

**PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE *RIGID
INCLUSION* DENGAN MATERIAL MODEL TANAH *MOHR-
COULOMB* DAN *HARDENING SOIL* PADA PROYEK JALAN
TOL**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Program
Studi Teknik Sipil*



Oleh:

David Harly Rizky Prabudhi

1905546

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

**PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE RIGID INCLUSION
DENGAN MATERIAL MODEL TANAH MOHR-COULOMB DAN
HARDENING SOIL PADA PROYEK JALAN TOL**

Oleh:

David Harly Rizky Prabudhi

Sebuah tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© David Harly Rizky Prabudhi

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Tugas akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE RIGID INCLUSION
DENGAN MATERIAL MODEL TANAH MOHR-COULOMB DAN
HARDENING SOIL PADA PROYEK JALAN TOL**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

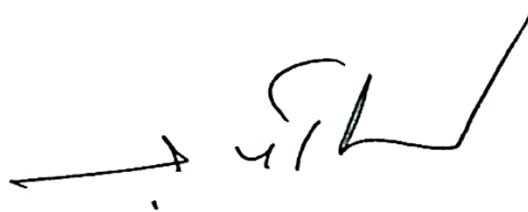


Dr. Ir. Herwan Dermawan, S.T., M.T., ASEAN.Eng

NIP. 19800128 200812 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. T. Ir. Juang Akbardin, ST., MT., IPM

NIP. 19770307 200812 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**Perbaikan Tanah Menggunakan Metode *Rigid Inclusion* dengan Material Model Tanah *Mohr-Coulomb* dan *Hardening Soil* Pada Proyek Jalan Tol**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam Masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Pembuat Pernyataan



David Harly Rizky Prabudhi

NIM. 1905546

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Yang Maha Esa Allah SWT yang selalu memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perbaikan Tanah Menggunakan Metode *Rigid Inclusion* dengan Material Model Tanah *Mohr-Coulomb* dan *Hardening Soil* Pada Proyek Jalan Tol” ini. Laporan ini diajukan penulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Departemen Pendidikan Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat banyak pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun secara tidak langsung, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. Herwan Dermawan, S.T., M.T. ASEAN. Eng. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir yang telah membimbing serta memberikan saran dan masukan kepada penulis.
- 2) Bapak K. M. Abuhuroyroch, S.T., M.T., selaku pembimbing yang berasal dari BUT Menard Geosystem yang juga telah membimbing serta memberikan saran dan masukan kepada penulis.
- 3) Bapak Dr. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia.
- 4) Orang Tua dan Kakak Kandung penulis, yang telah memberikan dukungan berupa materil maupun non-materil.
- 5) Noviya Rhamadita, yang telah memberikan dukungan dalam bentuk semangat secara langsung maupun tidak langsung.
- 6) Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini bukanlah karya yang sempurna karena masih memiliki banyak kekurangan, baik dalam hal isi maupun sistematika dan teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan

saran yang membangun demi kesempunaan tugas ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Bandung, 24 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'D' followed by a series of horizontal and diagonal strokes.

David Harly Rizky Prabudhi

**PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE RIGID INCLUSION
DENGAN MATERIAL MODEL TANAH MOHR-COULOMB DAN
HARDENING SOIL PADA PROYEK JALAN TOL**

David Harly Rizky Prabudhi¹, Herwan Dermawan²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri,
Universitas Pendidikan Indonesia

