



## Analisa Penyebab Kerusakan Pondasi Jembatan Dondang Kalimantan Timur

Fauzi A<sup>✉1</sup>, M Ridwan<sup>2</sup>, Sahrullah<sup>3</sup>

Magister Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

DOI: <https://doi.org/10.26623/h91snj83>

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Disubmit 2024-12-13

Direvisi 2025-03-26

Disetujui 2025-04-08

*Keywords:*

*Corrosion Rate, Reinforced Concrete, Weight-Loss Method*

### Abstrak

Jembatan Dondang merupakan infrastruktur penting di Kalimantan Timur yang mengalami kerusakan akibat tertabrak ponton batu bara. Tabrakan tersebut menyebabkan deformasi pada 2 (dua) tiang pancang di sisi hulu yang berpotensi mengganggu stabilitas struktur jembatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kerusakan serta mengevaluasi langkah perkuatan yang diperlukan guna memulihkan fungsionalitas dan keamanan jembatan. Pada *pembebanan eksisting*, kondisi awal struktur dengan 21 (dua puluh satu) tiang pancang menunjukkan bahwa gaya aksial tekan sebesar  $626,24 \text{ kN}$ , penurunan vertikal  $1,70 \text{ cm}$ , dan defleksi lateral  $2,00 \text{ cm}$  masih berada di bawah batas izin, yaitu  $1.009,04 \text{ kN}$  untuk aksial tekan,  $2,50 \text{ cm}$  untuk penurunan vertikal, dan  $2,50 \text{ cm}$  untuk defleksi lateral. Namun, ketika 2 (dua) tiang mengalami kerusakan, gaya aksial tekan meningkat menjadi  $950,25 \text{ kN}$ , yang masih berada di bawah batas izin aksial tekan, tetapi penurunan vertikal bertambah menjadi  $2,60 \text{ cm}$  dan defleksi lateral mencapai  $4,30 \text{ cm}$ , yang keduanya melampaui batas izin. Penambahan 3 (tiga) tiang pancang berhasil menurunkan beban kerja menjadi  $702,15 \text{ kN}$ , dengan penurunan vertikal  $1,90 \text{ cm}$  dan defleksi lateral  $2,50 \text{ cm}$ , yang kembali berada dalam batas aman. Penambahan 6 (enam) tiang pancang lebih lanjut meningkatkan stabilitas struktur, dengan beban kerja berkurang menjadi  $661,07 \text{ kN}$ , penurunan vertikal  $1,80 \text{ cm}$ , dan defleksi lateral  $2,50 \text{ cm}$ , yang semuanya berada dalam batas izin yang diperbolehkan. Dari hasil analisis, disimpulkan bahwa penambahan 3 (tiga) tiang pancang sudah cukup untuk memulihkan stabilitas struktur.

### Abstract

*The environment for the implementation of construction projects around the sea or construction carried out during the rainy season will cause corrosion of the reinforcement if left unprotected in the open. The purpose of this study is to analyze the corrosion rate on the reinforcement with different corrosion media. The researcher used a reinforcing iron test piece with a diameter of 10mm that will be left in seawater, rainwater, closed rooms and open spaces and then go through a corrosion process for 7, 20, 40, and 65 days. The reinforcement was then analyzed using the weight-loss corrosion rate uii method to determine the corrosion rate of reinforcement on the medium used. The medium that produces the highest corrosion rate value in the reinforcement is seawater media, then rainwater media, open space media, and the lowest corrosion rate value is closed space media. This is due to the NaCl content contained in seawater media will accelerate and increase the corrosion rate of the rebar.*

<sup>✉</sup>: [muhammad.n.fajar53@gmail.com](mailto:muhammad.n.fajar53@gmail.com)

**PENDAHULUAN**

Salah satu faktor penting dalam mendukung perekonomian suatu daerah adalah infrastruktur jalan dan jembatan yang memadai, yang memastikan kelancaran mobilitas barang dan orang antar wilayah. Jembatan merupakan bagian vital dari jaringan jalan yang berfungsi menghubungkan berbagai ruas jalan. Pada hari Selasa, 2 Maret 2021, sekitar pukul 23.30 WITA, pilar utama Jembatan Dondang mengalami kerusakan parah akibat tertabrak ponton batu bara. Insiden ini terjadi ketika tali pengikat tongkang terlepas dari tambatan, menyebabkan tug boat yang berada sekitar 500m dari lokasi kejadian gagal mencegah tabrakan. Akibatnya, tiga tiang pancang pada pilar utama mengalami deformasi yang signifikan, yang berpotensi memengaruhi struktur keseluruhan jembatan.

