

SURAT TUGAS

Nomor: 719-R/UNTAR/PENELITIAN/VIII/2025

Rektor Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada saudara:

ANIEK PRIHATININGSIH, Ir., M.M.

Untuk melaksanakan kegiatan penelitian/publikasi ilmiah dengan data sebagai berikut:

Judul : KOMPARASI AKSIAL TIANG PANCANG DENGAN METODE EMPIRIS
DAN INTEPRETASI LOADING TEST PROYEK DI DUA LOKASI
Nama Media : Jurnal Mitra Teknik Sipil
Penerbit : Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Volume/Tahun : 8/3/2025/Agustus
URL Repository : <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/34157>

Demikian Surat Tugas ini dibuat, untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan melaporkan hasil penugasan tersebut kepada Rektor Universitas Tarumanagara

14 Agustus 2025

Rektor



Prof. Dr. Amad Sudiro, S.H., M.H., M.Kn., M.M.

Print Security : b4222e1884d921d9e868247b27d1ca2a

Disclaimer: Surat ini dicetak dari Sistem Layanan Informasi Terpadu Universitas Tarumanagara dan dinyatakan sah secara hukum.

Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta Barat 11440
P: 021 - 5695 8744 (Humas)
E: humas@untar.ac.id

 Untar Jakarta

 untar.ac.id

Lembaga

- Pembelajaran
- Kemahasiswaan dan Alumni
- Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat
- Penjaminan Mutu dan Sumber Daya
- Sistem Informasi dan Database

Fakultas

- Ekonomi dan Bisnis
- Hukum
- Teknik
- Kedokteran
- Psikologi
- Teknologi Informasi
- Seni Rupa dan Desain
- Ilmu Komunikasi
- Program Pascasarjana

JMITS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 8 No. 3 Agustus 2025



e-ISSN : 2622-545X
Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 8, Nomor 3, Agustus 2025

Redaksi

Ketua Dewan Editor <i>(Editor-in-Chief)</i>	Andy Prabowo, Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
Editor Pelaksana <i>(Executive Editors)</i>	Ir. Arif Sandjaya, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Vittorio Kurniawan, S.T., M.Sc. (Universitas Tarumanagara) Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara)
Dewan Editor <i>(Editorial Board)</i>	Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Dr. Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Daniel Christianto, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Yenny Untari Liucius, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M. (Universitas Tarumanagara) Ir. Arianti Sutandi, M.Eng. (Universitas Tarumanagara) Ir. Sunarjo Leman, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T. (Universitas Katholik Parahyangan) Erwin Lim, S.T., M.S., Ph.D. (Institut Teknologi Bandung) Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Advisory International <i>Editorial Boards</i>	Prof. Monty Sutrisna, Ph.D. (Massey University, New Zealand) Prof. Buntara Sthenly Ghan, Ph.D. (Nihon University, Japan)
Mitra Bestari Nasional <i>(National Reviewers)</i>	Dr. Ir. Najid, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Henny Wiyanto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Oei Fuk Jin, S.T., M.Eng., D.Eng. (Universitas Tarumanagara) Dr. Mega Waty, M.T. (Universitas Tarumanagara) Alfred J. Susilo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Onnyxiforus Gondokusumo, M.Eng. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ida Ayu Oka Suwati Sideman, S.T., M.Sc. (Universitas Mataram) Prof. Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D. (Universitas Mataram) Dr. Nurul Fajar Januriyadi (Universitas Pertamina) Dr. Ir. Usman Wijaya, S.T., M.T. (Universitas Trisakti) Vienti Hadsari, Ph.D. (Universitas Atma Jaya Yogyakarta) Ir. Andryan Suhendra, M.T. (Binus University) Reynaldo Siahaan, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas) Helmy H. Tjahjanto. S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Katholik Parahyangan) Dr. Tilaka Wasanta, S.T., M.T. (Universitas Katholik Parahyangan) Anissa Noor Tadjudin, S.T., M.Sc., Ph.D. (cand) (Universitas Gadjah Mada) Dr. Amelia Yuwono, S.T., S.Kom., M.T. (PT. Tarumanagara BumiYasa) Dr. Ir. F.X. Supartono (PT Midasindo Teknik Utama) Ir. Ali Iskandar, S.T., M.T. (PT. Solusi Andal Geointegra)

**Mitra Bestari
Internasional
(*International
Reviewers*)**

Prof. Bonaventura W. Hadikusumo (Asian Institute Technology, Bangkok)
Prof. Dr.-Ing. Joewono Prasetyo (University Tun Hussein Onn Malaysia)
Andri Setiawan, Ph.D. (DIC) (Universitat Politècnica de València, Spain)
Ir. Wong Widjaja, M.Sc. (WYN (South East Asia) Pte Ltd, Singapore)

**Alamat Redaksi
(*Editorial Address*)**

Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara
Alamat: Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta Barat, 11440
Kampus 1 Gedung L Lantai 5
Telepon: 021-5672548 ext.331
E-mail: jmts@untar.ac.id

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 8, Nomor 3, Agustus 2025

Kata Pengantar

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil (E-ISSN 2622-545X) merupakan jurnal *peer-reviewed* yang dipublikasikan oleh Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara sebagai wadah peneliti, mahasiswa, dan dosen dari dalam maupun luar UNTAR untuk mempublikasikan makalah hasil penelitian dan studi ilmiah dalam bidang Teknik Sipil.

JMTS mempublikasikan artikel ilmiah pada bidang Teknik Sipil dengan sub-bidang sebagai berikut:

- Struktur
- Material Konstruksi
- Geoteknik
- Sistem dan Teknik Transportasi
- Manajemen Konstruksi
- Keairan

Tim editor JMTS menerima artikel yang berisi laporan kegiatan pengujian laboratorium/lapangan disertai simulasi numerik berbasis metode teruji yang bertujuan untuk memperoleh temuan baru, evaluasi terhadap hasil temuan eksisting, kritik terhadap metode eksisting. Selain itu, JMTS juga menerima artikel berisi *literature review* mengenai perkembangan dan penerapan *building information modelling*, *artificial intelligence*, *virtual reality*, *augmented reality* dan aspek digitalisasi lainnya pada dunia konstruksi.

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil terbitan Vol. 8 No. 3 bulan Agustus 2025 merupakan terbitan ke-29 sejak terbitan pertama pada Agustus 2018. Penerbitan JMTS dilakukan secara berkala setiap 3 bulan, yaitu pada bulan Februari, Mei, Agustus, dan November.