e-mail: davidharlyrp@upi.edu¹, herwand@yahoo.com²

ABSTRAK

Penelitian ini membahas penerapan metode Full Displacement Column pada perbaikan tanah dalam proyek konstruksi Jalan Tol. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas metode Full Displacement Column dalam meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi penurunan tanah, serta membandingkan hasil pemodelan menggunakan model material Mohr-Coulomb dan Hardening Soil. Pemodelan numeris dilakukan dengan perangkat lunak Plaxis 2D, yang mensimulasikan kondisi plane strain dan axisymmetric. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model material Hardening Soil lebih akurat dalam memprediksi penurunan tanah dibandingkan model Mohr-Coulomb. Implementasi Full Displacement Column secara signifikan meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah, serta memberikan respons yang baik terhadap beban dinamis seperti gempa. Pemodelan axisymmetric juga memberikan hasil yang lebih realistis dibandingkan plane strain dalam kasus ini. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pemilihan model material dan parameter tanah yang tepat untuk analisis geoteknik yang lebih akurat. Rekomendasi termasuk penggunaan model Hardening Soil untuk kondisi tanah serupa dan pentingnya melakukan analisis balik jika terdapat perbedaan dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

Kata kunci: Perbaikan Tanah, *Full Displacement Column*, *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil*, Penurunan

**SOIL IMPROVEMENT USING RIGID INCLUSION METHOD WITH
MOHR-COULOMB SOIL MATERIAL MODEL AND HARDENING SOIL
IN HIGHWAY PROJECT**

David Harly Rizky Prabudhi¹, Herwan Dermawan²

Civil Engineering Study Program, Faculty of Technic and Industry

Education, Indonesia University of Education

e-mail: davidharlyrp@upi.edu¹, herwand@yahoo.com²

ABSTRACT

This study discusses the application of the Full Displacement Column method for soil improvement in a highway construction project. The main objective of this research is to evaluate the effectiveness of the Full Displacement Column method in enhancing soil bearing capacity and reducing settlement, as well as to compare modeling results using the Mohr-Coulomb and Hardening Soil material models. Numerical modeling was performed using Plaxis 2D software, simulating both plane strain and axisymmetric conditions. The results indicate that the Hardening Soil material model is more accurate in predicting soil settlement compared to the Mohr-Coulomb model. The implementation of Full Displacement Columns significantly enhances soil bearing capacity and stability and provides a good response to dynamic loads such as earthquakes. The axisymmetric modeling also yields more realistic results than plane strain in this case. This research highlights the importance of selecting appropriate material models and accurate soil parameters for more precise geotechnical analysis. Recommendations include the use of the Hardening Soil model for similar soil conditions and the necessity of performing back analysis if there are discrepancies with actual field conditions.

Keywords: Soil Improvement, Full Displacement Column, Mohr-Coulomb, Hardening Soil, Settlement

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Struktur Organisasi Penelitian	5
BAB II	7
2.1 Perbaikan Tanah	7
2.1.1 Pengertian perbaikan tanah	7
2.1.2 Jenis-jenis perbaikan tanah	7
2.2 Metode Perbaikan Tanah Menggunakan Rigid Inclusion	13
2.2.1 Pengertian <i>rigid inclusion</i>	13
2.2.2 Prinsip kerja <i>rigid inclusion</i> menggunakan FDC	15
2.2.3 Tahapan instalasi FDC	16
2.3 Metode Perhitungan Daya Dukung Tiang	17

2.3.1 Metode <i>Mayerhof</i> (1956)	19
2.3.2 Metode <i>Décourt-Quaresma</i> (1982).....	23
2.3.3 Metode <i>Schmertmann</i> (1967).....	25
2.4 Perencanaan Desain Full Displacement Columns	26
2.4.1 Diameter dan jarak FDC	26
2.4.2 <i>Area Replacement Ratio</i>	27
2.4.3 Kedalaman FDC.....	28
2.4.4 Perkuatan FDC.....	28
2.4.5 Ketebalan LTP	30
2.4.6 Penggunaan Geosintetik.....	30
2.5 Penurunan Tiang	31
2.5.1 Penurunan Seketika.....	31
2.5.2 Penurunan Konsolidasi Tiang	31
2.5.3 Metode Ekuivalen <i>Pier</i> pada <i>Piled Raft</i>	31
2.6 Kelas Situs.....	33
2.6.1 Kecepatan rata-rata gelombang geser (v_s).....	35
2.6.2 Tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata (N_{spt}) dan tahanan penetrasi standar rata-rata untuk lapisan tanah non-kohefif ($N_{spt\ ch}$).....	35
2.6.3 Kuat geser niralir (S_u).....	35
2.7 Desain Seismik.....	35
2.8 Pemodelan Numeris Plane-Strain dan Axisymmetric.....	37
2.9 Software Plaxis 2D.....	38
2.9.1 <i>Mohr-Coulomb Model</i>	39
2.9.2 <i>Hardening Soil Model</i>	40
BAB III	41
3.1 Desain Penelitian.....	41