Akibat benturan atau tertabraknya pilar jembatan dondang pada bagian *Pile Cap* menyebabkan beberapa elemen jembatan mengalami perubahan diantaranya : *Expansion Joint* terjadi keretakan pada material aspal yang mengindikasikan adanya perubahan posisi (*pergerakan*) dalam arah lateral pada struktur atas jembatan *Pile Cap* mengalami retak pada pertemuan antara pondasi tiang baja dengan permukaan bawah pile cap *Tulangan* yang terlindungi oleh selimut beton terekpose hingga terlepas dari ikatannya terhadap tulangan lainnya pada daerah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi seberapa besar defleksi lateral, penurunan, dan beban aksial tekan yang terjadi setelah tiang pancang tertabrak ponton batu bara serta menganalisis dampak kerusakan akibat hilangnya dua tiang pancang terhadap stabilitas struktur.

**METODE**

Penelitian ini dilakukan di jembatan mahulu dengan pengambilan data sesuai dengan kondisi jembatan terutama expansion joint.

**Analisa Pondasi dalam**

Umumnya pondasi tiang merupakan suatu kelompok tiang dimana tiang-tiang disatukan pada sebuah kepala tiang (*Pile Cap*). Dengan demikian beban-beban struktur yang bekerja pada *Pile Cap* akan diteruskan ke masing-masing tiang. Besarnya beban yang diterima tergantung pada besar dan jenis beban, jumlah dan jarak antar tiang.

Beban Vertikal Sentris.

Beban vertikal sentris adalah beban vertikal yang bekerja melalui pusat kelompok tiang. Jadi sentris disini bukan terhadap pusat *Pile Cap*. Oleh karena beban vertikal *V* maka gaya yang diterima masing masing tiang *P* dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{V}{n} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- P = Gaya yang diterima masing-masing tiang
- V = Beban vertikal
- n = Jumlah tiang

Beban *V* bekerja sejauh *e* dari pusat berat kelompok tiang maka dapat diurai menjadi kombinasi beban sentris dan momen. Diasumsikan pilar adalah kaku sempurna. Momen beban = momen reaksi terhadap *O* Maka besarnya *M* adalah

$$M = P_1 \frac{\sum_j^n x_j^2}{x_1} \dots\dots\dots (2)$$

1. Kombinasi beban sentris (*v*) dan momen (*m*) beban yang bekerja pada tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_{xi}}{\sum x^2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- $P_i$  = Bernilai negatif apabila tiang pada kondisi tarik, beban yang dipikul oleh tiang ke-i, dan bernilai positif maka tiang mengalami tekan (desak)  
 $V$  = Beban vertikal (*kolom, pilecap, tanah diatas pilecap*)  
 $M$  = Momen beban pada O terhadap sumbu y ( $M_y$ )  
 $x_i$  = Interval tiang ke-i terhadap O yang searah sumbu x  
 $\sum x^2$  = Jumlah kuadrat jarak x  
 2. Kombinasi beban sentris ( $v$ ) dan momen ( $m$ ) beban yang bekerja pada tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2} \dots\dots\dots (3)$$

**Daya Dukung**

Daya dukung (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah di bawah dan sekitar pondasi untuk menahan beban yang bekerja dari struktur di atasnya. Daya dukung pondasi dalam dan besarnya penurunan pondasi dapat dihitung berdasarkan data tanah dari pengujian laboratorium atau pengujian di lapangan. Pengujian tanah di laboratorium dilakukan untuk memperoleh nilai sifat fisis (*index properties*) dan sifat mekanis (*engineering properties*) tanah. Pengujian di lapangan yang sering dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah adalah pengujian pembebanan (*loading test*). Berdasarkan pengujian pembebanan tersebut, besarnya daya dukung ultimit dan penurunan dapat diperkirakan. Pengujian lapangan lain yang dapat digunakan untuk mencari daya dukung tanah adalah pengujian SPT. Terdapat beberapa grafik yang dapat digunakan untuk menentukan parameter tanah yang harus dicari melalui pengujian laboratorium. Penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa pengujian di lapangan.

