

SURAT TUGAS

Nomor: 268-R/UNTAR/PENELITIAN/IX/2023

Rektor Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada saudara:

1. **ALFRED JONATHAN SUSILO, S.T., M.Eng., Ph.D.**
2. **NATHANIA OLIVIA FERNANDA**

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

Judul : Analisis Efisiensi Tiang Ujung Pada Fondasi Tiang Bor Di Proyek Gading Serpong.
Nama Media : Jurnal Mitra Teknik Sipil
Penerbit :
Volume/Tahun : Vol6/No2/2023/Mei
URL Repository : <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.21904>

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

28 September 2023

Rektor



Prof. Dr. Ir. AGUSTINUS PURNA IRAWAN

Print Security : b160fbb30821613d7639e4aa512fd726

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

Lembaga

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

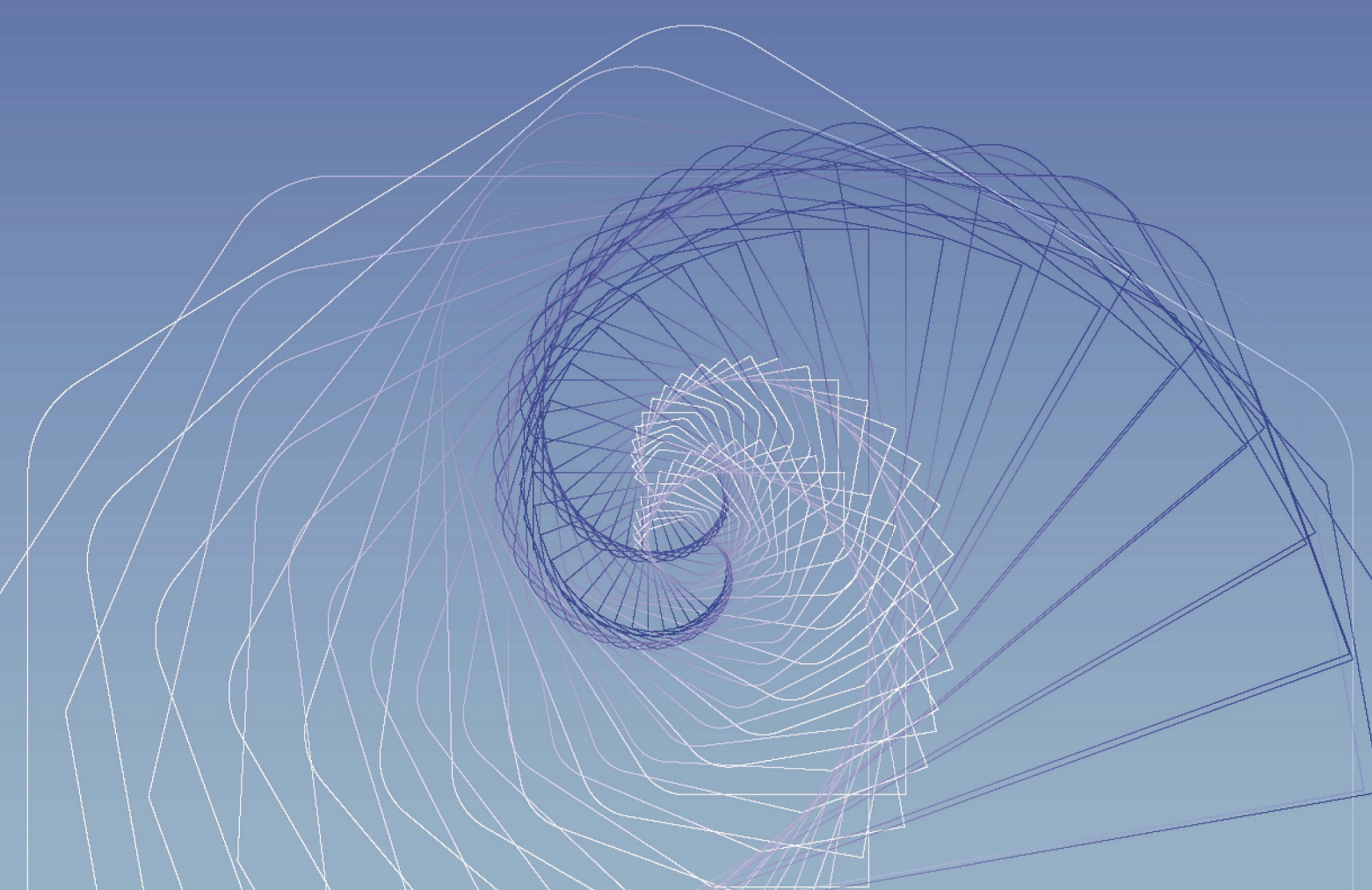
Fakultas

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

JMITS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 6 No. 2 Mei 2023



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

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Volume 6, Nomor 2, Mei 2023

Redaksi

Ketua Penyunting	Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D.
Dewan Penyunting	Dr. Widodo Kushartomo Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M. Ir. Arianti Sutandi, M.Eng. Ir. Gregorius Sandjaja Sentosa, M.T. Ir. Sunarjo Leman, M.T. Yenny Untari Liucius, S.T., M.T.
Penyunting Pelaksana	Andy Prabowo, S.T., M.T., Ph.D. Vittorio Kurniawan, S.T., M.Sc. Arif Sandjaya, S.T., M.T.
Mitra Bestari	Prof. Ir. Roesdiman Soegiarso, M.Sc., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Prof. Ir. Chaidir Anwar Makarim, MCE., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Basuki Anondho, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Najid, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Henny Wiyanto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Oei Fuk Jin (Universitas Tarumanagara) Dr. Usman Wijaya, S.T., M.T. (Universitas Kristen Krida Wacana) Dr. Nurul Fajar Januriyadi (Universitas Pertamina) Dr. Ir. Mega Waty, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Daniel Christianto, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Eng. Luky Handoko (Universitas Atma Jaya Yogyakarta) Ir. Andryan Suhendra, M.T. (Binus University) Reynaldo Siahaan, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)
Alamat Redaksi	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 6, Nomor 2, Mei 2023

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

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

