

SKRIPSI

PENENTUAN PARAMETER DDC PILE (*DOWN HOLE DEEP COMPACTION*) DENGAN MEMPERGUNAKAN *BACK ANALYSIS* PADA STUDI KASUS DHOHO INTERNATIONAL AIRPORT, KEDIRI



**BEN HARDI AGUSTO SINUHADJI
NPM : 2016410182**

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

KO - PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021**

SKRIPSI
**PENENTUAN PARAMETER DDC PILE (*DOWN HOLE DEEP
COMPACTION*) DENGAN MEMPERGUNAKAN *BACK ANALYSIS*
PADA STUDI KASUS DHOHO INTERNATIONAL AIRPORT,
KEDIRI**



NAMA: BEN HARDI AGUSTO SINUHADJI
NPM: 2016410182

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

**KO-
PEMBIMBING:** Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

PENGUJI 1: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D

PENGUJI 2: Siska Rustiani, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Ben Hardi Augusto Sinuhadji

NPM : 2016410182

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tesis~~ / ~~disertasi~~*) dengan judul:

PENENTUAN PARAMETER DDC PILE (*DOWN HOLE DEEP COMPACTION*) DENGAN MEMPERGUNAKAN *BACK ANALYSIS* PADA STUDI KASUS DHOHO INTERNATIONAL AIRPORT, KEDIRI.

adalah benar – benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing dan dosen ko-pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, maka saya siap menanggung segala resiko, akibat dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 01 Juli 2021



Ben Hardi Augusto Sinuhadji

2016410182

*) coret yang tidak perlu

PENENTUAN PARAMETER DDC PILE (*DOWN HOLE DEEP COMPACTION*) DENGAN MEMPERGUNAKAN *BACK ANALYSIS* PADA STUDI KASUS DHOHO INTERNATIONAL AIRPORT, KEDIRI

BEN HARDI AGUSTO SINUHADJI
NPM : 2016410182

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

KO - PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG
AGUSTUS 2021

ABSTRAK

Metode DDC adalah variasi dari salah satu teknik perbaikan tanah, yang menjadi solusi guna meningkatkan daya dukung tanah, bila mana kondisi tanah eksisting kurang mampu menahan beban desain dari rencana konstruksi. Pada proyek pembangunan Bandara Internasional Dhoho-Kediri ini, telah dilakukannya simulasi pembebanan statis terhadap penurunan tanah. Karena belum diketahuinya parameter DDC, maka perhatian penelitian tertuju pada parameter material DDC, dimana dilakukannya analisis balik dengan pemodelan menggunakan FEM pada MIDAS GTS-NX. Guna mendapatkan hasil yang mendekati kondisi lapangan, penelitian ini dilakukan dengan cara *trial & error* pada pemodelan *axisymmetric* dan *3D*. Berdasarkan analisis *axisymmetric*, didapatkan parameter material TP-401 yaitu; $E_{50} = 300$ Mpa, $E_{Oed} = 300$ Mpa, $E_{ur} = 900$ Mpa, $c' = 8$ kPa, & $\phi' = 64^\circ$. Sedangkan pada TP-406 yaitu; $E_{50} = 61$ Mpa, $E_{Oed} = 61$ Mpa, $E_{ur} = 183$ Mpa, $c' = 2$ kPa, & $\phi' = 45^\circ$. Hasil penurunan tanah *max* dari TP-401 sebesar 21.31 mm pada *axisymmetric* & 23.78 mm pada *3D*. Sedangkan untuk TP-406 sebesar 39.19 mm pada *axisymmetric* & 34.85 mm pada *3D*. Hasil dari penentuan parameter material DDC ini juga memiliki tingkat kecocokan *load settlement curve* mencapai 96% dari *static load test* dilapangan.

Kata Kunci: Analisis Balik, Metode DDC, Perbaikan Tanah, Parameter Material, *Static Load Test*



DETERMINATION OF DDC PILE (*DOWN HOLE DEEP COMPACTION*) PARAMETERS USING BACK ANALYSIS IN THE DHOHO INTERNATIONAL AIRPORT CASE STUDY

BEN HARDI AGUSTO SINUHADJI
NPM : 2016410182

Advisor: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

Co – Advisor: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited By SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG
AUGUST 2021

ABSTRACT

The DDC method is a variation of one of the soil improvement techniques which is a solution to increase the bearing capacity of the soil, when the existing soil conditions are not able to withstand the design load from the construction plan. In this Dhoho-Kediri International Airport construction project, a simulation of static loading on settlement has been carried out. Because the DDC parameters are not yet known, the research attention is focused on the DDC material parameters, where a back analysis is carried out by modeling using FEM on the MIDAS GTS-NX. In order to get results that are close to field conditions, this research was carried out by trial & error in axisymmetric and 3D modeling. Based on the axisymmetric analysis, the material parameters of TP-401 are obtained, namely; $E_{50} = 300$ Mpa, $E_{Oed} = 300$ Mpa, $E_{ur} = 900$ Mpa, $c' = 8$ kPa, & $\phi' = 64^\circ$. While on TP-406, namely; $E_{50} = 61$ Mpa, $E_{Oed} = 61$ Mpa, $E_{ur} = 183$ Mpa, $c' = 2$ kPa, & $\phi' = 45^\circ$. The max settlement of TP-401 is 21.31 mm in axisymmetric & 23.78 mm in 3D. As for the TP-406 it is 39.19 mm in axisymmetric & 34.85 mm in 3D. The results of the determination of the DDC material parameters also have a load settlement curve match level of 96% from the static load test in the field.