Data pengujian lapangan yang digunakan adalah N-SPT dan pembebanan siklik (*cyclic loading test*) pada tiang bor. Data N-SPT akan dikorelasikan dengan sifat fisis dan mekanis tanah. Daya dukung dan penurunan pondasi dalam dapat dihitung dengan *Metode Meyerhof, Reese dan White*.

1. Daya dukung berdasarkan data *Standar Penetration Test (SPT) Metode Meyerhof* Tahanan ujung pondasi tiang :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots (5)$$

Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

- $C_u$  = Kohesi *undrained* (kN/m<sup>2</sup>)  
 $A$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang  
 $A_p$  = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)  
 $P$  = Keliling tiang (m)  
 $L_i$  = Tebal lapisan tanah (m)

2. Daya dukung berdasarkan data *Cone Penetration Test (CPT) Metode Meyerhof* Tahanan ujung pondasi tiang :

$$Q_p = Q_c \times A_p \dots\dots\dots (7)$$

Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = JHP \times K \dots\dots\dots (8)$$

dimana

- $Q_c$  = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $A_p$  = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)  
 $JHP$  = Jumlah hambatan pelekak (kg/cm)  
 $K$  = Keliling tiang (m)

**Kapasitas Daya Dukung Tiang**

Kapasitas tiang (*pile capacity*) adalah kapasitas dukung tiang dalam mendukung beban. Tanah yang mengalami pembebanan seperti beban pondasi, maka akan mengalami distorsi dan penurunan.

Apabila beban tersebut ditambah maka penurunan juga akan bertambah. Akhirnya akan terjadi kondisi di mana pada beban tetap, pondasi akan mengalami penurunan yang sangat besar. Hal ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi. Berdasarkan hal tersebut maka perhitungan kapasitas dukung pada pondasi sangatlah penting agar beban pondasi tidak menimbulkan tekanan yang berlebihan pada tanah di bawahnya. Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang dibedakan menjadi dua berdasarkan jumlah tiangnya, yaitu kapasitas dukung tiang tunggal dan kapasitas dukung kelompok tiang.

**Penurunan Pondasi Tiang Pancang**

Permasalahan umum yang terjadi pada pondasi yaitu penurunan. Besarnya penurunan bergantung pada karakteristik tanah, besarnya beban yang dipikul oleh pondasi tersebut dan penyebaran tekanan pondasi ke tanah di bawahnya. Penurunan pondasi dapat diestimasi dari hasil uji laboratorium pada contoh tanah tak terganggu yang diambil dari pengeboran atau dari persamaan-persamaan empiris yang dihubungkan dengan hasil pengujian di lapangan secara langsung. Suatu perencanaan harus dapat memperkirakan besarnya penurunan maksimum dan beda penurunan yang masih dalam batas toleransi.

Penurunan ialah istilah yang digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Jika seluruh permukaan tanah di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan tidak terjadi berlebihan, maka turunnya bangunan akan tidak nampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan (Hardiyatmo, 2002). Namun, kondisi demikian tentu mengganggu baik pandangan mata maupun kestabilan bangunan, bila penurunan terjadi secara berlebihan.

Dalam bidang teknik sipil ada dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu (Hardiyatmo, 2002) :

- Besarnya penurunan yang akan terjadi
- Kecepatan penurunan

**Kapasitas Lateral Izin Tiang**

Estimasi kapasitas lateral tiang sesuai dengan besar deformasi lateral izin kepala tiang. Besar deformasi lateral izin tiang adalah 12 mm untuk gempa rencana dan 25 mm untuk gempa kuat dalam kondisi tiang tunggal dan free-head.

1. Metode Broms (1964)

Metode ini adalah metode sederhana yang berdasarkan teori tekanan tanah tetapi menyederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang, tanah mencapai nilai ultimitnya. Cara ini memiliki keuntungan yaitu dapat diterapkan pada tiang panjang maupun pendek, tanah kohesif maupun non kohesif dan dapat pula untuk kepala tiang jepit maupun kepala tiang bebas. Defleksi tiang akibat beban horizontal dapat ditentukan menggunakan metode ini berdasarkan persamaan (Tomlinson, 1994).