3.2 Tempat Penelitian.....	41
3.3 Pengumpulan Data	42
3.4 Prosedur Penelitian.....	48
3.5 Analisis Data	55
BAB IV	56
4.1 Penentuan Kelas Situs	56
4.2 Penentuan Desain Seismik	58
4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang.....	59
4.3.1 Metode <i>Mayerhof</i> (1956)	60
4.3.2 Metode <i>Decourt-Quaresma</i> (1982).....	63
4.3.3 Metode <i>Schmertmann</i> (1967).....	64
4.4 Parameter Desain Plaxis.....	67
4.4.1 Parameter Desain FDC.....	67
4.4.2 Parameter Desain Geogrid	68
4.4.3 Parameter Desain Tanah	69
4.4.4 Parameter Desain Improved Soil	72
4.5 Analisis Penurunan dan Stabilitas Tanpa Perkuatan Dengan Pemodelan Numeris.....	74
4.6 Analisis Penurunan dan Stabilitas Menggunakan Pemodelann Numeris Dengan <i>Plane-Strain</i>	76
4.7 Perbandingan Penurunan dan Stabilitas Tanpa Perkuatan dan Setelah Menggunakan Perkuatan FDC	79
4.8 Analisis Penurunan Menggunakan Pemodelann Numeris dengan <i>Axisymmetric</i>	81
4.8.1 <i>Mohr-Coulomb</i>	83
4.8.2 <i>Hardening Soil</i>	84
4.9 Analisis Perbandingan Penurunan <i>Plane-Strain</i> dan <i>Axisymmetric</i>	86

4.10 Analisis Perkuatan Full Displacement Column	88
4.11 Analisis <i>Plate Loading Test</i> Menggunakan Plaxis 2D.....	90
4.12 Analisis Perbandingan Penurunan dan Daya Dukung	92
4.13 Analisis Perbandingan Penurunan PLT Secara Back Analysis.....	96
BAB V.....	100
5.1 Simpulan	100
5.2 Implikasi dan Rekomendasi	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai K dan δ pada tanah pasir (<i>Tomlinson, 1986</i>).....	22
Tabel 2.2. Koefisien dasar tiang, α (<i>Cintra, J.C.A., Aoki, N, 1999</i>).....	24
Tabel 2.3. Nilai karakteristik tanah (<i>Cintra, J.C.A., Aoki, N, 1999</i>).....	24
Tabel 2.4. Koefisien sekeliling tiang, β (<i>Cintra, J.C.A., Aoki, N, 1999</i>)	25
Tabel 2.5. Nilai gesekan untuk desain pondasi (<i>Schmertmann, 1967</i>)	26
Tabel 2.6. Parameter dan metode pengujian dalam penentuan parameter kelas situs	33
Tabel 2.7. Klasifikasi Situs	34
Tabel 2.8. Koefisien Situs, F_{PGA}	36
Tabel 3.1. Data Bor Log BH-23.....	44
Tabel 3.2. Data Bor Log BH-24.....	45
Tabel 3.3. Parameter Design	47
Tabel 4.1. Perhitungan Kelas Situs BH-23	56
Tabel 4.2. Perhitungan Kelas Situs BH-24	57
Tabel 4.3. Koefisien Situs, F_{PGA}	58
Tabel 4.4. Data Tanah pada perhitungan daya dukung.....	60
Tabel 4.5. Rekap Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (<i>Mayerhof</i>).....	62
Tabel 4.6. Rekap Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (<i>Decourt-Quaresma</i>)	64
Tabel 4.7. Rekap Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (<i>Schmertmann</i>)	65
Tabel 4.8. Rekapitulasi daya dukung izin tiang	66
Tabel 4.9. Parameter Desain FDC	68
Tabel 4.10. Parameter Desain Geogrid	69
Tabel 4.11. Parameter Desain Tanah (<i>Mohr-Coulomb</i>).....	69
Tabel 4.12. Parameter Desain Tanah (<i>Hardening Soil</i>).....	70
Tabel 4.13. Parameter Desain Improved Soil (<i>Mohr-Coulomb</i>).....	73
Tabel 4.14. Parameter Desain Improved Soil (<i>Hardening Soil</i>)	74
Tabel 4.15. Penurunan Tanpa Perkutan	75
Tabel 4.16. <i>Staged Construction</i> Pada Pemodelan <i>Plane-strain</i>	77
Tabel 4.17. Rekapitulasi Pemodelan <i>Plane-Strain</i>	77