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil terbitan Volume 6 Nomor 2 bulan Mei 2023 merupakan terbitan ke-20 sejak terbitan pertama pada Agustus 2018. Penerbitan JMTS dilakukan secara berkala setiap 3 bulan, yaitu pada bulan Februari, Mei, Agustus, dan November.

Dalam sejarah pelaksanaannya, makalah yang diterbitkan pada JMTS mengalami beberapa perubahan template penulisan untuk menghasilkan kualitas penulisan yang lebih baik, di antaranya penambahan abstrak dalam bahasa Inggris dan perubahan *style* referensi yang semula Harvard menjadi MLA dan sekarang menjadi APA.

Sejak terbitan Volume 3 Nomor 1 bulan Februari 2020, semua makalah diproses secara penuh melalui *Open Journal System* (OJS) yang dimulai dari proses *submission*, *reviewing*, *editing*, dan *publishing*.

Sejak terbitan Volume 5 Nomor 3 bulan Agustus 2022, OJS diperbarui menjadi versi ke 3.

Penerbitan jurnal ini dapat berlangsung secara maksimal berkat kontribusi berbagai pihak. Kami kepada tim editor yang telah membantu mengawal proses penerbitan. Penghargaan juga kami sampaikan kepada 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. 6 No. 2, Mei 2023

Daftar Isi

OPTIMASI PEMAKAIAN SERAT ROSELLA PADA CAMPURAN BETON DENGAN VARIASI MAKSIMUM UKURAN AGREGAT 10 MM, 15 MM, DAN 25 MM <i>M. Bobby Hasan Arfani, Bertinus Simanihuruk, dan Hikma Dewita</i>	186-190
IDENTIFIKASI WASTE PROYEK INFRASTRUKTUR TRANSMISI LISTRIK DENGAN <i>VALUE STREAM MAPPING</i> <i>Grace Notarica Simamora, Mona F Toyfur, dan Heni Fitriani</i>	191-206
PENGARUH KERAPATAN WIREMESH TERHADAP KAPASITAS LENTUR PELAT BETON RINGAN KOMPOSIT <i>Jonathan Aaron dan Widodo Kushartomo</i>	207-216
ANALISIS SAMBUNGAN PURUS (<i>TONGUE AND GROOVE JOINTS</i>) PADA DINDING PANEL BETON RINGAN <i>STYROFOAM</i> <i>Anthony Wisselly dan Widodo Kushartomo</i>	217-222
PERINGKAT DAN FAKTOR PENYEBAB <i>WASTE MATERIAL</i> PADA PROYEK X DI SERPONG <i>Andrew Johannes Gultom dan Arianti Sutandi</i>	223-236
PENERAPAN METODE <i>EARNED VALUE</i> DAN <i>EARNED SCHEDULE</i> PELAKSANAAN PROYEK RUMAH SAKIT X DI BANDUNG <i>Reynaldo Farrel Fausta Tangtobing dan Mega Waty</i>	237-248
ANALISIS <i>VALUE ENGINEERING</i> PADA PROYEK PERUMAHAN X DI TANGERANG SELATAN <i>Robert Chandra, Arianti Sutandi, dan Basuki Anondho</i>	249-260
ANALISIS BANGUNAN BERUNDAK DENGAN KETINGGIAN 4, 8, 12, 16, 20, DAN 24 LANTAI PADA TIANG UJUNG <i>Kevin Anderson dan Alfred Jonathan Susilo</i>	261-270
ANALISIS PANDANGAN MASYARAKAT TERHADAP JASA ANTAR MAKANAN AIRASIA FOOD <i>Nadia Angeline dan Leksmono Suryo Putranto</i>	271-284
ANALISIS PERILAKU MASYARAKAT TERHADAP BERKENDARA LAMBAT DI LAJUR CEPAT ATAU MENDAHULUI PADA JALAN BEBAS HAMBATAN <i>Evan Grysvia dan Leksmono Suryo Putranto</i>	285-300
ANALISIS EFISIENSI TIANG UJUNG PADA FONDASI TIANG BOR DI PROYEK GADING SERPONG <i>Nathania Olivia Fernanda dan Alfred Jonathan Susilo</i>	301-308