Pada edisi Vol. 7 No. 4, susunan redaksi JMTS mengalami perubahan signifikan berdasarkan hasil rapat dewan redaksi. Hal ini diwujudkan dengan hadirnya *Advisory International Editorial Boards* dan *International Reviewers*. Kedua penambahan ini melengkapi bergabungnya beberapa kolega dari luar UNTAR ke dalam *Editorial Board*. Harapannya agar JMTS dapat memperoleh peningkatan kualitas sekaligus akreditasi pada proses reakreditasi berikutnya.

JMTS berhasil mendapatkan akreditasi peringkat 4 (Sinta 4) akreditasi jurnal ilmiah periode 1 pada tahun 2022.

Penerbitan jurnal ini dapat berlangsung secara maksimal berkat kontribusi berbagai pihak. Terima kasih kepada tim editor yang telah membantu proses penerbitan dan Reviewer yang telah berkenan memberikan saran perbaikan untuk menjaga kualitas jurnal. Semoga jurnal ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu Teknik Sipil.

Salam,

Tim Redaksi Jurnal Mitra Teknik Sipil

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Vol. 8 No. 3, Agustus 2025

Daftar Isi

ANALISIS PENGARUH BAKTERI <i>BACILLUS SUBTILIS</i> TERHADAP PARAMETER KUAT GESER PADA TANAH LANAU <i>Fernando Valentino Ritung dan Andryan Suhendra</i>	609-620
PERENCANAAN <i>SEAWALL</i> MODIFIKASI POLDER BERBASIS <i>SELF-CLOSING FLOOD BARRIER</i> DAN <i>SMART WATER SQUARES</i> PADA KAWASAN PESISIR <i>Hafif Ahmad Abdul Aziz, Laura Angelina Aprilianta Eka Putri, Wendik Setiawan, Vita Ayu Kusuma Dewi, dan Mega Septia Sarda Dewi</i>	621-634
PERBANDINGAN ESTIMASI DURASI PROYEK DENGAN METODE EARNED SCHEDULE DAN METODE EARNED DURATION MANAGEMENT <i>Wilsen Hartanto Lim dan Onnyxiforus Gondokusumo</i>	635-644
ANALISIS INTERAKSI <i>STRUCTURE-SOIL-STRUCTURE</i> PADA <i>BASEMENT ADJACENT</i> TERHADAP DEFLEKSI <i>DINDING BASEMENT</i> <i>Steven Gusanto, Alfred Jonathan Susilo, dan Sunarjo Leman</i>	645-658
ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE <i>MECHANICALLY STABILIZED EARTH</i> (MSE) PADA JALAN LAYANG BANTAIAN SUMATERA SELATAN <i>Erwin Ansori dan Nurly Gofar</i>	659-670
ANALISIS PERKUATAN <i>SOIL NAILING</i> PADA LERENG SUNGAI CILIWUNG DI AREA LAPANGAN TEMBAK KOPASSUS CIJANTUNG <i>Abi Maulana Hakim, Muhammad Rifan, dan Andhika Sahadewa</i>	671-684
STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO TULANGAN LENTUR TERHADAP MEKANISME KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG <i>Muhammad Ishomuddin Wahid, Elvis Saputra, dan Muhammad Amirul Yachya</i>	685-696
PREDIKSI PENURUNAN BANGUNAN TINGGI YANG BERLOKASI DI JAKARTA UTARA <i>Meli Susiyanti, Hendy Wijaya, dan Ali Iskandar</i>	697-708
PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP NILAI <i>HUMIDITY</i> MATERIAL <i>FLY ASH</i> PADA KONDISI <i>ROOM TEMPERATURE</i> <i>Deananta Julliana Pinangkaan, Andrias Suhendra Nugraha, dan Brance Kambuaya</i>	709-718
EVALUASI DAMPAK GETARAN TANAH AKIBAT PEKERJAAN FONDASI TIANG BOR TERHADAP BANGUNAN CAGAR BUDAYA <i>Vienti Hadsari dan Sumiyati Gunawan</i>	719-728
PENGARUH SERAT TEHADAP MODULUS ELASTISITAS BETON TANPA AGREGAT KASAR <i>Daniel Christianto, Yenny Untari Liucius, Patrick Matthew Handoyo</i>	729-736

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BARCHIP 48 DALAM PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON <i>Laurensius Evan Suryana dan Widodo Kushartomo</i>	737-746
PENERAPAN METODE DESAIN GESER BETON BERTULANG ALTERNATIF DENGAN ACI 318 DAN MCFT AASHTO <i>Daniel Christianto, Yenny Untari Liucius, Sunarjo Leman, Andrew Hartanto Jusuf, dan Dhea Angelica Kho</i>	747-760
KOMPARASI AKSIAL TIANG PANCANG DENGAN METODE EMPIRIS DAN INTEPRETASI LOADING TEST PROYEK DI DUA LOKASI <i>Helga Lenita, Aniek Prihatiningsih, dan Sunarjo Leman</i>	761-770
PENGEMBANGAN KARET EBONIT SEBAGAI BAHAN DASAR SISTEM ISOLASI DASAR UNTUK MENGURANGI DAMPAK GEMPA BUMI <i>Jehuda Christofel Sriwijaya, Usman Wijaya, dan Andy Prabowo</i>	771-780
ANALISIS PERBANDINGAN KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN APARTEMEN X DI TANGERANG, BANTEN <i>Randy Yudistira, Wati Asriningsih Pranoto, dan Mark Setiadi</i>	781-792
ANALISIS KAPASITAS TORSI BALOK L SPANDREL BETON BERTULANG TERHADAP VARIASI LEMBARAN SERAT KARBON <i>Davin Vincent Pratama dan Sunarjo Leman</i>	793-806
ANALISIS PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS AKIBAT PENAMBAHAN CAMPURAN KAPUR TOHOR <i>Edwin Nicklaus Pangestu dan Gregorius Sandjaja Sentosa</i>	807-816
PENENTUAN PRIORITAS GENANGAN DENGAN PERATURAN MENTERI PUPR NO.12 TAHUN 2014 DI KELURAHAN GELAM JAYA <i>Calvin Christopher Wangsa dan Wati Asri ningsih Pranoto</i>	817-824
DAMPAK PENGGUNAAN AMPAS KOPI TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR PAVING BLOCK <i>Christina Veronica dan Arif Sandjaya</i>	825-834
<i>PARAMETER IDENTIFICATION OF Cc IN SOFT SOIL THROUGH BACK ANALYSIS OF VACUUM PRELOADING</i> <i>Mikael Dylan Gunawan, Hendy Widjaya, dan Ali Iskandar</i>	835-846
<i>INVESTIGASI PEMANFAATAN LIMBAH BATU DAN SERBUK MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT PADA PERKERASAN KAKU</i> <i>M. Sa'dillah, Andy Kristafti Arifianto, Blima Oktaviastuti, dan Rosita Oktavia Jemadun</i>	847-862
ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI DAN PENURUNAN TANAH BERDASARKAN PENEMPATAN FONDASI DANGKAL DI KABUPATEN WAKATOBI <i>Darren Edwad Sutisna, Alfred Jonathan Susilo, dan Sunarjo Leman</i>	863-870