Tabel 4.18. Perbandingan Stabilitas dan Penurunan Tanpa Perkuatan dan Dengan FDC (MC)	79
Tabel 4.19. Perbandingan Stabilitas dan Penurunan Tanpa Perkuatan dan Dengan FDC (HS)	80
Tabel 4.20. <i>Staged Construction</i> Pada Pemodelan <i>Axisymmetric</i>	81
Tabel 4.21. Rekapitulasi Pemodelan <i>Axisymmetric</i>	85
Tabel 4.22. Perbandingan Penurunan Plane-Strain dan <i>Axisymmetric</i>	86
Tabel 4.23. Tabel Rekapitulasi Pembebanan Terhadap Penurunan.....	91
Tabel 4.24. Tabel Perbandingan Penurunan Berdasarkan Pembebanan	93
Tabel 4.25. Perbandingan Daya Dukung Serta Penurunan	94
Tabel 4.26. Persentase Perbedaan Daya Dukung dan Penurunan	94
Tabel 4.27. Parameter Kekakuan Desain Awal	97
Tabel 4.28. Parameter Kekakuan Desain Baru	97
Tabel 4.29. Perbandingan Penurunan Parameter Awal dan Parameter Baru.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pemadatan tanah menggunakan <i>Vibro-Roller</i>	8
Gambar 2.2. Percepatan konsolidasi menggunakan PVD.....	9
Gambar 2.3. Dewatering	9
Gambar 2.4. Penggalian dan penggantian tanah	10
Gambar 2.5. Teknik <i>inclusions</i>	11
Gambar 2.6. Teknik <i>vibrofloatation</i>	11
Gambar 2.7. Teknik <i>compaction grouting</i>	12
Gambar 2.8. Teknik <i>dynamic compaction</i>	12
Gambar 2.9. Teknik <i>vibro replacement</i> menggunakan <i>stone column</i>	13
Gambar 2.10. Perbaikan menggunakan <i>rigid inclusion</i>	14
Gambar 2.11. Cara kerja <i>Load Transfer Platform</i>	15
Gambar 2.12. Mata bor Auger	15
Gambar 2.13. Tahapan instalasi FDC	17
Gambar 2.14. Korelasi nilai SPT terhadap tahanan ujung ultimit	21
Gambar 2.15. Grafik α terhadap Cu	23
Gambar 2.16. <i>Layout</i> FDC	27
Gambar 2.17. Area Replacement Ratio.....	28
Gambar 2.18. <i>Tranverse</i> dan <i>longitudinal layout</i> penggunaan geosintetik	30
Gambar 2.19. Metode Ekuivalen Tiang	32
Gambar 2.20. Contoh peta percepatan tanah puncak Indonesia	37
Gambar 2.21. <i>Axisymmetric</i> (a) dan <i>Plane-Strain</i> (b).....	37
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian	42
Gambar 3.2. Layout Lokasi Penelitian.....	42
Gambar 3.3. Potongan Melintang Rencana.....	43
Gambar 3.4. Plot Grafik BH-23 dan BH-24	46
Gambar 3.5. Stratifikasi Tanah	46
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian	55
Gambar 4.1. Lokasi penelitian pada peta gempa Indonesia.....	58
Gambar 4.2. Plotting nilai Cu pada lapisan 1	61
Gambar 4.3. Lokasi Top dan Bottom Timbunan	74