Kepala tiang bebas :

$$y = \frac{H(e+zf)^3}{3EI} \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

- E* : Modulus elastisitas tiang
- I* : Momen inersia penampang tiang
- e* : Jarak ujung tiang ke muka tanah
- Z<sub>f</sub>* : Kedalaman dari muka tanah ke titik jepitan tanah yang sesungguhnya

- 1,4 R (untuk modulus yang konstan)
- 1,8 T (untuk modulus yang bertambah secara linier)

Kapasitas lateral ultimate tiang pada tanah kohesif dapat ditentukan melalui persamaan Nilai  $H_u$  untuk kondisi *free-end pile* (kepala tiang bebas) adalah

$$H_u = \frac{Mu}{(e+1,5B+0,5f)} \dots\dots\dots (10)$$

- dimana :
- $H_u$  : Kapasitas lateral
  - $Mu$  : Momen ultimate tiang
  - $B$  : Lebar tiang
  - $Cu$  : Kohesi tanah
  - $E$  : Jarak dari tanah ke puncak tiang

2. Metode *p-y Curve*

Metode *p-y curve* merupakan salah satu metode penyelesaian untuk menganalisis defleksi lateral pada tiang. Metode ini mendefinisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan dalam *p-y curve*. Sumbu-p adalah tahanan lateral tanah persatuan panjang tiang dan sumbu-y adalah defleksi lateral tiang. Rumusan dasar dalam penyelesaian menggunakan metode *p-y curve* adalah sebagai berikut :

$$\frac{d^2}{dx^2} \left( E_p I_p \frac{d^2 y}{dx^2} \right) + P_x \left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right) - p - W = 0 \dots\dots\dots (11)$$

- dimana :
- $P_x$  : Beban aksial
  - $y$  : Defleksi lateral yang terjadi di kedalaman x pada panjang tiang L
  - $p$  : Soil resistance
  - $W$  : Beban lateral yang terdistribusi disepanjang tiang
  - $E_p$  : Modulus elastisitas tiang
  - $I_p$  : Momen inersia tiang

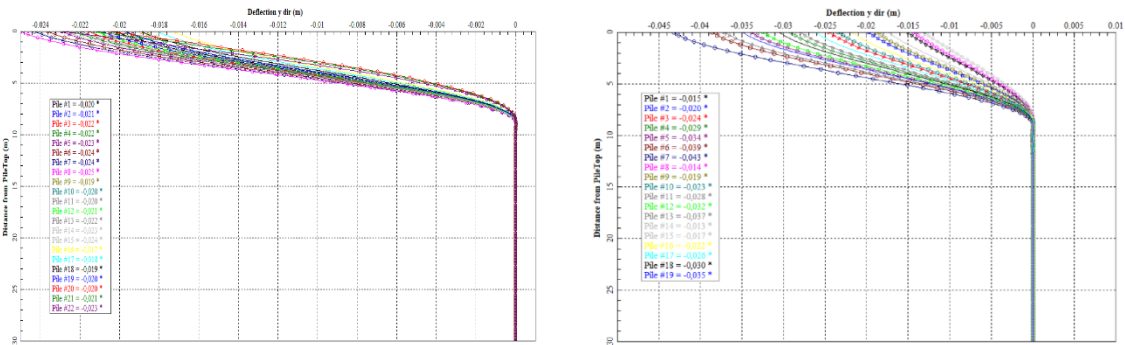
**Beban Impak Kapal/ Ponton**

Dalam menentukan kemungkinan terjadinya resiko jembatan mengalami keruntuhan akibat dampak oleh kapal, yaitu menggunakan metode analisis probabilitas dan analisa resiko frekuensi. Metode ini membutuhkan jumlah data yang signifikan antara lain karakteristik kapal/ tongkang (ukuran, kecepatan, berat muatan dan berat kosong), geometri jembatan, karakter lintasan air (geometri lintasan, geometri lintasan yang dapat dilalui, kedalaman air), dan kondisi lingkungan. Berdasarkan Pedoman Penentuan Beban Impak Bangunan Pelindung Pilar Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, syarat yang dipenuhi yaitu :