CARA MUDAH MENENTUKAN MATERIAL TERBAIK DALAM STRUKTUR JALAN MENGGUNAKAN METODE MARSHALL TEST <i>Lana Juniantoro Eko Saputro, Andri Dwi Cahyono, Evita Fitriani Hidiyati, Ahmad Iqbal Zulqornain Azma, Safril Enra Firmansyah, Arthur Fajar Anosaputra, Muhammad Setio Aji, dan Galih Dwi Kurniawan</i>	309-320
METODE PERBAIKAN TANAH DENGAN <i>PREFABRICATED VERTICAL DRAIN</i> (PVD) PADA JALAN TOL SERPONG-BALARAJA SEKSI 1B <i>Shendy dan Gregorius Sandjaja</i>	321-332
ANALISIS JUMLAH CARBON FOOTPRINT SEMEN PADA PEKERJAAN PLESTER DINDING PROYEK RUMAH TINGGAL <i>Marcell dan Basuki Anondho</i>	333-342
STUDI PEFORMA SPUN PILE DENGAN PERKUATAN STEEL JACKET KE PILE CAP AKIBAT PEMBEBANAN SIKLIK HORIZONTAL <i>Jansen Reagen, Mulia Orientilize, Widjojo Adi Prakoso, Yuskar Lase, dan Sidiq Purnomo</i>	343-354
PENGARUH LINGKUNGAN KERJA, PELAKSANAAN K3, DAN TENAGA KERJA TERHADAP PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA <i>Vincentius Wijaya dan Mega Waty</i>	355-366
DAMPAK CHANGE ORDER PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT SEDANG <i>Kevin Lakaoni dan Mega Waty</i>	367-382
<i>NONLINEAR TIME HISTORY</i> PADA FONDASI TIANG PANCANG DENGAN PROGRAM MIDAS GTS NX <i>Ardi Suryadi, Hendy Wijaya, dan Amelia Yuwono</i>	383-392
ANALISIS PENURUNAN JALAN DI ATAS TANAH GAMBUT TANPA PERBAIKAN DI PEKANBARU <i>Jonathan Wansons Khohara dan Aniek Prihatiningsih</i>	393-406
ANALISIS PENGGUNAAN BETON PRACETAK DI PROYEK PEMBANGUNAN MALL XYZ KOTA WISATA <i>Hansen Chandra Koesoema, Widodo Kushartomo, dan Andy Prabowo</i>	407-414
PEMODELAN PARAMETER <i>VIBRATION MONITORING TEST</i> BERDASARKAN HASIL ITERASI NILAI RASIO REDAMAN (ξ) <i>Veronica, Aniek Prihatiningsih, dan Ali Iskandar</i>	415-428
PENYEBAB <i>CHANGE ORDER</i> PROYEK KONSTRUKSI RUMAH SAKIT <i>Daniel dan Mega Waty</i>	429-440
SIFAT MEKANIS BETON RINGAN DENGAN STYROFOAM SEBAGAI MEDIA PEMBENTUK UDARA <i>Jonathan Andryanto dan Widodo Kushartomo</i>	441-448
METODE PAIRED COMPARISON PADA PEKERJAAN PONDASI BANGUNAN GEDUNG DENGAN PENDEKATAN STUDI VALUE ENGINEERING (VE) <i>Mahdika Putra Nanda, Sigit Riswanto, dan Mega Kurniawati</i>	449-456

PENGARUH SEMANGAT KERJA TERHADAP PROGRESS PADA PROYEK GUDANG SURYA GRAND CISOKA <i>Carlos Chandra dan Widodo Kushartomo</i>	457-462
SOLUSI MENURUNKAN ANGKA KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK KONSTRUKSI BERTINGKAT <i>Jen Sen Chiu Santo dan Widodo Kushartomo</i>	463-470
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN EFISIENSI TIANG PADA TANAH PASIR PADAT DAN PASIR LEPAS DENGAN KONFIGURASI TIANG 4, 9, 16 <i>Christopher Benjiro dan Alfred Jonathan Susilo</i>	471-484
STUDI PERBANDINGAN ANALISIS FEM 2D DAN 3D PADA STABILITAS SHEET PILE LONG STORAGE KOTA JAKARTA <i>Serli Yulianti, Muhammad Riza, dan Vitta Pratiwi</i>	485-494
PEMETAAN RISIKO MULTIBENCANA ALAM PADA INFRASTRUKTUR JALAN <i>Jaya Iskandar, Roi Milyardi, dan Cindrawaty Lesmana</i>	495-510
PENENTUAN NILAI KONDISI GEDUNG BERDASARKAN METODE <i>PORTUGUESE URBAN TENANCY REGIME</i> PADA GEDUNG BERTINGKAT TINGGI <i>Chrisitan Tjenndrawinata dan Henny Wiyanto</i>	511-518
KAJIAN PENGARUH <i>RISE-SPAN RATIO</i> PADA JEMBATAN <i>TIED ARCH</i> <i>Eko Felix Songbes, Made Suangga, dan Sunarjo Leman</i>	519-528
ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN KANTOR UNTUK PERUSAHAAN BATU ALAM DENGAN METODE <i>REAL OPTION VALUATION</i> <i>Julian Kietowibowo, Mark Setiadi, dan Wati A. Pranoto</i>	529-544

