderung memiliki kemampuan yang lebih

rendah dalam menahan gaya lateral. Selain itu, peningkatan diameter tiang juga mampu mengurangi deformasi lateral sehingga menghasilkan respons fondasi yang lebih stabil terhadap pembebanan horizontal.

Hasil evaluasi terhadap beban dampak kapal tongkang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan tongkang menyebabkan meningkatnya beban dampak yang bekerja pada fondasi. Pada kondisi tersebut, fondasi dengan kapasitas lateral yang lebih besar memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik terhadap beban dampak kapal. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan dimensi fondasi dan kondisi tanah merupakan faktor penting dalam meningkatkan ketahanan fondasi *bored pile* terhadap beban lateral akibat tumbukan kapal tongkang.

Daftar Pustaka

- Budhu, M. (2010). *Soil mechanics and foundations* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Broms, B. B. (1964). Lateral resistance of piles in cohesive soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 90(2), 27-64
- Dwipurwanagara, A., Sudardja, H., Agung, P. A. M., Hasan, M. F. R., & Adinegara, A. W. (2025). Perencanaan pondasi bored pile terhadap gaya aksial dan gaya lateral berdasarkan data SPT pada proyek Depo Langsa Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 393-401.
- Januar, G. R., & Agung, P. A. M. (2023). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor pada struktur kepala jembatan. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 4(1), 30-37. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i1.251>
- Jose, D., & Prihatiningsih, D. A. (2024). Analisis pengaruh diameter tiang terhadap daya dukung lateral fondasi tiang tunggal dengan pembebanan statik dan siklik. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman penentuan beban dampak bangunan pelindung pilar jembatan* (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12/SE/M/2015). Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Khairul Aziz, R., Tri, T., & Jati, P. (2025). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor studi kasus proyek pembangunan rusun dosen Politeknik PU Semarang. *Jurnal Teknik SILITEK*, 5(1).
- Kurnia, Z., Riza, M., & Pratiwi, V. (2023). Pendekatan metode Broms terhadap metode P-Y curve pada analisis kapasitas dukung lateral pondasi tiang. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(3), 174-180. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i3.7703>
- Laksita, A. G., & Darmawan, A. (2025). Pengembangan grafik rancang awal fondasi tiang untuk struktur overland conveyor: Pendekatan praktis berbasis data geoteknik. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 23-32.
- Ramadhan, M. N., & Sudardja, H. (2025). Perencanaan daya dukung pondasi tiang bor (bored pile) berdasarkan data uji penetrasi standar (SPT) pada Gedung GTS 01 PT Graha Telkomsigma BSD, Tangerang Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 49-62.
- Safira, D., & Putera, A. M. (2021). Stabilitas daya dukung lateral struktur kepala jembatan di tanah lunak. *Construction and Material Journal*, 3(2), 105-115. <https://doi.org/10.32722/cmj.v3i2.3514>
- Simanjuntak, R., & Harahapan, S. E. (2024). Analisis daya dukung lateral bored pile Ø 80 cm dengan menggunakan uji beban lateral dan metode elemen hingga pada proyek Menara BRI Medan. *Syntax Admiration*, 5(8).
- Tampubolon, G., & Hasibuan, G. R. C. (2024). Analisis daya dukung dan penurunan bored pile 80 cm di proyek kompleks kantor-apartemen dengan metode analitis dan elemen hingga.
- Xu, J. K., & Susilo, A. J. (2024). Studi komparasi hasil pengujian pembebanan statis untuk daya dukung lateral fondasi tiang. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(2). <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i2.27930>
- Yulianti, Y., Handiman, I., Gusnadi, Z., Sarifah, F., & Nursani, R. (2025). Analisis kapasitas lateral fondasi tiang pancang dengan metode Broms dan metode P-y. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2). <https://doi.org/10.37058/aks.v7i2.17582>