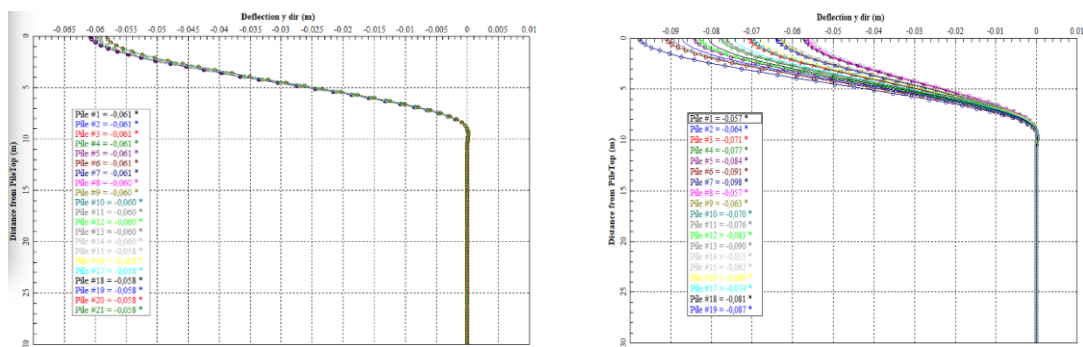
- Jembatan kelas I atau jembatan penting, frekuensi keruntuhan tahunan maksimum (AFmax) harus sama dengan atau lebih kecil dari 0,01 dalam 100 tahun (AF = 0,0001).
- Jembatan kelas 2 atau jembatan biasa, frekuensi keruntuhan tahunan maksimum (AFmax) harus sama dengan atau lebih kecil dari 0,1 dalam 100 tahun (AF = 0,001).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisa diketahui untuk mendapatkan besar defleksi akibat pembebanan yang terjadi, dan berikut adalah besar defleksi yang terjadi seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Defleksi tiang pancang kondisi 2 tiang rusak



Gambar 2. Defleksi tiang pancang kondisi eksisting

Analisis menunjukkan bahwa gaya aksial tekan melonjak menjadi 1.070,32 kN, jauh melampaui batas izin 1.009,04 kN. Selain itu, penurunan tiang pancang tercatat mencapai 3,00 cm, melebihi batas aman 2,50 cm. Yang paling mencolok adalah defleksi lateral yang meningkat drastis hingga 9,80 cm, hampir empat kali lipat dari batas izin yang ditetapkan sebesar 2,50 cm.

Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur tidak lagi mampu menahan beban tambahan akibat gaya dampak dari ponton, terutama dengan adanya kerusakan pada dua tiang pancang. Potensi kegagalan struktur menjadi sangat tinggi, mengindikasikan bahwa diperlukan perbaikan segera dan signifikan untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur. Analisis ini juga mempertegas perlunya perencanaan perkuatan yang lebih komprehensif, mengingat risiko kerusakan yang sangat besar pada kondisi seperti ini.

Tabel 5.1. Ringkasan Analisa Setiap Kondisi

No.	Pemodelan Pile Cap	Gaya	Jumlah Tiang	Beban Kerja	Izin	Ket.
<b>I. Pembebanan Eksisting</b>						
I.1.	Kondisi eksisting	Aksial Tekan	21	626,24 kN	1.009,04 kN	Ok

		Penurunan		1,70	Cm	2,50	Cm	Ok
		Defleksi Lateral		2,00	Cm	2,50	Cm	Ok
I.2.	Kondisi saat 2 (dua) tiang rusak	Aksial Tekan		950,25	kN	1.009,04	kN	Ok
		Penurunan	19	<b>2,60</b>	<b>Cm</b>	2,50	Cm	<b>Not Ok</b>
		Defleksi Lateral		<b>4,30</b>	<b>Cm</b>	2,50	Cm	<b>Not Ok</b>
I.3.	Kondisi perbaikan penambahan 3 (tiga) tiang pancang	Aksial Tekan	22	702,15	kN	1.009,04	kN	Ok
		Penurunan		1,90	Cm	2,50	Cm	Ok
		Defleksi Lateral		2,50	Cm	2,50	Cm	Ok
I.4.	Kondisi perbaikan penambahan 6 (enam) tiang pancang	Aksial Tekan	25	661,07	kN	1.009,04	kN	Ok
		Penurunan		1,80	Cm	2,50	Cm	Ok
		Defleksi Lateral		2,50	Cm	2,50	Cm	Ok
<b>II. Pembebanan Tambahan terhadap Gaya Impak Ponton</b>								
II.1.	Kondisi eksisting saat ditabrak ponton	Aksial Tekan	21	713,57	kN	1.009,04	kN	Ok
		Penurunan		2,00	Cm	2,50	Cm	Ok
		Defleksi Lateral		<b>6,10</b>	<b>Cm</b>	2,50	Cm	<b>Not Ok</b>
II.2.	Simulasi apabila Kondisi saat 2 (dua) tiang rusak dan ditabrak ponton lagi	Aksial Tekan		<b>1.070,3</b>	<b>2 kN</b>	1.009,04	kN	<b>Not Ok</b>
		Penurunan	19	<b>3,00</b>	<b>Cm</b>	2,50	Cm	<b>Not Ok</b>
		Defleksi Lateral		<b>9,80</b>	<b>Cm</b>	2,50	Cm	<b>Not Ok</b>

## SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap perkuatan tiang pancang pada Pilar 14 Jembatan Dondang pasca tertabrak ponton batu bara, berikut kesimpulan yang dapat diambil sesuai dengan tujuan penelitian penulis, antara lain : *Evaluasi Defleksi Lateral, Penurunan, dan Beban Aksial Tekan setelah Tiang Pancang Tertabrak Ponton Batu Bara serta Dampak Hilangnya Dua Tiang Pancang terhadap Stabilitas Struktur*. Pada kondisi eksisting dengan 21 tiang pancang, gaya aksial tekan sebesar  $626,24 \text{ kN}$ , penurunan vertikal  $1,70 \text{ cm}$ , dan defleksi lateral  $2,00 \text{ cm}$  masih berada di bawah batas izin yang ditetapkan, yaitu  $1.009,04 \text{ kN}$  untuk aksial tekan,  $2,50 \text{ cm}$  untuk penurunan vertikal, dan  $2,50 \text{ cm}$  untuk defleksi lateral. Namun, ketika 2 (dua) tiang mengalami kerusakan, gaya aksial tekan meningkat menjadi  $950,25 \text{ kN}$ , yang masih berada di bawah batas izin untuk aksial tekan. Meskipun begitu, penurunan vertikal meningkat menjadi  $2,60 \text{ cm}$  dan defleksi lateral melonjak hingga  $4,30 \text{ cm}$ , yang keduanya melampaui batas izin. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun tiang masih mampu menahan beban aksial, deformasi yang terjadi sangat signifikan sehingga menyebabkan penurunan stabilitas struktur, terutama pada aspek penurunan dan defleksi lateral.

Kerusakan akibat hilangnya dua tiang pancang sangat memengaruhi kestabilan jembatan dan memerlukan tindakan perbaikan segera untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. *Efektivitas dan Perbandingan Hasil Perbaikan serta Evaluasi Kondisi Pile Cap setelah Perbaikan*. Perbaikan dilakukan setelah pilar tertabrak ponton batu bara, yang menyebabkan kerusakan signifikan pada tiang pancang.