STUDI PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS PADA TANAH EKSPANSIF AKIBAT PENAMBAHAN ABU TERBANG <i>Go Bernard Christian Gosal dan Gregorius Sandjaja Sentosa</i>	871-880
PENGARUH EFEK TEBAL PELAT TERHADAP KONDISI DIAFRAGMA BERDASARKAN INDEKS FLEKSIBILITAS <i>Sunarjo Leman dan Husain</i>	881-888
<i>STATISTICAL CORRECTION OF A DYNAMIC PILE BEARING CAPACITY FORMULA BASED ON PDA DATA</i> <i>Sherlin Angelina, Hendy Wijaya, Ali Iskandar, Agus Johan, Aksan Kawanda, dan Daniel Tri Purnomo</i>	889-898
ANALISIS PERILAKU SEISMIK PADA BANGUNAN TINGGI BETON BERTULANG DENGAN VARIASI POSISI <i>OUTRIGGER</i> DAN <i>BELT TRUSS</i> <i>Edison Leo, Roby, dan Sunarjo Leman</i>	899-908
ANALISIS PENGGUNAAN TRANSPORTASI SUNGAI DI WILAYAH MAHAKAM ULU <i>Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, Flora Emiliana Long, Gregorius Sandjaja, dan Hokbyan R.S Angkat</i>	909-918
STUDI KEBUTUHAN MASYARAKAT TERHADAP BUS SEKOLAH DI KOTA SORONG <i>Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, Albert Eliezar Sabarofek, Edison Leo, dan Hokbyan R.S Angkat</i>	919-930
ANALISIS LIKUEFAKSI PADA LAPISAN TANAH BERPASIR DI LOKASI PROYEK PABRIK, GRESIK, JAWA TIMUR <i>Amelia Yuwono</i>	931-940
ANALISIS KEBUTUHAN LAHAN PARKIR UNTUK RENCANA PEMBANGUNAN GEDUNG PARKIR DI WILAYAH SANTERA DELAPONTE <i>Mochamad Anas Ataroqy Isa, Lila Ayu Ratna Winanda, dan Maranatha Wijayaningtyas</i>	941-950
STUDI PERBANDINGAN BIAYA-MANFAAT <i>RETROFITTING</i> STRUKTUR BANGUNAN EKSISTING BERDASARKAN <i>TIER 1 ANALYSIS ASCE 41-17</i> <i>Gilbert Hartman, Basuki Anondho, Mega Waty, dan Julian Thedja</i>	951-958
ESTIMASI RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) DENGAN KONSEP <i>BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) 3D</i> <i>Prameswari Anggun Amiradani dan Arianti Sutandi</i>	959-966
ANALISIS PENYEBAB PEMBENGGKAKAN BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI RUMAH TINGGAL X <i>Rosani Surya Bataric dan Mega Waty</i>	967-976
EVALUASI EFEKTIVITAS PENGATURAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL DI KOTA SORONG <i>Leksmono Suryo Putranto dan Fidelia Mayaut</i>	977-984

ANALISIS PERBANDINGAN METODE <i>EARNED VALUE MANAGEMENT</i> DAN <i>EARNED SCHEDULE</i> PADA PROYEK PEMBANGUNAN DAN RENOVASI RUMAH <i>Vania Yori Wakano dan Fuk Jin Oei</i>	985-996
<i>ANALYSIS OF LOAD TRANSFER PLATFORM THICKNESS ON LOAD TRANSFER EFFECTIVENESS AND ROAD STABILITY IN SOFT SOIL</i> <i>Andrawan, Hendy Wijaya, Ali Iskandar, dan Albert Johan</i>	997-1008

KOMPARASI AKSIAL TIANG PANCANG DENGAN METODE EMPIRIS DAN INTEPRETASI LOADING TEST PROYEK DI DUA LOKASI

Helga Lenita^{1*}, Aniek Prihatiningsih¹, dan Sunarjo Leman¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
^{*}helga.325210047@stu.untar.ac.id

Masuk: 01-07-2025, revisi: 12-07-2025, diterima untuk diterbitkan: 01-08-2025

ABSTRACT

Driven pile foundations are critical structural elements that transfer loads from superstructures to deeper soil layers with sufficient bearing capacity. In geotechnical engineering practice, the axial bearing capacity of piles can be estimated through empirical approaches or interpreted from results of static axial load testing. This study aims to compare the axial bearing capacity calculated using empirical methods (Meyerhof, Vesic, and O'Neill & Reese for Q_p ; Tomlinson for Q_s) with the interpreted results from static load tests using the Chin and Mazurkiewicz methods. The analysis was conducted at two project sites - Palembang and Malinau - both characterized by cohesive soil profiles. The results indicate that in Palembang, the deviation between empirical methods and interpreted values ranges from 58% to 65%, reflecting a significant difference. Conversely, in Malinau, the deviation is smaller, ranging from 6% to 32%, suggesting that the empirical predictions are relatively closer to the field test results. Among the three empirical methods evaluated, Vesic's + Tomlinson demonstrated the lowest deviation from the interpreted values at both locations, making it the most accurate empirical approach in this study. These findings highlight the importance of validating empirical calculations with field data to ensure safe and efficient pile foundation design.

Keywords: axial bearing capacity; pile foundation; empirical methods; static load test; cohesive soil

ABSTRAK

Fondasi tiang pancang merupakan elemen struktur bawah yang berperan penting dalam menyalurkan beban struktur atas ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung memadai. Dalam praktik rekayasa geoteknik, perhitungan daya dukung aksial tiang dapat dilakukan melalui pendekatan empiris maupun interpretatif berdasarkan hasil uji pembebanan aksial tekan statik. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan metode empiris (Meyerhof, Vesic, serta O'Neill & Reese untuk Q_p ; Tomlinson untuk Q_s) dengan hasil interpretasi uji beban menggunakan metode Chin dan Mazurkiewicz. Studi dilakukan pada dua lokasi proyek, yaitu Palembang dan Malinau, yang keduanya memiliki karakteristik tanah kohesif. Hasil analisis menunjukkan bahwa di lokasi Palembang, deviasi antara hasil empiris dan interpretasi berada pada kisaran 58% hingga 65%, mengindikasikan adanya perbedaan yang cukup besar. Sementara itu, di lokasi Malinau, deviasi tercatat lebih kecil, yaitu antara 6% hingga 32%, menandakan hasil empiris relatif mendekati hasil uji lapangan. Dari ketiga metode empiris yang diuji, Vesic's + Tomlinson menunjukkan deviasi terkecil terhadap hasil interpretasi di kedua lokasi, menjadikannya sebagai pendekatan empiris paling akurat dalam studi ini. Temuan ini menegaskan pentingnya validasi perhitungan empiris dengan data uji lapangan untuk menghasilkan desain fondasi yang aman dan efisien.

