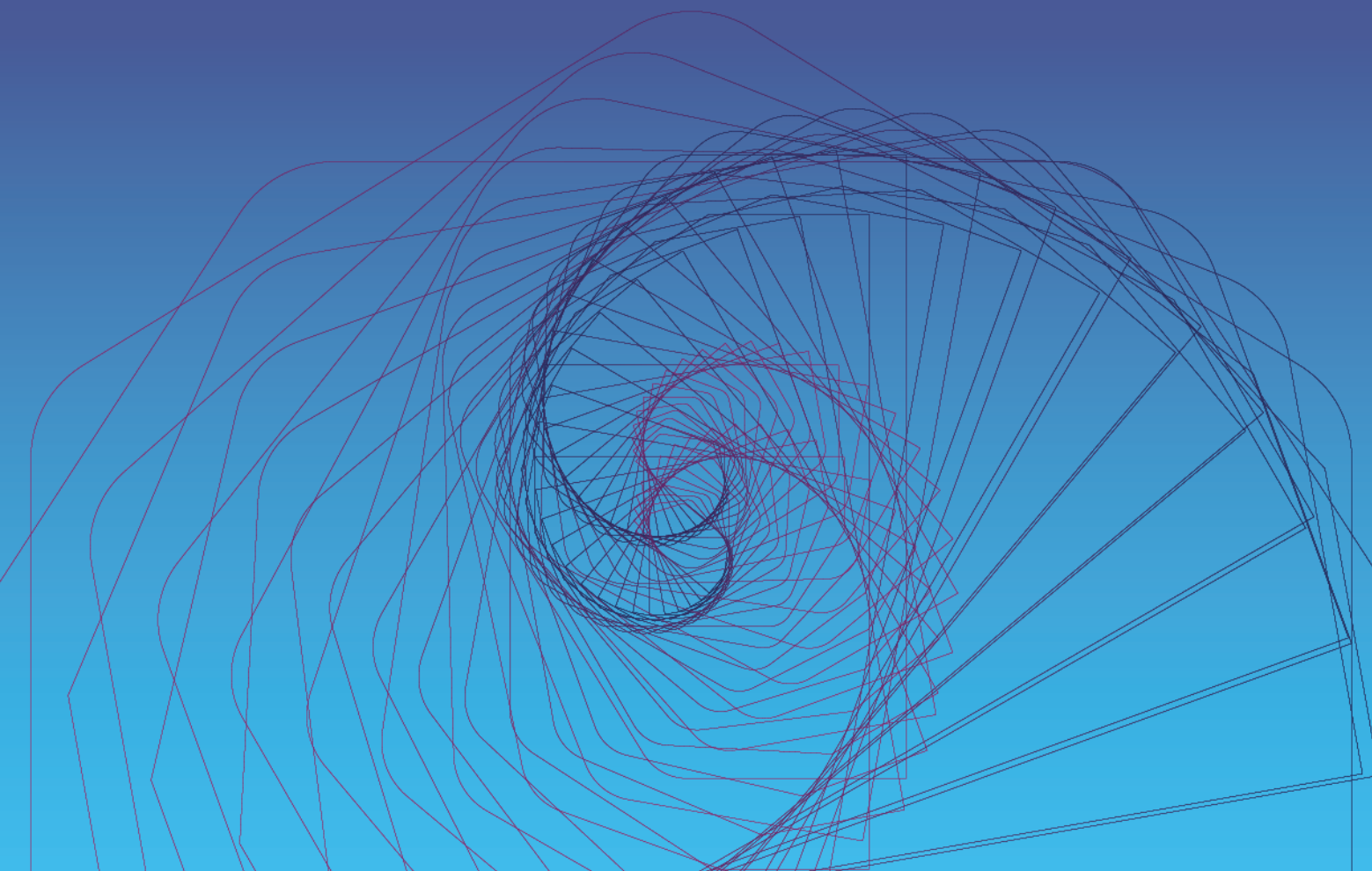


# JMITS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

---

Volume 6 No. 4 November 2023



e-ISSN : 2622-545X

Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

## **JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**

Vol. 6 No. 4, November 2023

### **Daftar Isi**

KINERJA OJEK ONLINE DAN KONVENSIONAL DI KOTA KENDARI <i>Try Sugiyarto Soeparyanto, Waode Royani, La Ode Muhammad Nurrahmad, dan Statiswaty</i>	819-830
ANALISIS PENGGUNAAN SERAT IJUK TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON NORMAL <i>Hansen Chandra Koesoema dan Widodo Kushartomo</i>	831-836
ANALISIS PENGGUNAAN SERAT RAMI TERHADAP SIFAT MEKANIS <i>SELF COMPACTING CONCRETE</i> (SCC) <i>Hizkia Hernandez dan Widodo Kushartomo</i>	837-842
ANALISIS PENGARUH PEMBANGUNAN JALAN TOL SOROJA TERHADAP PERKEMBANGAN PARIWISATA <i>Ericson Chandra Jap dan Basuki Anondho</i>	843-850
PEMANFAATAN PROGRAM SOLVER UNTUK MENENTUKAN BIAYA MINIMUM PENGGUNAAN DUMP TRUCK PADA PROYEK X <i>Agustinus Eppendie dan Onnyxiforus Gondokusumo</i>	851-862
ANALISIS WASTE MATERIAL DAN FAKTOR PENYEBAB PADA PROYEK APARTEMEN X <i>Ramadhan Rizki Faruki dan Henny Wiyanto</i>	863-872
ANALISIS PENGENDALIAN PROYEK DENGAN METODE CRASHING PADA PROYEK PT X DI JAKARTA <i>Gerald Dennis Joseph dan Oei Fuk Jin</i>	873-884
ANALISIS RISIKO KERJA PROYEK PEMBANGUNAN IT MANDIRI BUMI SLIPI <i>Bagus Tri Wizaksono dan Mega Waty</i>	885-898
PANJANG PENGANGKURAN DAN JARAK TEPI PADA KUAT TARIK ANGKUR ADHESIF <i>Patrick, Daniel Christiano, dan Yenny Untari Liucius</i>	899-906
IDENTIFIKASI TANTANGAN DALAM PENERAPAN GREEN BUILDING DI JAKARTA <i>Johannes Christophorus Xavieri Linggo dan Arianti Sutandi</i>	907-912
PENDAPAT PENGGUNA JALAN TOL JABODETABEK TENTANG MULTI LANE <i>FREE FLOW</i> <i>Victoria Sunartio dan Leksmono Suryo Putranto</i>	913-924
PERSEPSI MASYARAKAT KOTA BOGOR TERHADAP SISTEM PEMBELIAN LAYANAN <i>Jen Sen Chiu Santo dan Leksmono Suryo Putranto</i>	925-938

ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PERUMAHAN Z DI JAKARTA TIMUR <i>Adhitya Dwi Prakoso dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	939-952
ANALISIS PELAYANAN TERHADAP MRT JAKARTA FASE 1 SEBAGAI ACUAN PADA PEMBANGUNAN FASE 2A <i>Nicko Susanto dan Najid</i>	953-962
DAMPAK PARKIR LIAR DI PERUMAHAN TERHADAP MASYARAKAT SETEMPAT <i>GARDEN CITY RESIDENCE</i> <i>Alberto Pandapotan Habeahan dan Leksmono Suryo Putranto</i>	963-972
DAMPAK LAMA PENGISIAN BATERAI PADA MOBIL LISTRIK TERHADAP MINAT CALON PEMBELI <i>Brata Pratama Putra Ridwan dan Leksmono Suryo Putranto</i>	973-982
ANALISIS DAN PERSEPSI PENGGUNA PARKIR STASIUN <i>COMMUTER LINE</i> DARU DI KABUPATEN TANGERANG <i>Nur Muhammad Habib, Daniel Christianto, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	983-994
PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP PEMBAYARAN DIGITAL PADA TRANSPORTASI UMUM <i>Haddid Al Jabar dan Leksmono Suryo Putranto</i>	995-1004
DAMPAK PANDEMI COVID-19 TERHADAP PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI PADA SAAT SEBELUM PPKM, PPKM, DAN SETELAH PPKM <i>Thomas Edward dan Najid</i>	1005-1014
SURVEY KESELAMATAN DI PERLINTASAN SEBIDANG JPL NO 6A KM 3 + 219 JALAN KARYA RAYA <i>Kefrin Lievaldi, Dewi Linggasari, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	1015-1024
STUDI KESELAMATAN DI PERLINTASAN SEBIDANG JPL NO. 5A KM 2 + 285 JALAN HADIAH <i>Rivelieno Rai Marsa, Dewi Linggasari, dan Hokbyan R. S. Angkat</i>	1025-1034
PANDANGAN MASYARAKAT TERHADAP KESELAMATAN BUS SWASTA SEBAGAI MODA TRANSPORTASI SEWA <i>Dwi Ayu Komalasari dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1035-1048
HUBUNGAN TARIF <i>ELECTRONIC ROAD PRICING</i> DENGAN KINERJA JALAN <i>Kenneth Putra Pangestu dan Najid</i>	1049-1058
PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP KENAIKAN TARIF PARKIR DAN JALAN BERBAYAR ELEKTRONIK DI JAKARTA <i>Randhito Satrio Harminto dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1059-1070

ANALISIS EFEKTIVITAS PENYEWAAN MOBIL TERHADAP PERUSAHAAN <i>STARTUP</i> <i>Fransiskus Dion Indrajaya dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1071-1080
ANALISIS KINERJA RUAS JALAN JARIT-PUGER JEMBER PROVINSI JAWA TIMUR <i>Irvina Fatimah dan Najid</i>	1081-1088
ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN X DI JAKARTA <i>Timothy Wicaksono Palembang dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1089-1100
ANALISIS FAKTOR KESELAMATAN DAN REKOMENDASI PENANGANAN PADA PINTU PERLINTASAN SEBIDANG JPL 30 <i>Steven Marcelino, Daniel Christianto, dan Hokbyan Angkat</i>	1101-1116
ANALISIS PEMANFAATAN AIR HUJAN UNTUK KEBUTUHAN PERTAMANAN DAN SANITASI DI GEREJA KALVARI JAKARTA <i>Iwan Dharmawan dan Wati Ariningsih Pranoto</i>	1117-1130
ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PERUMAHAN Y DI CIPINANG MUARA - JAKARTA TIMUR <i>Matthew Firmata Brevando Saragih dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1131-1144
POTENSI PENGGUNAAN IPAL DAN SPAH UNTUK MENGHEMAT PENGGUNAAN AIR PDAM PADA MAL <i>Diana Christina Harijanto, Vittorio Kurniawan, dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1145-1056
<b>ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PADA TANAH EKSPANSIF DI KARAWANG JAWA BARAT</b> <i>Jason Lai Wijaya, Hendy Wijaya, dan Amelia Yuwono</i>	1057-1066
ANALISIS PERBANDINGAN <i>POTENSI CYCLIC MOBILITY</i> PADA TANAH LEMPUNG DI BEBERAPA TEMPAT DI INDONESIA <i>Chrisandy dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1067-1076
ANALISIS EFISIENSI <i>SETTLEMENT</i> TIANG GESEK FONDASI <i>BORED PILE</i> PADA PROYEK DI PROVINSI ACEH <i>Ratu Balqis Putri Tarfin dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1077-1084
STUDI KASUS KEAMANAN LERENG AKIBAT GALIAN DI PROYEK X CIAWI-BOGOR <i>Ricky Putra dan Alfred Jonathan Susilo</i>	1085-1094
PENGGUNAAN <i>GEOCELL</i> UNTUK STABILISASI DAN PERLINDUNGAN EROSI PADA LERENG <i>Hendy Wijaya, Gregorius Sandjaja Sentosa, Tascia Adde Marcellia, Aniek Prihatiningsih, dan Ricky Putra</i>	1095-1102

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN *STONE MASTIC ASPHALT*  
DENGAN PENGGUNAAN *FIBER MESH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH  
*Rani Bastari Alkam dan Bulgis*

1103-1116

## ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PADA TANAH EKSPANSIF DI KARAWANG JAWA BARAT

Jason Lai Wijaya<sup>1</sup>, Hendy Wijaya<sup>2</sup>, dan Amelia Yuwono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta, Indonesia  
*jason.325190080@stu.untar.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta, Indonesia  
*hendyw@ft.untar.ac.id*