Gambar 4.4. Faktor Keamanan Tanpa Perkuatan	75
Gambar 4.5. Penurunan Maksimum Tanpa Perkuatan	75
Gambar 4.6. Bidang gelincir tanpa menggunakan FDC	76
Gambar 4.7. Geometri Plaxis dengan pemodelan <i>plane-strain</i>	76
Gambar 4.8. Faktor Keamanan Dengan Menggunakan FDC	78
Gambar 4.9. Penurunan Menggunakan Perkuatan FDC	78
Gambar 4.10. Perbandingan Faktor Keamanan Tanpa Perkuatan dan Dengan FDC	80
Gambar 4.11. Perbandingan Penurunan Tanpa Perkuatan dan Dengan FDC.....	81
Gambar 4.12. Geometri Plaxis dengan pemodelan <i>axisymmetric</i>	82
Gambar 4.13. Penurunan Konstruksi <i>Axisymmetric (Mohr-Coulomb)</i>	83
Gambar 4.14. Penurunan Operasional <i>Axisymmetric (Mohr-Coulomb)</i>	83
Gambar 4.15. Tegangan maksimum pada FDC (<i>Mohr-Coulomb</i>)	84
Gambar 4.16. Penurunan Konstruksi <i>Axisymmetric (Hardening Soil)</i>	84
Gambar 4.17. Penurunan Operasional <i>Axisymmetric (Hardening Soil)</i>	85
Gambar 4.18. Tegangan maksimum pada FDC (<i>Hardening Soil</i>).....	85
Gambar 4.19. Penurunan <i>Axisymmetric</i>	86
Gambar 4.20. Penurunan Maksimum (<i>Mohr-Coulomb</i>).....	87
Gambar 4.21. Penurunan Maksimum (<i>Hardening Soil</i>).....	87
Gambar 4.22. Perbandingan Penurunan Antara Setiap Model	88
Gambar 4.23. Output Gaya Aksial Maksimum.....	88
Gambar 4.24. Output Bending Momen Maksimum	89
Gambar 4.25. Skema Pembebanan Pada Plaxis 2D	91
Gambar 4.26. Grafik <i>Load vs Settlement (Mohr-Coulomb)</i>	92
Gambar 4.27 Grafik <i>Load vs Settlement (Hardening Soil)</i>	92
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan <i>Load vs Settlement</i>	93
Gambar 4.29. Perbandingan Penurunan Parameter Awal dan Baru (MC)	98
Gambar 4.30. Perbandingan Penurunan Parameter Awal dan Baru (HS).....	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bidang Gelincir Tanpa Perkuatan (<i>Hardening Soil</i>)	106
Lampiran 2 Penurunan Tanpa Perkuatan (<i>Mohr-Coulomb</i>).....	107
Lampiran 3 Penurunan Tanpa Perkuatan (<i>Hardening Soil</i>).....	108
Lampiran 4 Penurunan <i>Short-Term Plane-Strain (Mohr-Coulomb)</i>	109
Lampiran 5 Penurunan <i>Long-Term Plane-Strain (Mohr-Coulomb)</i>	110
Lampiran 6 Penurunan <i>Earthquake Plane-Strain (Mohr-Coulomb)</i>	111
Lampiran 7 Penurunan <i>Short-Term Plane-Strain (Hardening Soil)</i>	112
Lampiran 8 Penurunan <i>Long-Term Plane-Strain (Hardening Soil)</i>	113
Lampiran 9 Penurunan <i>Earthquake Plane-Strain (Hardening Soil)</i>	114
Lampiran 10 Gaya Axial Maksimum.....	115
Lampiran 11 Momen Maksimum.....	116