Kata kunci: daya dukung aksial; fondasi tiang; metode empiris; uji beban statik; tanah kohesif

1. PENDAHULUAN

Fondasi tiang pancang merupakan salah satu elemen struktur bawah yang berfungsi untuk mentransfer beban dari struktur atas ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung tinggi, seperti tanah keras atau batuan. Elemen ini sangat penting dalam menjamin stabilitas dan keselamatan bangunan, terutama pada kondisi tanah permukaan yang lunak atau kurang stabil. Fondasi tiang pancang termasuk ke dalam jenis fondasi dalam yang berperan dalam menerima beban dari struktur atas dan menyalurkannya ke lapisan tanah yang berada di kedalaman tertentu, umumnya disebabkan oleh posisi tanah keras yang berada sangat dalam (Santoso & Hartono, 2020). Keandalan struktur atas sangat bergantung pada kapasitas daya dukung fondasi bawah. Apabila fondasi mampu menahan beban secara efektif, maka struktur bangunan akan tetap stabil dalam jangka panjang. Namun, apabila kapasitas fondasi tidak mencukupi, maka berisiko terjadi penurunan diferensial, keretakan struktur, atau bahkan kegagalan total bangunan (Mulyono & Agustina, 2022).

Dalam perancangan dan pembangunan suatu struktur, fondasi merupakan aspek krusial yang harus direncanakan secara cermat dan detail. Fondasi harus memiliki kapasitas daya dukung yang memadai serta mampu mengendalikan penurunan (*settlement*) agar tetap berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan menurut standar teknis. Desain fondasi yang baik akan menjamin kestabilan dan keamanan struktur secara keseluruhan, terutama pada kondisi tanah yang bervariasi dan kompleks. Fondasi harus memenuhi persyaratan kestabilan, yang berarti tidak boleh mengalami pergerakan atau perpindahan dari posisinya semula. Dengan demikian, pondasi harus dirancang agar tidak mengalami penurunan (*settlement*), pergeseran, maupun kegagalan akibat gulingan. Untuk mencapai kondisi tersebut, pondasi harus memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi serta kedudukan yang stabil. Dalam perencanaan teknis, kestabilan dan kekuatan pondasi dievaluasi melalui perhitungan angka keamanan (*safety factor*) yang sesuai dengan ketentuan standar perencanaan geoteknik (Tampubolon et al., 2024).

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang. Pemilihan metode perhitungan sangat bergantung pada jenis dan kelengkapan data parameter tanah yang tersedia. Oleh karena itu, pengujian tanah di lapangan menjadi tahap penting dalam proses perencanaan pondasi. Dua jenis pengujian lapangan yang paling umum dilakukan adalah uji penetrasi konus (*cone penetration test/CPT* atau uji sondir) dan pengeboran tanah (*borehole drilling*) yang menghasilkan data bore log. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk menentukan karakteristik tanah dan selanjutnya menjadi dasar dalam pemilihan serta perhitungan metode daya dukung tiang pancang (Yusti & Fahriani, 2014). Untuk memastikan bahwa fondasi tiang pancang memiliki kapasitas daya dukung sesuai dengan perencanaan, dilakukan pengujian beban (*loading test*) pada tiang tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui secara langsung nilai daya dukung aktual fondasi tiang pancang di lapangan (Taqwa et al., 2023).

Daya dukung aksial

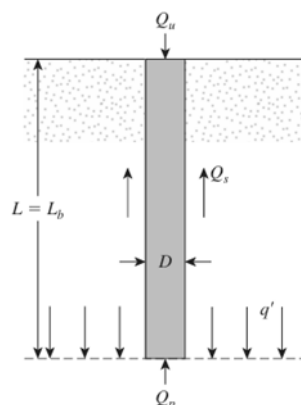
Daya dukung aksial menggambarkan kemampuan fondasi dalam menahan beban vertikal yang ditransfer dari struktur di atasnya saat fondasi menerima tekanan searah sumbu vertikal (Meizan & Pratiwi, 2024). Komponen utama penyusun daya dukung aksial terdiri atas daya dukung ujung (Q_p), yang dihasilkan oleh tekanan pada ujung bawah tiang yang bersentuhan langsung dengan lapisan tanah keras atau batuan, dan daya dukung gesekan selimut (Q_s), yang diperoleh dari interaksi gesekan antara permukaan samping tiang dengan lapisan tanah sekeliling sepanjang kedalaman tiang. Persamaan untuk menentukan daya dukung tiang tunggal dapat diperoleh dari Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \quad (2)$$

dengan Q_u = daya dukung *ultimate/total*, Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), Q_s = daya dukung selimut tiang (kN), Q_{all} = daya dukung *allowable/izin* (kN), SF = faktor keamanan/*safety factor* (2,5 - 4,0).

Dalam menghitung daya dukung aksial fondasi tiang pancang, diperlukan data tanah dari *soil investigation report*. Pada Gambar 1 diperlihatkan ilustrasi Q_u , Q_p , dan juga Q_s .



Gambar 1. Daya dukung aksial fondasi tiang (Das & Sivakugan, 2018)

Metode Meyerhof (1976)

Metode ini dapat diterapkan pada tanah kohesif dan non kohesif dalam menentukan daya dukung ujung pada fondasi tiang. Berikut persamaan yang digunakan dalam metode (Meyerhof, 1976):

Daya dukung ujung (Q_p), nilai daya dukung ujung dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$Q_p = A_p q_p \quad (3)$$

dengan Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), A_p = luas penampang ujung tiang (m^2), q_p = tahanan ujung tiang (kN/m^2)

Penentuan nilai q_p dilakukan berdasarkan kohesifitas tanah sebagai berikut:

a. Tanah non kohesif

Nilai q_p dapat diperoleh dari nilai minimum Persamaan 4 dan Persamaan 5.

$$q_p = q' N_q^* \quad (4)$$

$$q_p = A_p (0.5 p_a N_q^* \phi') \quad (5)$$

dengan $q' = q_p$ (kN/m^2) faktor daya dukung, p_a = tekanan atmosfer ($100 kN/m^2$), ϕ' = sudut gesek tanah ($^\circ$)

b. Tanah kohesif

Nilai q_p untuk tanah kohesif dapat diperoleh dari Persamaan 6.

$$q_p = 9 C_u A_p \quad (6)$$

dengan C_u = kuat geser tanah (kN/m^2).