<sup>3</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta, Indonesia  
*yuwonoamelia77@gmail.com*

Masuk: 30-06-2023, revisi: 17-08-2023, diterima untuk diterbitkan: 02-10-2023

### ABSTRACT

*The bearing capacity of a foundation is one of the factors in calculating the design of a structure. The calculation for bearing capacity and settlement is controlled by the characteristics of the soil. Expansive soil is a type of soil where it has a drastic swelling and shrinking characteristics based water content contained inside. This journal will discuss one of the factory construction projects located in Karawang, West Java. The foundation is of spun concrete pile with a diameter of 35 cm. Soil data testing consisted of 12 borelog tests, 38 cpt tests, and 24 laboratory tests. Calculation of bearing capacity used are of six methods. Two methods are used for settlement calculation. Results of theoretical calculations will be compared with results from Pile Driving Analyzer (PDA). The difference in settlement calculation based on semi-empirical method is 0.02% for W-1288 pile, and 2.39% for W-1623 pile. As for the Davisson method, the difference in settlement calculations is 20.02% for W-1288 pile, and 13.82% for W-1623 pile. The comparison between the relationship of ultimate bearing capacity (RMX) and maximum settlement value (DMX) has no correlation because of the different factors that differ in soil characteristics on each tested pile.*

*Keywords: Bearing capacity; expansive soil; settlement; driven pile; pile driving analyzer*

### ABSTRAK

Daya dukung sebuah fondasi adalah salah satu faktor dalam perhitungan desain pembangunan sebuah struktur. Faktor perhitungan daya dukung dan penurunan tanah dikendalikan oleh karakteristik tanah yang tersedia. Tanah ekspansif adalah salah satu macam tanah dimana tanah tersebut memiliki karakteristik kembang dan susut yang drastis berdasarkan kadar air yang terkandung didalamnya. Jurnal ini akan membahas salah satu proyek pembangunan pabrik yang terletak di Karawang, Jawa Barat. Fondasi yang diperhitungkan dan dibangun adalah fondasi tiang pancang beton spun dengan ukuran diameter 35cm. Pengujian data tanah berupa 12 uji borelog, 38 uji sondir, serta 24 uji sampel laboratorium. Perhitungan daya dukung fondasi akan menggunakan enam metode dalam perhitungan. Perhitungan penurunan akan menggunakan dua metode yakni metode semi-empiris dan metode Davisson. Hasil perhitungan teoritis akan dibandingkan dengan hasil pengujian fondasi dengan sistem *Pile Driving Analyzer* (PDA). Perbedaan perhitungan penurunan berdasarkan metode semi-empiris adalah 0,02% untuk tiang W-1288, dan 2,39% untuk tiang W-1623. Sedangkan untuk metode Davisson, perbedaan perhitungan penurunan adalah 20,02% untuk tiang W-1288, dan 13,82% untuk tiang W-1623. Selanjutnya, perbandingan antara hubungan nilai daya dukung ultimit (RMX) terhadap nilai penurunan maksimum (DMX) tidak memiliki korelasi dikarenakan terdapat faktor perbedaan parameter tanah pada setiap tiang yang diuji.

Kata kunci: daya dukung; tanah ekspansif; penurunan; tiang pancang; *pile driving analyzer*

## 1. PENDAHULUAN

Daya dukung sebuah fondasi adalah salah satu faktor utama dalam perhitungan desain pembangunan sebuah struktur tinggi maupun rendah. Setiap wilayah tertentu memiliki daya dukung tanah yang berbeda-beda berdasarkan area tanah yang akan dibangun. Berbagai macam tanah akan memberikan berbagai macam hasil kekuatan tanah untuk pembangunan struktur.

Tanah ekspansif adalah salah satu macam tanah dimana tanah tersebut memiliki karakteristik kembang dan susut yang drastis berdasarkan kadar air yang terkandung didalamnya. Perubahan dalam kadar air dapat menyebabkan kembang

dan susutnya volume tanah pada wilayah tersebut. Ini merupakan sesuatu yang dapat membahayakan pembangunan struktur serta bangunannya saat selesai pembangunan. Maka, perhitungan khusus harus dilakukan untuk penanganan kondisi tanah ekspansif tersebut agar dapat meningkatkan tingkat keamanan bangunan pada bagian fondasi.

Perhitungan daya dukung serta penurunan yang dihitung secara teoritis dapat dilakukan perbandingan dengan hasil pengecekan lapangan dengan menggunakan alat *Pile Driving Analyzer* (PDA). Alat PDA dapat melakukan pengetesan beban fondasi secara dinamik menggunakan sensor-sensor yang terhubung dengan *hammer*. Dengan demikian, dapat dilakukan analisa perbandingan antara hasil perhitungan manual dengan hasil pelaksanaan tes PDA di lapangan.

Penelitian ini akan membahas perbandingan penurunan fondasi pada salah satu pembangunan struktur di daerah Karawang, Jawa Barat. Perbandingan yang akan dilakukan adalah antara penurunan berdasarkan berbagai metode daya dukung dengan hasil PDA serta hasil perhitungan lanjut PDA yaitu *Case Pile Wave Analysis Program* (CAPWAP). Dengan demikian, dapat diketahui nilai akurasi metode perhitungan yang lebih tinggi dengan hasil lapangan dalam perhitungan penurunan, serta meningkatkan keamanan dan mencegah resiko atau bahaya yang dapat terjadi pada kemudian hari.

Penelitian ini berupa kondisi tanah didapatkan dari hasil boring log pada salah satu proyek pembangunan di daerah Karawang, dan perhitungan daya dukung didapatkan dari hasil *Pile Driving Analyzer* yang dilakukan pada tiang pancang proyek.

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh perbandingan hasil perhitungan penurunan terhadap daya dukung fondasi tiang berdasarkan hasil dari *Pile Driving Analyzer* pada tanah yang terletak di daerah Karawang.

### Daya dukung tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam menahan beban yang diberikan oleh struktur yang dibangun diatas tanah tersebut. Perhitungan daya dukung terdiri dari dua bagian yakni daya dukung ujung tanah dan daya dukung selimut fondasi. Penjumlahan kedua daya dukung akan menghasilkan nilai daya dukung ultimit. Rumus perhitungan daya dukung tanah ultimit dapat dilihat pada Persamaan 1.