DAFTAR PUSTAKA

- ASIRI National Project. (2017). *Recommendations for the design, construction and control of rigid inclusion ground improvement*. PONTES CHAUSSEES.
- Bouazza, A., Aissa, A. B., Abd El Halim, A. O., & Bouafia, A. (2021). Experimental characterization of the impact of particle breakage on the cyclic behaviour of sand in drained triaxial test. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 143.
- Cintra, J. C., & Aoki, N. (1999). Carga admissível em fundações profundas. *EESC/USP*.
- Das, B. M. (2008). *Advanced Soil Mechanics*. New York: Taylor & Francis.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Australia: Cengage Learning.
- Decourt, L., & Quaresma, A. R. (1982). Como calcular (rapidamente) a capacidade de carga limite de uma estaca. São Paulo: A construção.
- Fu, Y., He, S., Zhang, S., & Yang, Y. (2020). Parameter Analysis on Hardening Soil Model of Soft Soil for Foundation Pits Based on Shear Rates in Shenzhen Bay, China. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020(1).
- Han, J. (2015). *Principles And Practice of Ground Improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indraratna, B., Sathanathan, I., Rujikiatkamjorn, C., & Balasubramaniam, A. (2005). Analytical and Numerical Modeling of Soft Soil. *International Journal of Geomechanics*, 5(2), 114.
- Panguriseng, D. (2018). *Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ.

- Paz, M., Ktenidou, O.-J., & Cotton, F. (2021). Recent Advances and Challenges in Ground Motion Prediction Model for Europe. *Journal of Earthquake Engineering*, 825-847.
- Rahardjo, P. P. (2000). *Manual Pondasi Tiang*. Bandung: Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UNPAR.
- Rosso, V., Verzeni, G., Rota, M., & Simonini, P. (2021). Seismic Response of Soft Undrained Clays: Experimental Investigation and Numerical Simulation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.
- Ryan Rahmat Setiaji, P. U. (2018). A New Breakthrough – Application of Control Modulus Column for Settlement and Stability Control under Soft Soil and High Embankment Load at Pemalang-Batang Toll Road. *20th SEAGC -3rd AGSSEA Conference in conjunction with 22nd Annual Indonesian National Conference on Geotechnical Engineering*, (pp. 582-591). Jakarta.
- Sandhya Rani. R., N. P. (2014). Applicability of Mohr Coulomb & Drucker-Prager Model For Assessment Of Undrained Shear Behaviour Of Clayey Soils. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 104-123.
- Sundari, R. F., Roesyanto, Hasibuan, G. C., & Surbakti, R. (2024). ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL BORED PILE Ø 80 CM DENGAN MENGGUNAKAN UJI BEBAN STATIK DAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA PADA PROYEK MENARA BRI – MEDAN. *Jurnal Ilmiah Indonesia*.
- Surarak, C., Likitlersuang, S., Wanatowski, D., Balasubramaniam, A., Oh, E., & Guan, H. (2012). Stiffness and strength parameters for hardening soil model of soft and stiff Bangkok clays. *Soils and Foundations*, 682-697.
- Suwarno, & Luthfi Amri Wicaksono. (2021). Sistem Pondasi Tiang Bor Yang Ramah Lingkungan. *Inovasi Teknologi dan Material Terbarukan Menuju Infrastruktur Yang Aman Terhadap Bencana dan Ramah Lingkungan* (p. 417). Surakarta: CEEDRiMS.

- Tomlinson, M. J. (1994). *Pile design and construction* (4 ed.). London: E. and F.N. Spon.
- Van Eekelen, S. J., & Bezuijen, A. (2008). DESIGN OF PILED EMBANKMENTS, CONSIDERING THE BASIC STARTING POINTS OF THE . *EuroGeo4*.
- Vesic, A. S. (1977). *Design of Pile Foundations*. Washington, D.C.: National Cooperative Highway Research Program 42.
- Yani, D. S. (2021). *Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data Spt Dan Sondir Dengan Metode Décourt-Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 Dan LCPC 1982*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.