ANALISIS EFISIENSI TIANG UJUNG PADA FONDASI TIANG BOR DI PROYEK GADING SERPONG

Nathania Olivia Fernanda¹ dan Alfred Jonathan Susilo²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
nathania.325190036@stu.untar.ac.id

²Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
alfred@ft.untar.ac.id

Masuk: 18-01-2023, revisi: 14-02-2023, diterima untuk diterbitkan: 01-03-2023

ABSTRACT

The foundation is a building structure that is below ground level to support the load above it. So the foundation selection must be adjusted to the load used and the carrying capacity of the soil that can withstand the foundation used. This is because the selection is adjusted to the carrying capacity with conditions on the soil in the field. There will be two types in the selection of foundation poles end bearing piles and friction piles. The pole used is a drill pole because it is quite easy to adjust the diameter and depth to be used. Research in this journal will analyze the foundation of the drill pile using an end bearing pile, which is a foundation pole occupied on hard ground, and minimize There will be the decrease in the foundation. The purpose of analyzing this foundation pile is to find out which end foundation pole is more efficient to use based on the calculation of bearing capacity, settlement, and work cost factors foundation pole. In the study's results, an efficient and optimum pole was used based on calculations of an end bearing pile with a diameter of 60 cm and a depth of 48 m.

Keywords: foundation; end bearing pile; soil bearing capacity; settlement; cost

ABSTRAK

Fondasi merupakan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah untuk menumpu beban yang berada diatasnya. Sehingga dalam pemilihan suatu fondasi harus disesuaikan dengan beban yang digunakan serta daya dukung tanah yang mampu menahan fondasi yang digunakan. Hal ini dikarenakan pemilihan disesuaikan kapasitas daya dukung dengan kondisi pada tanah yang berada di lapangan. Dalam pemilihan tiang fondasi yang akan terdapat dua tipe yaitu tiang ujung (*end bearing pile*) dan tiang gesek (*friction pile*). Tiang yang digunakan merupakan tiang bor dikarenakan cukup mudah untuk mengatur diameter serta kedalaman yang akan digunakan. Dalam penelitian pada jurnal ini akan menganalisis fondasi tiang bor menggunakan tiang ujung (*end bearing pile*) merupakan tiang fondasi yang diduduki pada tanah keras dan meminimalisir akan terjadi penurunan pada fondasi. Tujuan menganalisis tiang fondasi ini untuk mengetahui tiang fondasi ujung yang lebih efisien untuk digunakan berdasarkan perhitungan daya dukung, penurunan, serta faktor biaya pengerjaan tiang fondasi. Dalam hasil penelitian didapat tiang yang efisien dan optimum digunakan berdasarkan perhitungan yaitu tiang ujung dengan diameter 60 cm kedalaman 48 m.

Kata kunci: fondasi; tiang ujung; daya dukung; penurunan; biaya

1. PENDAHULUAN

Dalam merancang suatu infrastruktur terkadang struktur yang direncanakan memiliki kapasitas yang berlebih, kapasitas atau daya tahan dalam yang berlebih akan mengakibatkan keborosan, maka dari itu dalam perancangan suatu infrastruktur harus dirancang secara efisien dan optimum sehingga struktur yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Dalam pembangunan fondasi menjadi hal yang penting karena membantu untuk berdirinya suatu bangunan yang akan dibangun. Menurut Bowles (1997) fondasi merupakan bagian dari sistem yang meneruskan beban yang di topang oleh fondasi dan beratnya fondasi sendiri kedalam tanah atau batuan yang terletak dibawahnya. Dalam kebutuhannya fondasi dirancang/ direncanakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan sehingga dalam perancangan menjadi efisien dan optimum dari unsur material maupun biaya. Untuk mengetahui penggunaan fondasi yang efisien dan optimum yaitu dengan daya dukung, penurunan, serta faktor-faktor yang mempengaruhi suatu fondasi. Dalam memikul beban yang berada diatasnya fondasi memiliki kriteria yaitu tanah dengan kondisi baik dengan memiliki daya dukung yang tinggi serta penurunan yang dihasilkan relatif dengan nilai yang kecil, sedangkan apabila tanah dengan kondisi buruk memiliki daya dukung yang relatif rendah serta penurunan yang dialami cukup

besar sehingga perlu adanya usaha untuk memperbaiki daya dukung tanah dengan memilih fondasi yang tepat. Hal ini didapat fondasi yang sesuai untuk memikul beban dengan kondisi tanah yang berada di lapangan.

Fondasi

Fondasi merupakan bagian terbawah dari suatu struktur bangunan infrastruktur yang bertujuan menyalurkan beban suatu bangunan ke tanah yang berada dibawahnya (Hardiyatmo, 1996). Dalam melakukan perancangan fondasi harus memperhatikan beban yang ditumpu agar beban yang diteruskan ke fondasi tidak melebihi dari kekuatan yang harus ditumpu, apabila fondasi yang digunakan melebihi batas ijin dari kekuatan tanah maka akan terjadinya kegagalan terhadap infrasturktur yaitu menimbulkan penurunan sehingga dapat beresiko akan terjadinya keruntuhan pada bangunan.