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

dengan  $Q_u$  = daya dukung ultimit (ton),  $Q_p$  = daya dukung ujung (ton), dan  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton).

Dalam penelitian ini, perhitungan daya dukung akan dilakukan menggunakan enam metode yang berbeda:

- Metode Meyerhof (Tanah kohesif) dapat dilihat pada Persamaan 2-4.

$$Q_p = 9 \cdot S_u \cdot A_p \quad (2)$$

$$Q_s = p \cdot L \cdot f_{av} \quad (3)$$

$$f_{av} = 0,02P_a(N_{60}) \quad (4)$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton),  $S_u$  = nilai kuat geser *undrained* (ton/m<sup>2</sup>), dan  $A_p$  = luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $P_a$  = tekanan atmosfer (kN/m<sup>2</sup>), dan  $N_{60}$  = nilai rata-rata N-SPT pada selimut tiang (pukulan/30cm).

- Metode Reese & Wright (Tanah lempung) dapat dilihat pada Persamaan 5-7.

$$Q_p = N_c \cdot S_u \cdot A_p \leq 40tsf \quad (5)$$

$$N_c = 6 \cdot \left(1 + \frac{0,2Z}{D_p}\right) \leq 9 \quad (6)$$

$$Q_s = p \cdot L \cdot \alpha \cdot S_u \text{ untuk } N \leq 53 \text{ pukulan/30cm} \quad (7)$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton),  $S_u$  = nilai kuat geser *undrained* (ton/m<sup>2</sup>),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>),  $D_p$  = diameter tiang tunggal (m), dan  $Z$  = kedalaman tiang tunggal (m),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $S_u$  = nilai kuat geser *undrained* (ton/m<sup>2</sup>),  $\alpha$  = faktor daya dukung (0,55), dan  $N$  = nilai N-SPT (pukulan/30cm).

- Metode Decourt dapat dilihat pada Persamaan 8-11.

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (8)$$

$$q_p = K_b \cdot \bar{N}_b \quad (9)$$

$$Q_s = q_s \cdot p \cdot L \tag{10}$$

$$q_s = \alpha(2,8N_{60} + 10) \tag{11}$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ ),  $K_b$  = koefisien tanah dasar menurut Decourt (Tabel 1),  $\bar{N}_b$  = nilai N-SPT rata-rata 8D diatas ujung tiang dan 2D dibawah tiang (pukulan/30cm),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $\alpha = 1$  untuk *non-displacement piles* pada tanah lempung, dan  $N_{60}$  = nilai rata-rata N-SPT pada selimut tiang (pukulan/30cm).

Tabel 1. Koefisien tanah dasar fondasi ( $K_b$ ) menurut Decourt (1995)

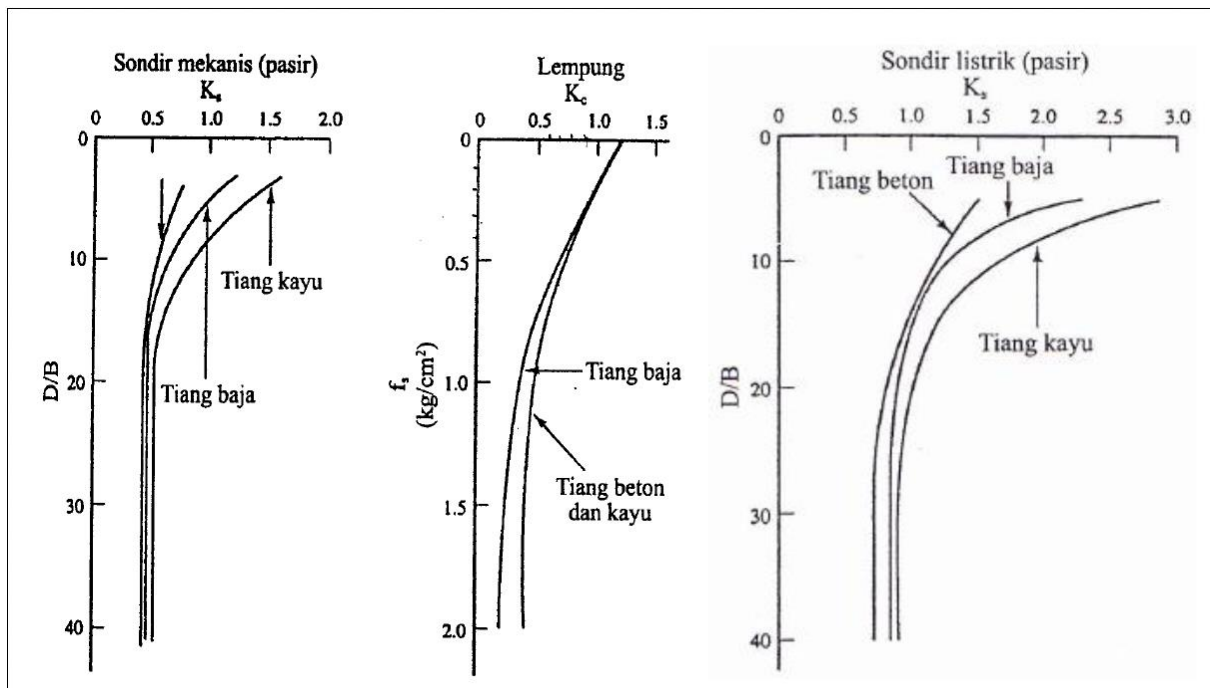
Tipe Tanah	Displacement Piles	Non-Displacement Piles
Pasir	325	165
Lanau Berpasir	205	115
Lanau Berlempung	165	100
Lempung	100	80

- Metode Schmertmann–Nottingham (CPT - Tanah lempung) dapat dilihat pada Persamaan 12-13.