Metode Vesic (1977)

Metode ini dapat diterapkan pada tanah kohesif dan non kohesif dalam menentukan daya dukung ujung pada fondasi tiang. Berikut persamaan yang digunakan dalam metode (Vesic, 1977).

a. Tanah non kohesif

Nilai (Q_p) tanah non kohesif dapat dihitung dengan Persamaan 7. Sedangkan nilai σ'_v berasal dari Persamaan 8, Δ dari Persamaan 9, μ_s dari Persamaan 10, Ir dari Persamaan 11, dan Irr dari Persamaan 12.

$$Q_p = A_p \sigma'_v N_q^* \quad (7)$$

$$\sigma'_v = \left(\frac{1+2K_0}{3} \right) q' \quad (8)$$

$$\Delta = 0.005 \left(\frac{\phi - 25}{20} \right) \frac{q'}{P_a} \quad (9)$$

$$\mu_s = 0.1 + 0.3 \left(\frac{\phi - 25}{20} \right) \quad (10)$$

$$Ir = \left(\frac{Es}{2(1 + \mu_s) q' \tan \phi'} \right) \quad (11)$$

$$Irr = \left(\frac{Ir}{I + Ir \Delta} \right) \quad (12)$$

dengan Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), A_p = luas penampang ujung tiang (m^2), σ'_v = tegangan vertical efektif (kN/m^2), $q' = q_p$ (kN/m^2), K_0 = koefisien daya dukung tanah ($1 - \sin \phi'$), N_q^* = faktor daya dukung, ϕ = sudut gesek tanah ($^\circ$), p_a = tekanan atmosfer ($100 kN/m^2$), Δ = regangan volumetrik rata-rata di zona plastis di bawah ujung tiang, μ_s = poisson's ratio tanah, Es = modulus elastisitas tanah (kN/m^2), Ir = indeks kekakuan, Irr = faktor pengurang indeks kekakuan tanah.

b. Tanah kohesif

Nilai (Q_p) tanah kohesif dapat dihitung dengan Persamaan 13 dan nilai $Ir = Irr$ didapat dengan Persamaan 14.

$$Q_p = A_p C_u N_c^* \quad (13)$$

$$Ir = Irr = 347 \left(\frac{C_u}{P_a} \right) - 33 < 300 \quad (14)$$

dengan Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), A_p = luas penampang ujung tiang (m^2), N_c^* = faktor daya dukung, p_a = tekanan atmosfer ($100 kN/m^2$), Ir = indeks kekakuan, Irr = faktor pengurang indeks kekakuan tanah

Metode Reese and O'Neill (1989)

Metode ini hanya dapat diterapkan pada tanah kohesif dalam menentukan daya dukung. Berikut persamaan yang digunakan dalam metode (Reese & O'Neill, 1989). Nilai (Q_p) dapat dihitung dengan Persamaan 15, nilai q_p dari Persamaan 16, nilai N_c dari Persamaan 17, dan nilai I_r didapat dengan Persamaan 18.

$$Q_p = q_p A_p \quad (15)$$

$$q_p = N_c S_u \leq 9 S_u \quad (16)$$

$$N_c = 1,33(\ln I_r + 1) \quad (17)$$

$$I_r = \frac{Es}{3.S_u} \quad (18)$$

dengan Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), A_p = luas penampang ujung tiang (m^2), Es = modulus elastisitas tanah (kN/m^2), S_u = kuat geser tanah (kN/m^2), I_r = indeks kekakuan.

Metode Coyle and Catello (1981)

Metode ini diterapkan pada tanah non kohesif dalam menentukan daya dukung selimut tiang. Berikut persamaan yang digunakan dalam metode (Coyle & Castello, 1981).

Nilai (Q_s) untuk tanah non kohesif dapat diperoleh dengan Persamaan 19 dan nilai σ'_v dapat diperoleh dengan Persamaan 20.

$$Q_s = K\sigma'_v \tan(0.8\phi') pL \quad (19)$$

$$\sigma'_v = \frac{(L \times \gamma)}{2} \quad (20)$$

dengan K = koefisien tekanan tanah efektif, σ'_v = tegangan vertical efektif pada kedalaman yang dipertimbangkan, ϕ' = sudut gesek tanah ($^\circ$), p = keliling alas (m), L = panjang tiang (m), γ = berat jenis tanah (kN/m^3).

Metode Tomlinson (1957)

Metode ini diterapkan pada tanah kohesif dalam menentukan daya dukung selimut tiang. Berikut persamaan yang digunakan dalam metode (Tomlinson, 1957).

Nilai (Q_s) untuk tanah kohesif dapat diperoleh dengan Persamaan 21.

$$Q_s = \Sigma \alpha C_u p \Delta L \quad (21)$$

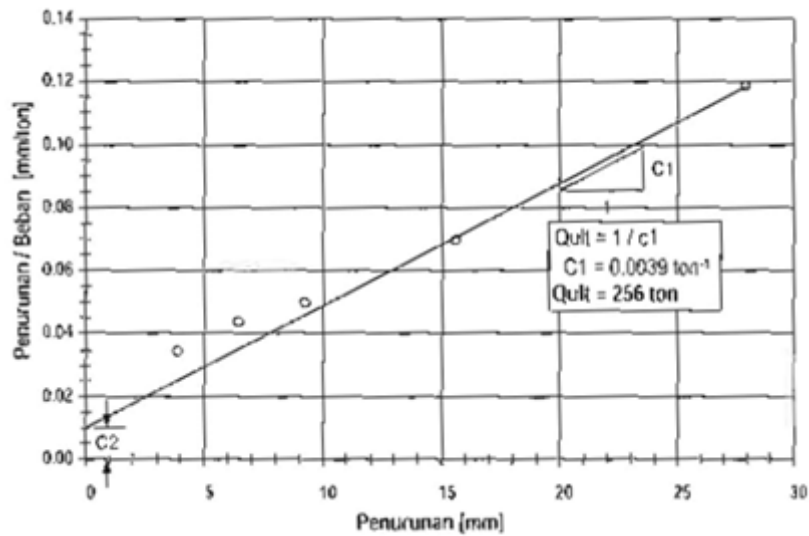
dengan α = faktor adhesi empiris, C_u = kuat geser tanah (kN/m^2), p = keliling alas (m).