Tiang ujung (*end bearing pile*)

Tiang ujung merupakan tiang yang kapasitas daya dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang ini dipasang mencapai batuan atau tanah keras yang dapat memberi daya dukung lebih besar sehingga tidak mengalami penurunan yang signifikan pada fondasi (Hardiyatmo, 2002).

Tiang bor

Pada umumnya proses pelaksanaan fondasi tiang bor dilakukan dengan pengeboran tanah terlebih dahulu, kemudian tanah yang sudah dibor dimasukan tulangan baja yang sudah dirakit lalu memasukan beton segar langsung kedalam lubang yang sudah dibor dan dimasukan tulangan (Septiadi & Prihatiningsih, 2020). Tiang bor biasa dipakai untuk tanah dengan kondisi stabil dan kaku, sehingga pada saat tanah di lubang dengan bor masih dengan keadaan yang stabil. Jika pada tanah terdapat muka air tanah maka dibutuhkan pipa besi untuk menahan dinding lubang dan pipa diangkat ke atas pada saat pengecoran beton. Penggunaan tiang bor dapat dijadikan alternatif lain apabila dalam pelaksanaan lokasi cukup sulit untuk menggunakan tiang pancang, seperti masalah peralatan yang digunakan dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitar lokasi dan dapat mengganggu kondisi pekerjaan lain yang berada di lokasi.

Daya dukung Reese and Wright

Perhitungan daya dukung untuk fondasi tiang bor yang diletakkan pada tanah lunak dapat menggunakan Persamaan 1-2 dengan metode Reese and Wright.

$$Q_p = q_p A_p \quad (1)$$

$$q_p = 9 S_u \quad (2)$$

Untuk tahanan gesek pada tiang bor dinyatakan Persamaan 3-4.

$$Q_s = f_s L P \quad (3)$$

$$f_s = c_d = \alpha c_u \quad (4)$$

Penurunan fondasi

Penurunan merupakan perubahan pada volume tanah saat diberi pembeban diatas permukaannya yang dapat menyebabkan gerakan tertentu pada suatu infrastruktur bangunan. Umumnya suatu penurunan yang terjadi tidak seragam lebih membahayakan bangunan dibandingkan penurunan total yang terjadi. Hal yang perlu diketahui dalam terjadinya suatu proses penurunan terjadi yaitu besar penurunan dan kecepatan penurunan (Muhshi et al., 2020).

Penurunan segera (*immediate settlement*)

Penurunan segera terjadi setelah diberi pembebanan sehingga menyebabkan deformasi elastis pada tanah tanpa adanya perubahan kadar air. Penurunan segera diakibatkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan dan terjadi pada volume konstan.

Dalam buku Das & Sivakugan (2017) terdapat metode Vesic yang membagi total penurunan (Persamaan 5) menjadi tiga komponen, sebagai berikut:

1. Penurunan batang tiang ($S_{e(1)}$)
2. Penurunan ujung tiang akibat beban bekerja ($S_{e(2)}$)
3. Penurunan akibat gesekan selimut sepanjang tiang akibat beban bekerja ($S_{e(3)}$)

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (5)$$

Untuk penurunan batang tiang dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (6)$$

Kemudian untuk penurunan ujung tiang akibat beban bekerja dengan Persamaan 7.

$$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} = \frac{Q_{wp} C_p}{D q_p} \quad (7)$$

Kemudian untuk penurunan akibat gesekan selimut sepanjang tiang akibat beban bekerja dengan Persamaan 8.

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{P_p L} \right) \left(\frac{D}{E_{sr}} \right) (1 - \mu_s^2) I_{ws} = \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \quad (8)$$

Penurunan konsolidasi primer

Penurunan konsolidasi primer terjadi akibat kenaikan tegangan yang disebabkan oleh pembebanan yang mengakibatkan keluarnya air dari pori-pori tanah. Pada proses ini akan berlangsung sampai air pori dalam keadaan seimbang dengan tekanan hidrostatik di sekitarnya.

Persamaan 9 untuk penurunan konsolidasi *normally consolidated* $\sigma'_0 > \sigma'_c$.

$$S_c = r \sum \frac{C_c}{1 + e_o} H_i \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right) \quad (9)$$

Sedangkan untuk penurunan konsolidasi *over consolidated* $\sigma'_0 < \sigma'_c$ sebagai berikut:

Persamaan 10 jika $\sigma'_1 = \sigma'_0 + \Delta\sigma' < \sigma'_c$

$$S_c = r \sum \frac{C_c}{1 + e_o} H_i \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right) \quad (10)$$

Persamaan 11 jika $\sigma'_1 = \sigma'_0 + \Delta\sigma' > \sigma'_c$

$$S_c = r \sum \frac{C_r}{1 + e_o} H_i \log \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \right) + \frac{C_c}{1 + e_o} H_i \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right) \quad (11)$$

Penurunan ijin

Berdasarkan SNI 8460:2017, besar penurunan total dan beda penurunan yang diijinkan berdasarkan toleransi masing-masing fungsi dan stabilitas struktur atas dan bangunan sekitarnya. Syarat dihitung dengan Persamaan 12.