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \cdot A_p \tag{12}$$

$$Q_s = K_{s,c} \left[ \sum_{z=0}^{8D} \frac{Z}{8D} f_s \cdot p \cdot L + \sum_{z=8D}^L f_s \cdot p \cdot L \right] \tag{13}$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ ),  $q_{c1}$  = nilai rata-rata  $q_c$  pada kedalaman  $0,7D - 4D$  dibawah ujung tiang ( $ton/m^2$ ), dan  $q_{c2}$  = nilai rata-rata  $q_c$  dari ujung tiang hingga  $8D$  diatas ujung tiang ( $ton/m^2$ ),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $D$  = diameter tiang (m),  $Z$  = kedalaman tiang (m),  $f_s$  = faktor selimut ( $q_c/20$ ), dan  $K_{s,c}$  = faktor CPT pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai  $K_{s,c}$  untuk metode Nottingham dan Schmertmann (1975)

- Metode Schmertmann (SPT - Tanah lempung dengan plastisitas tinggi) dapat dilihat pada Persamaan 14-15.

$$Q_p = 0.7 N \tag{14}$$



$$Q_s = 0.05 N \cdot p \cdot L \quad (15)$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton), dan  $N$  = nilai N-SPT tahanan ujung (pukulan/30cm),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m), dan  $N$  = nilai rata-rata N-SPT pada selimut tiang (pukulan/30cm).

- Metode deRuiter & Beringen (Tanah lempung) dapat dilihat pada Persamaan 16-17.

$$Q_p = \frac{A_p \cdot N_c \cdot q_{ca}}{N_k} \quad (16)$$

$$Q_s = \frac{\alpha \cdot p \cdot L \cdot q_{ca}}{N_{ks}} \quad (17)$$

dengan  $Q_p$  = daya dukung ujung tiang tunggal (ton),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ ),  $N_c$  = faktor daya dukung (9),  $q_{ca}$  = nilai rata-rata  $q_{c1}$  dan  $q_{c2}$  ( $ton/m^2$ ), dan  $N_k$  = cone factor (15–20),  $Q_s$  = daya dukung selimut (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $\alpha$  = faktor adhesi (1 = konsolidasi normal; 0,5 = konsolidasi berlebihan),  $q_{ca}$  = nilai rata-rata  $q_{c1}$  dan  $q_{c2}$  ( $ton/m^2$ ), dan  $N_{ks}$  = cone factor (15–20).

### Penurunan tanah

Penurunan fondasi dapat terjadi disebabkan oleh desain, dimensi fondasi, dan beban bangunan yang besar sehingga mengakibatkan daya dukung tanah melemah, serta jenis lapisan tanah di bawah fondasi yang menyebabkan penurunan seperti perubahan angka pori dan lainnya. Penurunan tanah total (Persamaan 18) merupakan penambahan tiga komponen perubahan yaitu penurunan penurutan akibat deformasi aksial tiang tunggal (Persamaan 19), penurunan ujung tiang (Persamaan 20), dan penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang tiang (Persamaan 21-22) (Das, 2014).

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (18)$$

$$S_1 = \frac{(Q_p + \xi \cdot Q_s)L}{A_p E_p} \quad (19)$$

$$S_2 = \frac{Q_p \cdot C_p}{D \cdot q_p} \quad (20)$$

$$S_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{p \cdot L}\right) \frac{D}{E} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (21)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (22)$$

dengan  $S$  = penurunan total fondasi tiang (mm),  $S_1$  = penurunan akibat deformasi aksial tiang (mm),  $S_2$  = penurunan ujung tiang (mm), dan  $S_3$  = penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang tiang (mm),  $Q_p$  = beban yang bekerja pada ujung tiang (ton),  $Q_s$  = beban yang bekerja pada gesekan selimut tiang (ton),  $\xi$  = koefisien berdasarkan nilai skin friction distribution (0,5 – 0,67),  $L$  = panjang tiang (m),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ ), dan  $E_p$  = modulus elastisitas tiang ( $ton/m^2$ ), dengan  $Q_p$  = beban yang bekerja pada ujung tiang (ton),  $C_p$  = koefisien empiris (0,02–0,03 untuk tiang pancang pada tanah lempung),  $D$  = diameter tiang (m), dan  $q_p$  = daya dukung batas pada ujung tiang (ton),  $Q_{ws}$  = beban yang bekerja pada gesekan selimut tiang (ton),  $p$  = panjang keliling tiang (m),  $L$  = panjang tiang (m),  $D$  = diameter tiang (m),  $E$  = modulus elastisitas tanah ( $ton/m^2$ ), dan  $\mu_s$  = Poisson's Ratio tanah.

### Penurunan tanah dengan metode davisson

Perhitungan penurun fondasi berdasarkan metode Davisson dapat dilihat pada Persamaan 23.

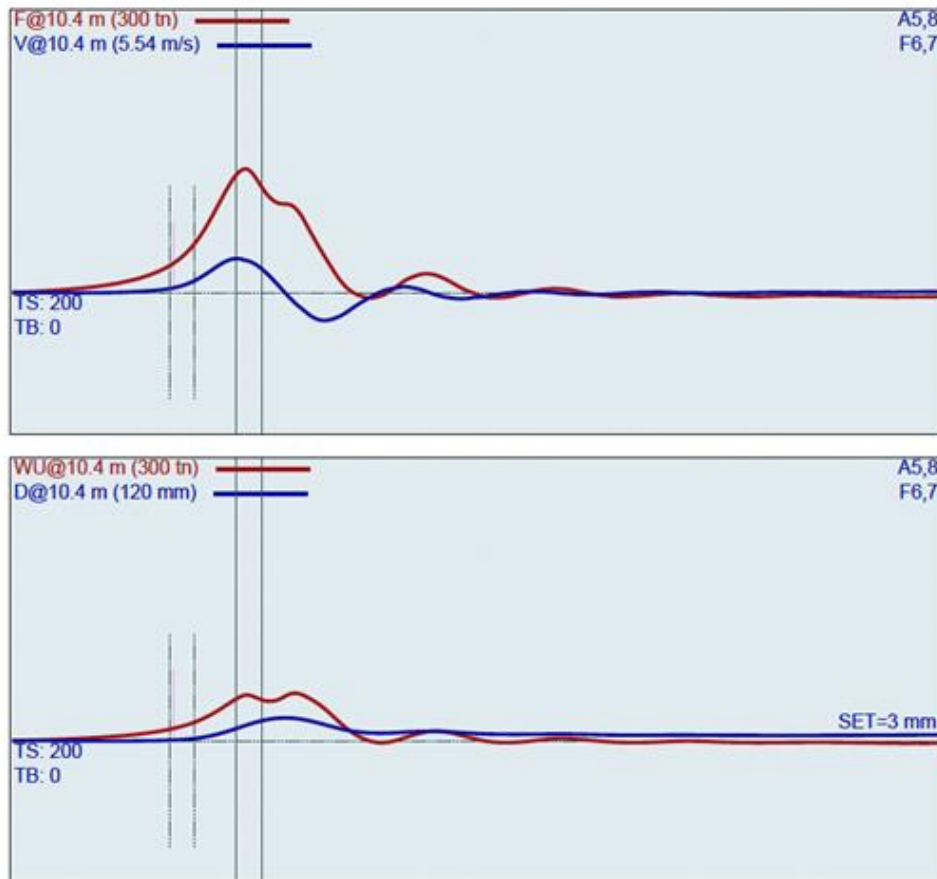
$$\frac{S_e}{Q} = \frac{L}{A_p \cdot E_p} \quad (23)$$