Intepretasi Metode Chin (1985)

Metode Chin et al. (1985) didasarkan pada asumsi bahwa hubungan antara beban dan penurunan bersifat hiperbolik. Melalui pendekatan ini, nilai beban ultimit pada tiang dapat diperkirakan meskipun pengujian beban di lapangan belum mencapai kondisi keruntuhan penuh. Menurut Yuliawan & Rahayu (2018), estimasi beban ultimit menggunakan metode Chin dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain:

1. Menyusun grafik yang menggambarkan hubungan antara beban dan penurunan dari hasil pengujian beban di lapangan.
2. Menerapkan analisis regresi linier terhadap data tersebut untuk memperoleh persamaan garis yang mewakili hubungan hiperbolik.

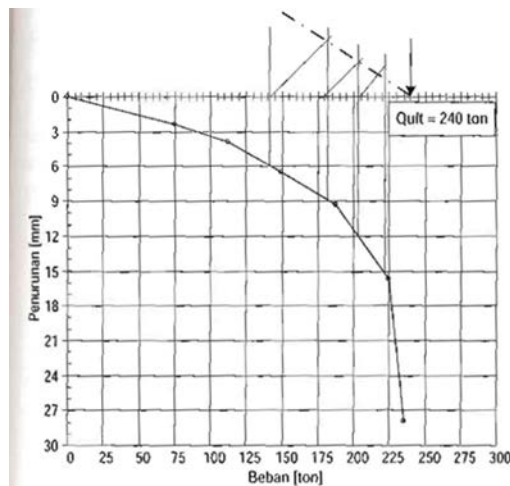
Grafik dibuat dengan beban (Q) sebagai sumbu vertikal dan penurunan (S) sebagai sumbu horizontal. Nilai beban ultimit (Q_u) diperoleh dari rumus $Q_u = 1/C_1$. Gambar 2 merupakan ilustrasi metode chin.



Gambar 2. Interpretasi dengan metode Chin (Rahardjo, 2013)

Interpretasi Metode Mazurkiewicz (1972)

Metode Mazurkiewicz (1972) dilakukan dengan memplot grafik antara penurunan (*settlement*) dan beban yang diterapkan selama pengujian. Untuk menentukan kapasitas daya dukung ultimit tiang, sumbu penurunan dibagi ke dalam beberapa interval yang sama, kemudian dari setiap titik tersebut ditarik garis menuju kurva hingga memotong sumbu beban. Dari titik potong ini, ditarik garis dengan sudut 45° ke arah kanan atas hingga menyentuh garis vertikal berikutnya. Titik-titik potong yang dihasilkan dari proses ini akan membentuk suatu garis lurus, dan titik perpotongannya dengan sumbu beban diinterpretasikan sebagai nilai daya dukung ultimit tiang. Gambar 3 merupakan ilustrasi metode mazurkiewicz.



Gambar 3. Interpretasi metode Mazurkiewicz

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis perbandingan terhadap perhitungan daya dukung aksial tiang pancang dengan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu pendekatan empiris dan pendekatan interpretatif berdasarkan hasil uji beban aksial statik. Pendekatan empiris yang digunakan meliputi metode perhitungan dari Meyerhof, Vesic, serta O'Neill dan Reese. Sementara itu, pendekatan interpretatif dilakukan melalui analisis hasil loading test menggunakan metode Chin dan Mazurkiewicz.

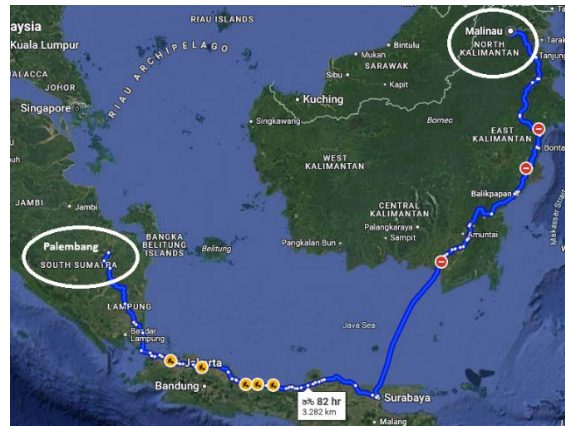
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana hasil perhitungan daya dukung aksial berdasarkan metode empiris mendekati hasil yang diperoleh dari interpretasi data uji beban statik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai metode empiris mana yang paling representatif dan sesuai dengan kondisi lapangan pada studi kasus yang dianalisis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam langkah-langkah berikut, mulai dari persiapan hingga penarikan kesimpulan:

1. Pengumpulan data

Merupakan tahapan pertama yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan data tiang pancang, data N-SPPT, data laboratorium, dan data hasil pengujian uji beban aksial tekan statik. Lokasi proyek berada di dua lokasi yaitu, Palembang dan Malinau yang tertera pada Gambar 4. Dari kedua proyek tersebut memiliki jenis tanah kohesif.



Gambar 4. Lokasi penelitian

Data tiang dan beban pengujian aksial tekan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data tiang dan beban pengujian aksial tekan

Proyek	Ukuran Tiang	Jenis Tiang	Panjang Tiang	Design Load
Proyek A (Palembang)	500 mm	Spun Pile	21,2 m	150 Ton
Proyek C (Malinau)	300 mm	Spun Pile	16,5 m	24 Ton (200%)

Pada Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan data penurunan aksial tekan untuk proyek di Palembang dan di Malinau

Tabel 2. Data penurunan aksial tekan untuk proyek di Palembang

NO	Load (Ton)	Cycle		Settlement (mm)			Remark
		Step	%	Gross	Nett	Rebound	
1	150	I	100%	2,95	0,02	2,93	
2	225	II	150%	5,05	0,24	4,81	
3	263	III	175%	7,06	0,82	6,24	
4	300	IV	200%	9,9	1,85	8,05	<25mm

Tabel 3. Data penurunan aksial tekan untuk proyek di Malinau

NO	Load (Ton)	Cycle		Settlement (mm)	Remark
		Step	%	Gross	
1	12	I	50%	0,0725	
2	24	II	100%	0,3925	
3	36	III	150%	0,7175	
4	48	IV	200%	2,2525	<25mm

2. Tahapan penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data
Langkah awal meliputi pengumpulan data parameter tanah hasil penyelidikan geoteknik di lapangan, serta data hasil uji pembebanan aksial tekan statik terhadap tiang pancang,
- b. Perhitungan daya dukung aksial dengan metode empiris
Berdasarkan data tanah yang tersedia, dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung aksial tiang menggunakan beberapa pendekatan perhitungan teoretis yang umum digunakan dalam praktik rekayasa geoteknik,
- c. Interpretasi data uji beban aksial
Data hasil uji pembebanan aksial dianalisis menggunakan metode interpretatif untuk memperoleh estimasi daya dukung aksial aktual berdasarkan respon penurunan tiang terhadap beban yang diberikan,
- d. Analisis perbandingan
Hasil perhitungan secara teoretis kemudian dibandingkan dengan hasil interpretasi dari uji lapangan untuk menilai tingkat akurasi dan kedekatan masing-masing pendekatan terhadap kondisi aktual,
- e. Penarikan kesimpulan
Berdasarkan hasil analisis perbandingan, disusun kesimpulan mengenai pendekatan perhitungan yang paling representatif dan sesuai dengan kondisi tanah pada lokasi penelitian,