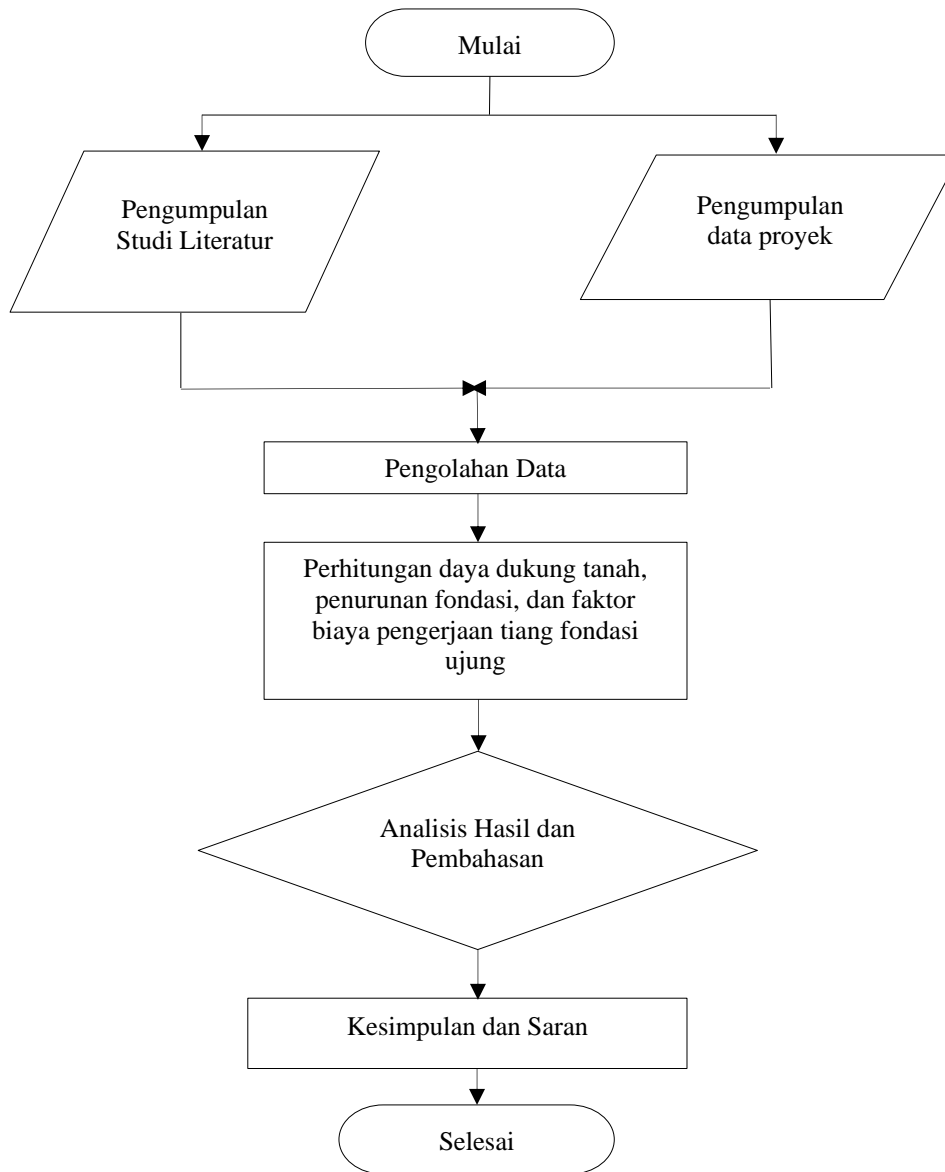
$$\text{Penurunan total ijin} < 15 \text{ cm} + b/600 \quad (12)$$

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk penjelasan diagram alir jurnal:

1. Pada tahap awal penelitian melakukan pencarian dan pengumpulan dasar teori yang akan digunakan melalui buku bacaan, jurnal, artikel yang berhubungan dengan topik yang dibahas.
2. Kemudian pengumpulan data proyek berupa data tanah yang akan diteliti
3. Selanjutnya menganalisis sifat tanah, daya dukung tanah, dan penurunan fondasi. Dan menentukan parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan.
4. Mencari tipe fondasi yang cocok digunakan untuk tiang ujung (end bearing pile).
5. Selanjutnya mulai untuk mendesain fondasi tiang ujung (end bearing pile).
6. Selanjutnya melakukan perhitungan daya dukung tanah, penurunan fondasi, dan faktor biaya pengerjaan tiang pada tiang ujung end bearing pile dengan berbagai diameter yang digunakan.
7. Selanjutnya melakukan perbandingan dari hasil daya dukung, penurunan fondasi, dan faktor biaya tiang ujung (end bearing pile) yang lebih efisien digunakan.