dengan  $S_e$  = penurunan elastis (mm),  $Q$  = beban yang bekerja (ton),  $L$  = panjang tiang (m),  $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ ), dan  $E_p$  = modulus elastisitas tiang ( $ton/m^2$ ).

**Pile driving analyzer**

Pengujian PDA adalah salah satu pengujian dinamis yang dapat dilakukan untuk pengecekan daya dukung ultimate fondasi tiang serta data-data lainnya seperti *displacement* maximum dan *pile integrity*. Perangkat tambahan lain dari alat PDA adalah software Case Pile Wave Analysis Program atau CAPWAP. Contoh hasil pengetesan PDA dapat dilihat pada Gambar 2.

**Pile Driving Analyzer ® (PDA) AR. WELDING W-1288**



**Project Information**

PROJECT:  
 PILE NAME: AR. WELDING W-1288  
 DESC: #SPUN35 #180T #JWDD3.5T#HSI  
 PDA OWNER:  
 SERIAL NUMBER:  
 OPERATOR:  
 FILE:

Blow number 35

**Pile Properties**

LE 10.4 m  
 AR 581.98 cm<sup>2</sup>  
 EM 354 t/cm<sup>2</sup>  
 SP 2.40 t/m<sup>3</sup>  
 WS 3800.0 m/s  
 WC 3781.8 m/s  
 EA/C 54.2 tn-s/m  
 2L/C 5.50 ms  
 JC 0.50  
 LP 9.8 m

**Quantity Results**

CSX 22.0 MPa  
 TSX 1.7 MPa  
 EMX 0.97 tn-m  
 107 tn  
 RSU 105 tn  
 STK 1.7 m  
 DMX 10 mm  
 DFN 3 mm  
 BTA 100.0 %  
 ETH 16.1 %  
 ETR 10.6 %

**Sensors**

A5 (PR): [K11247] 435.698 mv/6.4v/5000g (1) VF6  
 F6 : [T195] 150 PDICAL (1) FF6  
 F7 : [T199] 149 PDICAL (1) FF6  
 A8 (PR): [K11248] 397.25 mv/6.4v/5000g (1) VF6  
 CLIP: OK

Gambar 2. Contoh hasil pengetesan PDA

Tahapan dalam Uji PDA dimulai dari crane untuk mengangkat palu setinggi 1,5 – 2m tegak lurus dengan tiang yang akan diuji, kemudian dijatuhkan. Definisi pembacaan dari kode pengujian PDA serta hasil PDA dapat dilihat pada Tabel 2-3.

Tabel 2. Kode Pengujian PDA

Kode	Keterangan	Unit
BL	Number of Blows	–
LE	Pile Length Under Sensor	m
AR	Pile Area	cm <sup>2</sup>
EM	Pile Modulus	ton/cm <sup>2</sup>
SP	Specific Weight	ton/m <sup>3</sup>
WS	Wave Speed	m/s
WC	Wave Speed with Cracks	m/s
JC	Damping Factor	–
LP	Embedded Length of Pile	m

Tabel 3. Kode Hasil PDA

Kode	Keterangan	Unit
RMX	Maximum Case Method Capacity (JC)	ton
RSU	Capacity Including Unloading (JC)	ton
CSX	Maximum Compression Stress	MPa
TSX	Maximum Tension Stress	MPa
EMX	Maximum Energy	ton-m
STK	Hammer Stroke	m
ETH	Energy Transfer Ratio – Stroke or Drop Height	%
ETR	Energy Transfer Ratio – Rated	%
DMX	Maximum Displacement	mm
DFN	Final Displacement	mm
BTA	Pile Integrity	%
RU	Total Capacity	ton
SF	Shaft Capacity	ton
EB	Toe Capacity	ton

## 2. METODE PENELITIAN

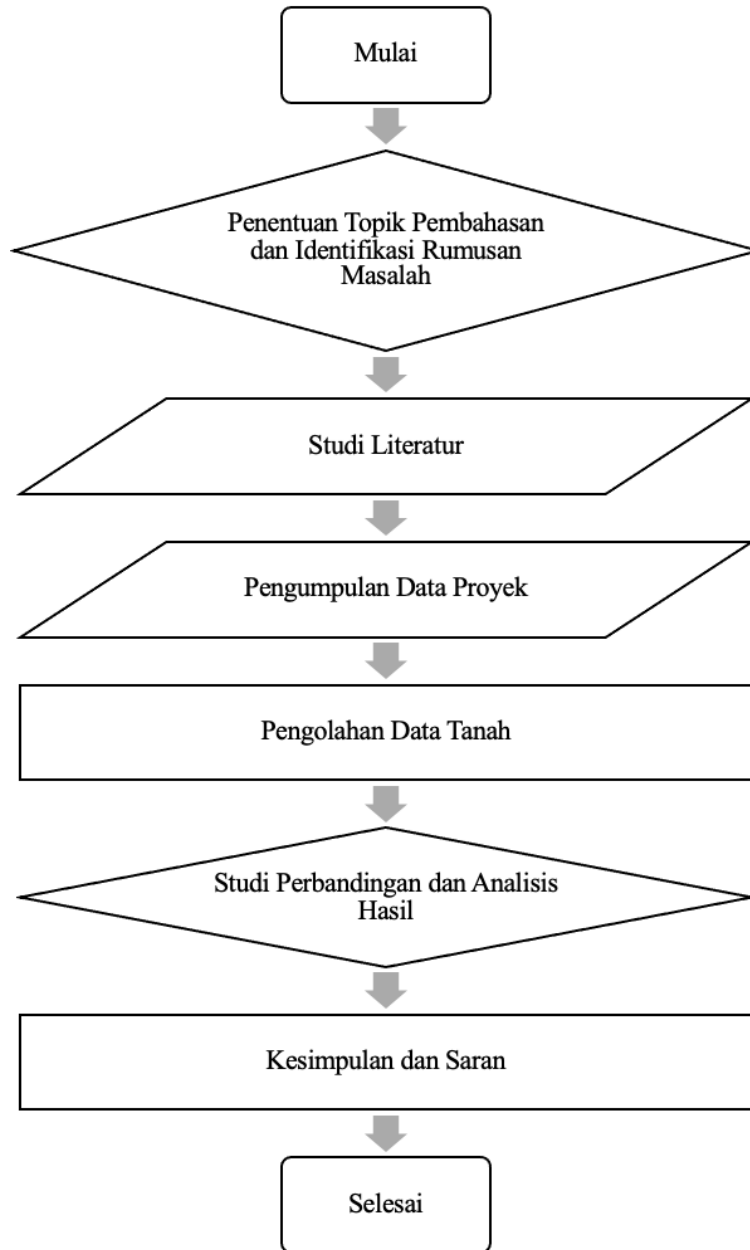
Metode penelitian yang akan dilakukan dan alur penyusunan jurnal ini akan dibahas pada bab ini. Diagram alir untuk tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Penjelasan alur diagram tersebut adalah sebagai berikut:

- Jurnal penelitian dimulai dengan penentuan topik pembahasan dan identifikasi rumusan masalah yang akan dijabarkan pada penelitian.
- Dilanjutkan dengan mengumpulkan referensi-referensi mengenai topik penelitian dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan lainnya.
- Lalu pengumpulan data penelitian dilakukan. Data penelitian berupa data pengujian tanah proyek yang akan diteliti pada penelitian.
- Kemudian, data pengujian tanah diolah menggunakan rumus dan grafik empiris untuk mendapatkan rekapitulasi parameter tanah yang akan digunakan untuk penelitian.
- Selanjutnya, perhitungan daya dukung serta penurunan tanah pada struktur fondasi dilakukan berdasarkan rekapitulasi parameter yang tersedia.
- Hasil perhitungan manual akan dibandingkan tingkat akurasinya terhadap nilai yang didapat dari pengetesan lapangan yang dilakukan.
- Setelah diperoleh hasil perbandingan dan analisis penurunan yang terjadi, lalu akan dirangkum kesimpulan dan saran untuk penelitian yang akan datang.

### Parameter tanah

Berdasarkan data boring log sebanyak 12 titik, data uji sondir sebanyak 38 titik, serta data pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap 24 sampel tanah dari 12 titik bor, didapat hasil rangkuman data parameter tanah yang akan digunakan untuk perhitungan penelitian. Nilai-nilai parameter tanah yang diperoleh berdasarkan pengujian data

laboratorium, pengujian lapangan, dan perhitungan menggunakan rumus empiris selanjutnya digambar menjadi grafik-grafik parameter tanah agar dapat nilai rata-rata parameter tanah yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Rangkuman parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Tabel 4. Rangkuman parameter tanah

Lapisan	Elevasi Lapisan Tanah		Jenis Tanah	N-SPT (Pukulan/30cm)	$\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$w_n$ (%)	$e_0$	$S_u$ (kPa)	$C_c$	$C_s$
	Atas	Bawah								
1	0	4,5	Clay	9	16	40	1,04	70	0,35	0,15
2	4,5	7	Clay	18	17	40	1,04	150	0,35	0,15
3	7	8,5	Clay	30	18	40	1,04	305	0,35	0,15
4	8,5	11,5	Clay	47	18	40	1,04	450	0,35	0,15

Tabel 4. Rangkuman parameter tanah (lanjutan)

Lapisan	Elevasi Lapisan Tanah		PL (%)	LL (%)	PI (%)	Pc' (kPa)	Po' (kPa)	OCR	$\phi$ (°)
	Atas	Bawah							
1	0	4,5	28	72	43	400	50	2	25,5
2	4,5	7	28	72	43	1300	70	0,5	25
3	7	8,5	28	72	43	2900	82	1	25
4	8,5	11,5	28	72	43	4700	110	1	25

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perhitungan daya dukung dan penurunan tanah

Data tanah yang telah didapat dari 12 titik boring log untuk data pengujian lapangan, 24 sampel tanah untuk data pengujian laboratorium, dan 38 titik data sondir dari lokasi proyek dilanjutkan untuk pengolahan data rekapitulasi parameter tanah. Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya dukung fondasi menggunakan enam metode perhitungan manual yakni metode Meyerhof, Reese & Wright, Decourt, Schmertmann-Nottingham (CPT), Schmertmann (SPT), serta metode deRuiter & Beringen. Hasil perhitungan daya dukung dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil daya dukung perhitungan manual

Kedalaman (m)	Daya Dukung Ultimit					
	Meyerhof (ton)	Reese & Wright (ton)	Decourt (ton)	Schmertmann-Nottingham (ton)	Schmertmann (SPT) (ton)	deRuiter & Beringen (ton)
9,8	85,59	126,18	100,76	119,96	144,09	113,54
10	87,69	131,78	105,20	121,50	149,26	116,16

Berikutnya, perhitungan penurunan tanah akibat fondasi digunakan rumus metode semi-empiris, dan metode Davisson. Hasil perhitungan kedua metode perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penurunan perhitungan manual

Nama Tiang	Stotal	
	Metode Semi-Empiris (mm)	Metode Davisson (mm)
W-1288	9,99	12
W-1623	14,33	12,06

#### Hasil PDA dan CAPWAP

Data pengesanan daya dukung tanah dan penurunan yang dihasilkan oleh pengujian PDA serta analisa lebih lanjut menggunakan aplikasi CAPWAP dapat dilihat pada Tabel 7-8.