3. Metode analisis

Kedua proyek yang dianalisis dalam penelitian ini berada pada kondisi tanah kohesif, Analisis daya dukung aksial tekan tiang pancang dilakukan secara manual dengan pendekatan empiris, di mana nilai daya dukung ujung (Q_p) dihitung menggunakan metode Meyerhof, Vesic, serta O'Neill dan Reese, Sedangkan nilai daya dukung gesekan selimut (Q_s) dihitung dengan pendekatan dari metode Tomlinson, Sementara itu, interpretasi daya dukung aksial dari hasil uji pembebanan aksial tekan statik dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode Chin (1985) yang berbasis analisis kurva hiperbolik, dan metode Mazurkiewicz (1972) yang menggunakan pendekatan grafis berdasarkan pola perpotongan sudut 45° , Tujuan dari analisis ini adalah untuk membandingkan hasil pendekatan empiris terhadap hasil uji aktual di lapangan guna menentukan metode yang paling mendekati kondisi sebenarnya,

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya dukung aksial dengan metode empiris

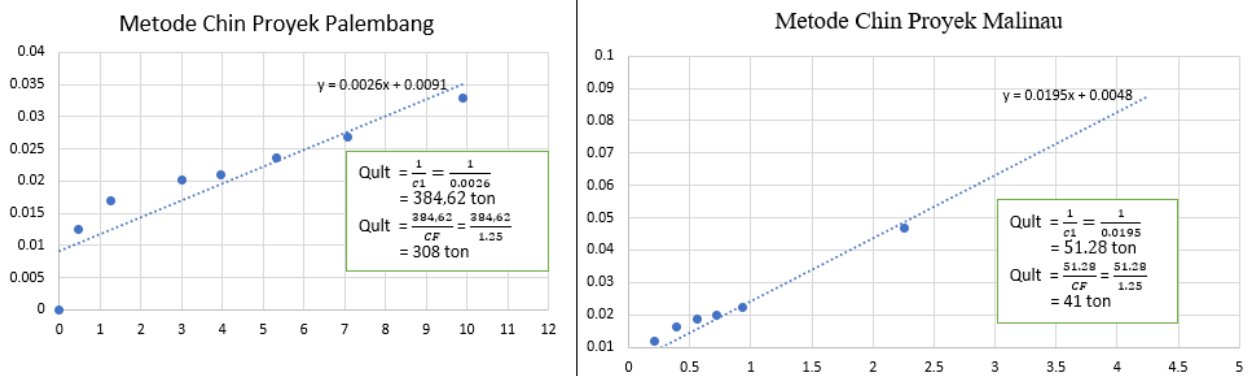
Pada metode empiris nilai Q_{ult} diberikan safety factor sebesar 2,5 berdasarkan "Persyaratan Perancangan Geoteknik", SNI 8460:2017 untuk mendapatkan nilai Q_{all} , Sedangkan intepretasi loading test diberikan safety factor sebesar 2, Hasil analisis dengan metode empiris daya dukung aksial tekan tiang dapat dilihat pada Tabel 4,

Tabel 4, Daya dukung aksial tekan dengan metode empiris

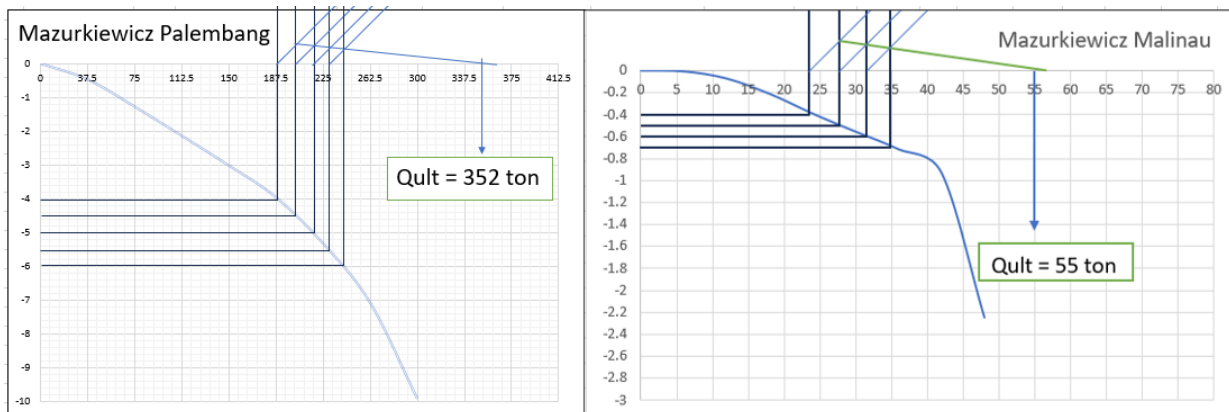
Lokasi	Metode	Q_p (ton)	Q_s (ton)	Q_{ult} (ton)	Q_{all} (ton)
Palembang	Meyerhof + Tomlinson	21	135	156	62
	Vesic's + Tomlinson	28	135	162	65
	O'Neil N Reese + Tomlinson	16	135	150	60
Malinau	Meyerhof + Tomlinson	3	45	48	19,1
	Vesic's + Tomlinson	3	45	48	19,2
	O'Neil N Reese + Tomlinson	2	45	47	18,8

Intepretasi daya dukung aksial tekan

Hasil analisis intepretasi daya dukung dengan metode Chin dapat dilihat pada Gambar 5 dan intepretasi daya dukung dengan metode Mazurkiewicz pada Gambar 6,



Gambar 5, Interpretasi daya dukung metode chin



Gambar 6, Interpretasi daya dukung metode mazuekiewicz

Persentase deviasi perhitungan Q_{all} daya dukung empiris terhadap interpretasi hasil uji beban aksial dapat dilihat pada Tabel 5, Dimana nilai Q_{ult} hasil interpretasi daya dukung baik itu metode chin maupun mazuekiewicz diberikan safety factor sebesar 2 untuk mendapatkan nilai Q_{all} ,

Tabel 5, Perbandingan hasil metode empiris terhadap hasil interpretasi uji beban

Lokasi	Metode	Chin	Mazurkiewicz
Palembang	Meyerhof + Tomlinson	59%	64%
	Vesic's + Tomlinson	58%	63%
	O'Neil N Reese + Tomlinson	60%	65%
Malinau	Meyerhof + Tomlinson	7%	31%
	Vesic's + Tomlinson	6%	30%
	O'Neil N Reese + Tomlinson	8%	32%