8. Memberikan kesimpulan dari dasar teori dan hasil perhitungan yang didapat lalu memberi saran dari hasil penelitian



Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapat data parameter tanah pada analisis ini menggunakan satu titik *boring log* sedalam 50 meter dari kawasan Gading Serpong, kemudian diolah menggunakan korelasi rumus empiris sehingga menghasilkan parameter tanah dan disusun seperti pada Pembebanan bangunan

Bangunan merupakan apartemen 24 lantai yang memiliki luas $60 \text{ m} \times 24 \text{ m}$ dengan luas setiap lantainya 1440 m^2 . Untuk perhitungan pembebanan dengan menghitung beban mati dan beban hidup seperti pada Tabel 2.

Tabel 1.

Pembebanan bangunan

Bangunan merupakan apartemen 24 lantai yang memiliki luas $60 \text{ m} \times 24 \text{ m}$ dengan luas setiap lantainya 1440 m^2 . untuk perhitungan pembeban dengan menghitung beban mati dan beban hidup seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter data tanah

Kedalaman (m)	Tipe Tanah	Konsistensi	γ (kN/m ³)	e ₀	C _c	C _s	Su (kPa)	c' (kPa)	P _c (kPa)	E' (MPa)	N-SPT
7	Lempung Silt	Lunak	20	1,2	0,38	0,18	25	3	60	6	3
6	Lempung Silt	Lunak	19,5	1,32	0,44	0,2	20	4	70	9	8
12	Lempung Silt	Kaku	19	1,08	0,16	0,1	35	6	90	10	8
10	Lempung Silt	Kaku	19	0,6	0,14	0,0911	50	8	140	14	11
7	Lempung Silt	Sangat Kaku	20	0,5	0,1	0,0761	80	13	270	24	18
8	Silt	Sangat Kaku	19	0,5	0,1	0,0761	115	18	380	34	25

Tabel 2. Perhitungan pembebanan bangunan

Beban	Nilai (kN)
Beban Mati	196,13
Beban Hidup	60
Beban per lantai	256,13
Beban terpusat pada kolom	6147

Daya dukung fondasi

Dari data tanah yang didapat bahwa lapisan tanah keras berada diposisi yang dalam sehingga dalam perencanaan didapat beberapa desain ukuran diameter yaitu tiang ujung dengan menggunakan beberapa ukuran diameter yang berbeda yaitu diameter 60 cm, 80 cm, dan 100 cm. Tiang-tiang akan dihitung daya dukung, untuk perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and Wright dikarenakan tanah bersifat lunak serta tiang yang digunakan merupakan tiang bor terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan daya dukung fondasi

Kedalaman (m)	Diameter (m)	Q _p (kN)	Q _s (kN)	Q _{all} (kN)	Q _{all} (ton)
48	0,6	292,64	2555,53	949,39	97
	0,8	520,25	3407,62	1309,21	134
	1	812,89	4259,21	1690,7	172

Tiang kelompok

Dikarenakan tiang berada dilapisan tanah lunak maka daya dukung tiang kelompok didasarkan pada aksi blok yaitu dengan kelompok pada tiang sebagai blok. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan kelompok tiang ujung.

Tabel 4. Perhitungan tiang kelompok

Kedalaman (m)	Diameter (m)	P (kN)	Q _{all,s} (kN)	n _{tiang} (tiang)	Q _{all,g} (kN)
48	0,6	6147	949,39	7	8544,50
	0,8		1309,21	5	11782,86
	1		1690,7	4	15216,30

Penurunan elastis fondasi tiang

Penurunan segera atau biasa disebut dengan penurunan elastis atau *immediate settlement* merupakan penurunan yang terjadi setelah beban bekerja, hal ini mengakibatkan deformasi elastis pada tanah tanpa adanya perubahan kadar air. Pada perhitungan penurunan segera dibagi menjadi tiga komponen terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penurunan elastis fondasi tiang

Kedalaman (m)	Diameter (m)	n_{tiang} (tiang)	$S_{e(1)}$ (mm)	$S_{e(2)}$ (mm)	$S_{e(3)}$ (mm)	S_e (mm)	$S_{e,g}$ (mm)
48	0,6	7	4,47	4,36	0,7	9,52	22,03
	0,8	5	3,57	5,9	0,97	10,43	22,18
	1	4	2,89	7,1	1,19	11,21	20,97

Penurunan konsolidasi primer fondasi tiang

Penurunan konsolidasi primer terjadi akibat kenaikan tegangan yang dipengaruhi oleh pembebanan yang menyebabkan keluar air dari pori-pori tanah. Pada proses ini akan berlangsung sampai air pori dalam keadaan seimbang dengan tekanan hidrostatis disekitarnya. Beban luar yang digunakan sebesar 6147 kN. Berikut untuk perhitungan tiang ujung diameter 60 cm pada Tabel 6, tiang ujung diameter 80 cm pada Tabel 7, dan tiang ujung diameter 100 cm pada Tabel 8.