Tabel 7. Hasil daya dukung PDA dan CAPWAP

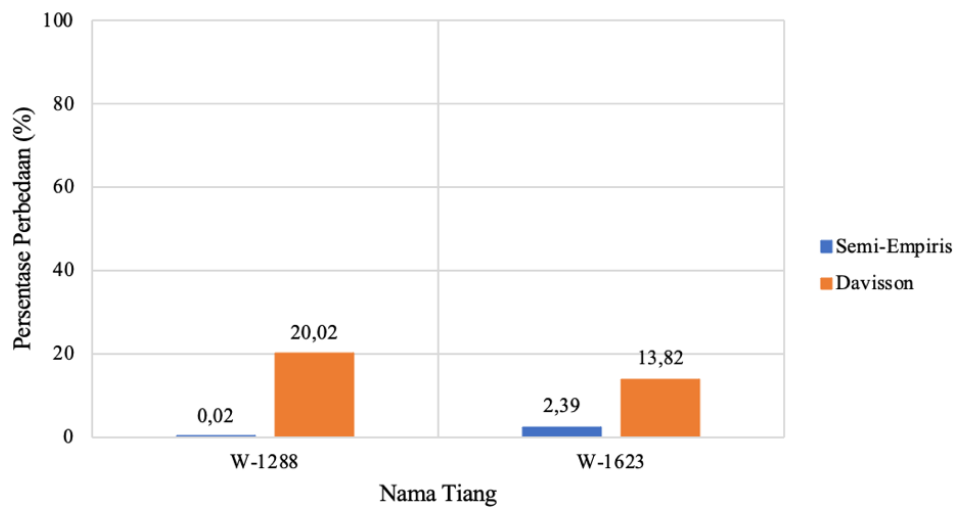
Nama Tiang	Diameter Tiang (m)	Panjang Tiang (m)	Berat Hammer (ton)	PDA	CAPWAP		
				Daya Dukung Ultimit (ton)	Daya Dukung Ujung (ton)	Daya Dukung Selimut (ton)	Daya Dukung Ultimit (ton)
W-1288	0,35	9,8	3,5	107	40,16	66,69	106,85
W-1623	0,35	10	5,5	105	35,18	70,83	106,01

Tabel 8. Hasil penurunan PDA

Nama Tiang	Perpindahan Maksimum	Perpindahan Final
	DMX (mm)	DFN (mm)
W-1288	10	3
W-1623	14	7

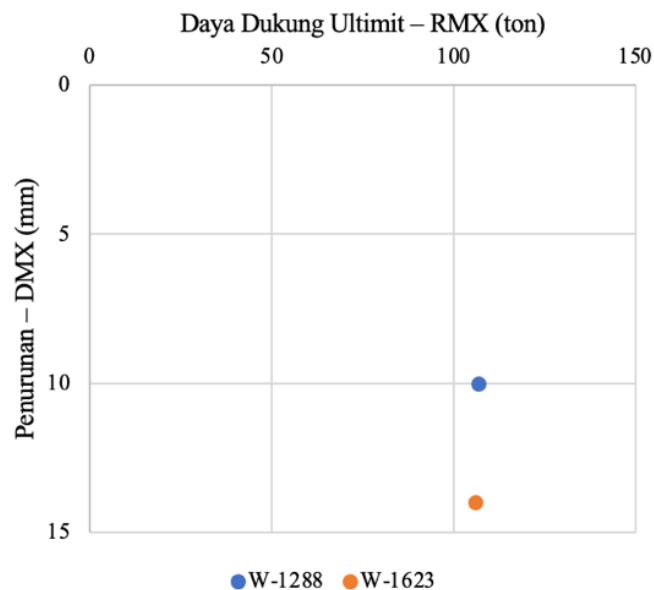
**Perbandingan dan analisis hasil**

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung dan penurunan yang dilakukan secara manual dan secara pengetesan lapangan (PDA & CAPWAP), didapatkan hasil perbedaan perhitungan penurunan menggunakan metode semi-empiris, metode Davisson dengan hasil dari pengetesan PDA. Grafik perbandingan perhitungan dalam persentase bisa dilihat pada Gambar 4. Perbedaan perhitungan penurunan berdasarkan metode semi-empiris adalah 0,02% untuk tiang W-1288, dan 2,39% untuk tiang W-1623. Sedangkan untuk metode Davisson, perbedaan perhitungan penurunan adalah 20,02% untuk tiang W-1288, dan 13,82% untuk tiang W-1623.



Gambar 4. Persentase perbedaan perhitungan penurunan tanah terhadap hasil PDA

Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara hubungan nilai daya dukung ultimit (RMX) terhadap nilai penurunan maksimum (DMX). Berdasarkan grafik RMX vs DMX pada Gambar 5, hasil penurunan tidak memiliki korelasi dengan nilai daya dukung ultimit dikarenakan terdapat faktor perbedaan parameter tanah pada setiap tiang yang diuji.



Gambar 5. Grafik nilai daya dukung ultimit dengan nilai penurunan maksimum

#### 4. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

- Hasil perhitungan daya dukung paling mendekati dengan hasil pengetesan PDA dan CAPWAP untuk tiang W-1288 adalah metode deRuitter & Beringen. Sedangkan, untuk tiang W-1623 adalah metode Decourt.
- Hasil perhitungan daya dukung paling menjauh dengan hasil pengetesan PDA dan CAPWAP untuk tiang W-1288 dan tiang W-1623 adalah metode Schmertmann (SPT).
- Hasil perhitungan penurunan yang mendekati dengan hasil pengetesan PDA adalah metode perhitungan semi-empiris.
- Berdasarkan grafik RMX vs DMX, hasil penurunan tidak memiliki korelasi yang jelas dengan nilai daya dukung ultimit dikarenakan terdapat faktor perbedaan parameter tanah pada setiap tiang yang diuji.
- Berdasarkan perhitungan dan pengujian penurunan maksimum, nilai hasil penurunan dibawah batas izin maksimum penurunan (25mm).

##### DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2014). *Principle of foundation engineering* (edisi 8). Cengage Learning.
- Décourt, L. (1995). *Prediction of load-settlement relationships for foundations on the basis of the SPT- T*. Ciclo de Conferencias Internacionales, Leonardo Zeevaert, UNAM, Mexico.
- Nottingham, L., & Schmertmann, J. (1975). *An investigation of pile capacity design procedures*. Final Report D629 to Florida Department of Transportation, Department of Civil Engineering, University of Florida.