Berdasarkan hasil analisis data persentase deviasi antara metode empiris dan interpretasi uji beban aksial tekan statik, dapat disimpulkan bahwa pada lokasi Palembang, telah ditemukan perbedaan yang cukup signifikan, Ketiga metode empiris menunjukkan deviasi yang cukup tinggi terhadap hasil interpretasi uji beban, yaitu berada dalam rentang 58% hingga 65%, Hal ini menunjukkan bahwa nilai daya dukung aksial yang diperoleh dari metode empiris cenderung lebih rendah dibandingkan hasil aktual yang diperoleh dari pengujian lapangan, Metode Vesic's + Tomlinson menunjukkan nilai deviasi paling kecil untuk kondisi tanah di Palembang,

Sebaliknya, pada lokasi Malinau, telah ditemukan deviasi yang jauh lebih kecil, yaitu berkisar antara 6% hingga 32%, Hal ini menunjukkan bahwa metode empiris yang digunakan lebih mendekati nilai aktual hasil uji beban, sehingga perhitungannya dapat dianggap lebih representatif terhadap kondisi tanah di lokasi tersebut, Dari ketiga metode empiris yang dianalisis, metode Vesic's + Tomlinson menunjukkan deviasi paling kecil terhadap kedua metode

interpretasi (Chin dan Mazurkiewicz), sehingga dapat disimpulkan bahwa metode tersebut merupakan pendekatan empiris yang paling akurat untuk digunakan pada kondisi tanah di lokasi Malinau dan Palembang,

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perbandingan antara perhitungan daya dukung aksial tiang pancang menggunakan metode empiris dan interpretasi hasil uji beban aksial tekan statik di dua lokasi studi (Palembang dan Malinau), dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Nilai Daya Dukung Aksial (Q_{all}):
 - a. Di lokasi Palembang, nilai Q_{all} dari metode empiris berkisar antara 61 ton hingga 65 ton, sedangkan dari hasil interpretasi uji beban diperoleh nilai yang jauh lebih tinggi, yaitu 154 ton (Chin) dan 176 ton (Mazurkiewicz),
 - b. Di lokasi Malinau, hasil perhitungan empiris menunjukkan nilai Q_{all} antara 18,8 ton hingga 19,20 ton, yang relatif mendekati hasil interpretasi, yaitu 21 ton (Chin) dan 28 ton (Mazurkiewicz),
2. Analisis Deviasi:
 - a. Di Palembang, persentase deviasi metode empiris terhadap hasil interpretasi berkisar antara 58% hingga 65%, menunjukkan selisih yang cukup besar,
 - b. Di Malinau, deviasi yang tercatat lebih kecil, berada di kisaran 6% hingga 32%, yang menunjukkan tingkat kedekatan yang lebih baik antara hasil empiris dan uji lapangan,
3. Metode Empiris Paling Akurat:
Metode Vesic's + Tomlinson merupakan metode empiris yang paling mendekati hasil *loading test* di dua lokasi (Palembang dan Malinau) berdasarkan nilai Q_{all} , dengan selisih persen terendah terhadap Chin maupun Mazurkiewicz,
4. Implikasi Perencanaan Fondasi:
Hasil studi ini menegaskan pentingnya validasi hasil perhitungan empiris dengan interpretasi uji lapangan, terutama untuk memastikan bahwa desain fondasi sesuai dengan kondisi aktual tanah, Penggunaan metode empiris tanpa verifikasi dapat menghasilkan desain yang tidak optimal, baik dari segi keamanan maupun efisiensi biaya,

DAFTAR PUSTAKA

- Chin, Y, K., Tan, S, L., & Tan, S, B, (1985), *Ultimate load tests on instrumented bored piles in Singapore old alluvium*, Institution of Engineers Malaysia,
- Coyle, H, M., & Castello, R, R, (1981), New design correlations for piles in sand, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 107(7), 965–986,
- Das, B, M., & Sivakugan, N, (2018), *Principles of foundation engineering*, Cengage learning,
- Mazurkiewicz, B, K, (1972), Test loading of piles according to Polish regulations, *Royal Swedish Academy of Engineering Sciences Commission on Pile Research, Report*, 35,
- Meizan, A, R., & Pratiwi, D, S, (2024), Evaluasi Daya Dukung Fondasi Tiang Berdasarkan Pendekatan Numerik dan Analitik dengan Pengujian Di Lapangan Pada Proyek New Universitas Jenderal Achmad Yani, *Prosiding FTSP Series*, 376–381,
- Meyerhof, G, G, (1976), *Bearing capacity and settlement of pile foundations*, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 102(3), 197–228,
- Mulyono, M., & Agustina, D, H, (2022), Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dan Kelompok (Studi Kasus Proyek Hangar Lion Air Batam), *Sigma Teknika*, 5(2), 372–382,
- Rahardjo, P, P, (2013), *Buku Manual Pondasi Tiang*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung,
- Reese, L, C., & O'Neill, M, W, (1989), New design method for drilled shafts from common soil and rock tests, *Foundation Engineering: Current Principles and Practices*, 1026–1039,
- Santoso, H, T., & Hartono, J, (2020), Analisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang berdasar hasil uji SPT dan pengujian dinamis, *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 4(1), 31–38,
- SNI 8460:2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik,
- Tampubolon, G., Roesyanto, R., & Hasibuan, G, C, R, (2024), Analisis Daya Dukung & Penurunan Bored Pile 80cm di Proyek Kompleks Kantor-Apartemen dengan Metode Analitis & Elemen Hingga, *Jurnal Syntax Admiration*, 5(4), 1249–1266,
- Taqwa, F, M, L., Mukhtadir, R., Hariati, F., Lutfi, M., & Apriliyandi, A, (2023), Studi Perbandingan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Persegi Berdasarkan Hasil Uji Pembebanan Statik (SLT) dan Uji PDA pada Pembangunan Apartemen Loftville City Kota Tangerang Selatan, *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 7(2), 129–138,

- Tomlinson, M, J, (1957), The adhesion of piles driven in clay soils, *Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2, 66–71,
- Vesic, A, S, (1977), Design of pile foundations, *NCHRP Synthesis of Highway Practice*, 42,
- Yuliawan, E., & Rahayu, T, (2018), Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang berdasarkan pengujian SPT dan Cyclic Load Test, *Konstruksia*, 9(2), 1–13,
- Yusti, A., & Fahriani, F, (2014), Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang), *Forum Profesional Teknik Sipil*, 2(1), 61239,