Tabel 6. Penurunan tiang kelompok konsolidasi primer pada *end bearing pile* diameter 60 cm kedalaman 48 m

Elevasi (m)	ΔH	$\Delta\sigma$	P'o (z)	$\frac{\Delta\sigma + P'o}{P'o}$	Cek	e0	Cc	Δs_c (mm)	
32	35	3	39,42	400,32	439,74	NC	0,6	0,14	10,71
35	42	7	25,62	471,65	497,27	NC	0,5	0,1	10,72
42	50	8	15,37	545,17	560,54	NC	0,5	0,1	6,44
Total Penurunan Konsolidasi Primer D = 60 cm									27,87

Tabel 7. Penurunan tiang kelompok konsolidasi primer pada *end bearing pile* diameter 80 cm kedalaman 48 m

Elevasi (m)	ΔH	$\Delta\sigma$	P'o (z)	$\Delta\sigma + P'o$	Cek	e0	Cc	Δs_c (mm)	
32	35	3	27,56	400,32	427,88	NC	0,6	0,14	7,59
35	42	7	18,02	471,65	489,67	NC	0,5	0,1	7,6
42	50	8	10,88	545,17	556,05	NC	0,5	0,1	4,58
Total Penurunan Konsolidasi Primer D = 80 cm									19,77

Tabel 8. Penurunan tiang kelompok konsolidasi primer pada *end bearing pile* diameter 100 cm kedalaman 48 m

Elevasi (m)	ΔH	$\Delta\sigma$	P'o (z)	$\Delta\sigma + P'o$	Cek	e0	Cc	Δs_c (mm)	
32	35	3	13,94	400,32	414,26	NC	0,6	0,14	3,9
35	42	7	9,09	471,65	480,74	NC	0,5	0,1	3,87
42	50	8	5,48	545,17	550,65	NC	0,5	0,1	2,32
Total Penurunan Konsolidasi Primer D = 100 cm									10,09

Penurunan total

Penurunan total tiang kelompok yang terjadi pada tiang ujung dengan diameter sebesar 60 cm, 80 cm, dan 100 cm tertera di Tabel 9.

Tabel 9. Penurunan fondasi total

Kedalaman (m)	Diameter (m)	n_{tiang} (tiang)	$S_{e,g}$ (mm)	S_c (mm)	S_{total} (mm)	S_{total} (cm)
48	0,6	7	22,03	27,87	49,89	5
	0,8	5	22,18	19,77	41,95	4,2
	1	4	20,97	10,09	31,06	3,1

Biaya pekerjaan fondasi

Tabel 10 adalah perhitungan anggaran biaya yang diperlukan dalam melakukan pekerjaan tiang bor pada tiang ujung.

Tabel 10. Biaya pekerjaan fondasi tiang ujung

Kedalaman (m)	Diameter (m)	n_{tiang} (tiang)	Biaya 1 Tiang Bor		Biaya per 1 meter Tiang Bor	
48	0,6	7	Rp	66.211.248,52	Rp	1.379.401,01
	0,8	5	Rp	97.134.108,55	Rp	2.023.627,26
	1	4	Rp	107.658.021,01	Rp	2.242.875,44

Tabel perbandingan

Dari hasil perhitungan didapat perbandingan hasil penggunaan tiang ujung dengan diameter sebesar 60 cm, 80 cm, dan 100 cm pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan tiang ujung

Kategori	Tiang Ujung (<i>end bearing pile</i>)		
	0,6 m	0,8 m	1 m
Daya Dukung (ton)	97	134	172
Penurunan (cm)	5	4,2	3,1
Biaya per 1 Tiang Bor (Rp)	66.211.248	97.134.108	107.658.021
Biaya per 1 meter (Rp)	1.379.401	2.023.627	2.242.875

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Berdasarkan hasil perhitungan didapat beban perkolom bangunan apartemen 24 lantai dengan ukuran 60×24 meter yaitu sebesar 627 ton atau 6147 kN.
- Untuk fondasi tiang ujung dari hasil perhitungan didapat semakin besar diameter yang digunakan maka daya dukung yang didapat semakin besar dan jumlah tiang kelompok yang digunakan semakin sedikit begitu pula dengan dengan penurunan yang dialami fondasi semakin kecil, tetapi untuk faktor biaya pengerjaan tiang bor semakin besar diameter yang digunakan semakin mahal dikarena dipengaruhi oleh volume pengerjaan dan kebutuhan material yang digunakan.
- Didapat yang efisien dan optimum merupakan tiang bor ujung dengan diameter 60 cm dengan kedalaman 48 m, karena harga lebih ekonomis dibandingkan dengan diameter end bearing maupun friction pile yang sudah diperhitungkan.

Saran

1. Karena menggunakan tiang ujung (end bearing pile) rawan terjadinya longsor, aka nada biaya-biaya pengaman diluar biaya pengerjaan tiang bor yang biaya nya cukup besar.
2. Dicoba melakukan perhitungan tiang gesek friction pile supaya dapat membandingkan efisiensi tiang yang dapat digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik* (SNI 8460:2017).
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1* (Edisi keempat). Erlangga.
- Das, B., & Sivakugan, N. (2017). *Principles of Geotechnical Engineering* (Edisi kesembilan). Global Engineering.
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Pondasi 1*. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Universitas Gadjah Mada.
- Muhshi, M., Putra, A. I., & Nugroho, S. A. (2020). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34-49.
- Septiadi, K., & Prihatiningsih, A. (2020). Studi Manfaat Daya Dukung Belled Pile dan Multi Belled Pile. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1113-1124. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i4.8394>