Penambahan 3 (tiga) tiang pancang menunjukkan peningkatan stabilitas yang signifikan. Beban kerja berkurang menjadi 702,15 kN, penurunan vertikal menjadi 1,90 cm, dan defleksi lateral turun menjadi 2,50 cm, yang semuanya kembali berada dalam batas izin yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan ini berhasil memulihkan kestabilan pile cap dan mengembalikan kondisi struktur ke dalam batas aman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdarraafi, F. D., & Siregar, C. A. (2022). *Perencanaan Pondasi Bored Pile dengan menggunakan Software Group Pile Berdasarkan Data SPT (Studi Kasus Pembangunan Jembatan Tendeki Ruas Jalan Tol Manado - Bitung Seksi II)*. Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS), 2(2), 225-267.
- Ardiyanti, R., Hasrul, M. R., Rahman, M. J., Muddin, M. A. K., & Yusuf, F. A. (2023). *Perbandingan daya dukung tiang pancang dengan metode empiris (standard penetration test) Mayerhof, Terzaghi, dan Vesic*. TEKNO SAINS, 17(3), 227-283.
- Auliarahman, F., Ridwan, M., & Sahrullah, S. (2023). *Kajian Teknis Kerusakan Jembatan Dondang Kalimantan Timur*. Teknika, 18(2), 161-167.
- Budiari, A. (2021). *Pilar Bergeser, Jalan Retak, Jembatan Dondang Rusak Cukup Parah setelah Kembali Ditabrak Tongkang*. (<https://kaltimkece.id/warta/pilar-bergeser-jalan-retak-jembatan-dondang-rusak-cukup-parah-setelah-kembali-ditabrak-tongkang>, diakses 27 September 2023).
- Dewaji, B. R. (2023). *Analisa Kapasitas Daya Dukung dan Penurunan Struktur Pondasi pada Proyek Jembatan Glapan di Kabupaten Grobogan*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil. Semarang: Universitas Semarang.
- Efendi, I. A. W. (2022). *Behavior Analysis of Forensic Audit Results at Pier 3 Mahakam Bridge*. PANRITA: Journal of Science, Technology, and Arts, 1(2), 23-30.
- Fajarsari, E. J., & Sukirman, E. (2022). *Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Bentuk Dengan Variasi Dimensi*. UG Journal, 16(01), 42-52.
- Fatkurrozi, M., Ridwan, A., & Auraji, A. (2021). *Kajian Penurunan Tiang Jembatan dengan Interaksi Struktur - Tanah*. JIPAD, 1(2), 32-36.
- Fausta, R., Firmansyah, M. F., & Darjanto, H. (2020). *Studi Daya Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Lempung Teguh berdasarkan Pembebanan Kepala Tiang dan Pergerakan Ujung Tiang Metode T-Z*. Ge-STRAM, 03(02), 88-93.
- Hanata, P. T., (2021). *Laporan Investigasi dan Analisa Jembatan Struktur Jembatan Dondang Kalimantan Timur*. Samarinda.
- Januar, G. R., & Agung, P. A. M. (2023). *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Pada Struktur Kepala Jembatan*. Journal of Applied Civil Engineer and Infrastructure Technology (JACEIT), 4(1), 30-37.
- Mukhlisin, A., Hamdani, B., Novita, E., Suhartono, E., & Junaidi. (2018). *Analisa Perilaku Daya Dukung Friksi Tiang Pancang pada Tanah Lempung*. KURVATEK, 3(1), 113-119.
- Munirwansyah, Munirwan, R. P., & Mufid, F. (2022). *Analisis Daya Dukung Axial Pondasi Tiang Pancang dengan menggunakan Metode Kalendering Hasil Uji Pile Driving Analyzer*. Teras Jurnal, 12(1), 93-201.
- Nainggolan, Y., Sihombing, L. D. H., Endayanti, M., & Gultom, A. (2022). *Evaluasi Perencanaan Struktur Bawah Jembatan Idano Sibolou Kabupaten Nias Barat Provinsi Sumatera Utara*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 11(1), 137-146.
- Rahmandani, I. F., & Martini. (2021). *Perancangan Alternatif Pondasi Pada Jembatan Busanga Kabupaten Morowali Utara Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Sains dan Teknologi Todulako, 7(01), 78-92.
- Rizky, B. M., Novianto, D., & Rochman, T. (2022). *Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Pada Abutment Jembatan Jalan Planjan - Baron - Tepus Yogyakarta*. JOS-MRK, 3(4), 40-47.
- Roschedy, G., Manoppo, F. J., & Mandagi, A. T. (2019). *Analisis Daya Dukung Pondasi Jembatan Gorr I*. Jurnal Sipil Statik, 7(4), 397-408.
- Saragi, Y., Pasaribu, H., Saragi, T., & Simanjuntak, J. O. (2023). *Review Kapasitas Daya Dukung Dan Tinjauan Waktu Pelaksanaan Bore Pile Pada Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Binjai Pangkalan Brandan*. SjoME, 5(1), 50-58.
- Sejati, T. I., & Hastopo, T. (2022). *Analisis Review Jumlah Tiang Pancang (Studi Kasus Perbedaan Kedalaman Tiang Antara Design dan Pelaksanaan)*. Jurnal Engineering Indonesia (JEI), 03(01), 1-8.

- Sinar, Y. M., Harefa, A., & Susanti, R. D. (2020). *Analisa Kapasitas Dukung Tiang pada Pondasi (Ramp 4 - A2) Jalan Tol Medan - Binjai Seksi 1*. *Semanastek UISU*, 46-53.
- Syafaruddin, Ndruru, L., Nutahaeen, N., & Ginting, R. (2022). *Evaluasi Perencanaan Struktur Bawah Jembatan Kasang Bangsawan Muda Kabupaten Rokan Hilir*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 52-59.
- Syafutra, E. (2022). *Perencanaan Konstruksi Bangunan Bawah Jembatan Way Puring Lampung Tengah*. *TAPAK*, 22(2), 163-171.