Keywords: Back Analysis, DDC Method, Ground Improvement, Material Parameters, Static Load Test

PRAKATA

Puji dan syukur saya panjatkan kepada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan pertolongan-Nya yang ajaib, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Penentuan Parameter DDC Pile (*Down Hole Deep Compaction*) Dengan Mempergunakan *Back Analysis* Pada Studi Kasus Dhoho Internasional Airport, Kediri dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk dapat menyelesaikan pendidikan Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Selesainya skripsi ini menjadikan salah satu momen yang paling terbaik dan berharga sepanjang perjalanan hidup saya. Kendati demikian, saya selaku penulis menyadari bahwa, di dalam proses sampai pada saat yang berbahagia ini, sangat banyak sekali rintangan – tantangan, jatuh – bangun. Akan tetapi berkat kritik, saran, nasihat, dukungan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, saya ingin mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan nasihat, saran, masukan, waktu, tenaga, perhatian, ilmu pengetahuan yang sangat berguna bagi penulis dalam proses penyusunan skripsi.
2. Bapak Martin Wijaya, S.T., Ph.D. selaku dosen ko-pembimbing yang telah memberikan nasihat, saran, masukan, waktu, tenaga, perhatian, ilmu pengetahuan yang sangat berguna bagi penulis, dan dengan sabar mengajarkan penulis hingga mampu menguasai MIDAS GTS – NX untuk kepentingan skripsi ini.
3. Bapak Aflizal Arafianto, S.T., M.T. selaku dosen geoteknik yang telah memberikan nasihat, saran, masukan, waktu, tenaga, perhatian, ilmu pengetahuan yang sangat berguna bagi penulis, dan dengan sabar mengajarkan penulis hingga mampu menguasai MIDAS GTS – NX untuk kepentingan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., serta dosen – dosen geoteknik dan disiplin ilmu UNPAR lainnya yang telah dan/atau sedang mengajar saya dalam keilmuan geoteknik dan disiplin ilmu lainnya serta

juga memberikan kritik dan saran kepada penulis sehingga penulis mampu melewati berbagai matakuliah dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

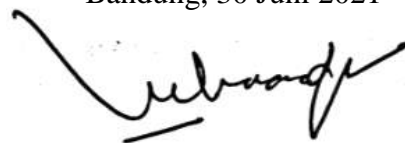
5. Orang tua tercinta, Mama & Papa penulis yang selalu memberikan nasihat agar selalu tekun dan sabar menjalani semua kegiatan sampai dengan penderitaan di negeri orang, dan selalu mendoakan anaknya agar pola pikirnya berubah setelah diberangkatkan untuk bersekolah ketempat yang jauh.
6. Abang Andre yang selalu membimbing adiknya dan selalu menjaga adiknya, begitu juga adik Ian dan turang kita Dinda, yang selalu memberikan dukungan, semangat, perhatian, doa yang sangat berarti kepada penulis
7. Ibu Sulami, mba las, mba Wulan, rio sebagai pertahanan terakhir sebagai anak kostan, yang senantiasa membantu penulis dalam kehidupan perkuliahan sampai dengan selesainya skripsi ini
8. Greg Rayhan, Rocky Mountain & Welly sebagai *support system* penulis yang telah memberikan masukan, semangat, perhatian, dukungan, dan pikiran – pikiran sehingga membantu penulis pada saat analisis bab4.
9. Keluarga besar CEO & KULAP, Abrian James, Ando lekku Hafiz Baladraf, Juan Antonio, Jonathan Aditya, Kennardy Winardo, Kenneth dwi, Laurentius Andhika, Ekul Tantra, Nathanael Ryan, Nicholas Gabel, Miksel Adrian, dan Vincentius Theo, yang telah bersama – sama dengan penulis menjalani suka duka dan berjuang menghadapi kehidupan perkuliahan, yakni, membantu saya dalam akademis dan non akademis.
10. Ezra, Jourdan, Diego, Jambi, Oddy, Seba, Diana, Aldo, Angga, Malvin, Davis S, Onel, Mek Alva, Jojo, Reza, Teguh, Udoy, Zicco, Dila yang juga juga bersama – sama dengan penulis sebagai seperjuangan dan menjalani perkuliahan.
11. Aditya Purnama, Jonathan, Julianus I, Natasya Tio, Prayoga, Stella L, selaku teman – teman seperjuangan skripsi juga tempat berbagi pengetahuan, informasi, dan saling menyemangatkan dan menguatkan.
12. Waku Paradigma, Sam, Sulthan, teman – teman dari hukum yang setia dari semester 1. Vincent, Boy, Manda, Ari, Alex, Farid, Aldo, bang Junior, bang Kucuy, Joshua, selaku teman – teman hukum yang bersama dengan penulis dengan penuh suka maupun duka.

13. Seluruh teman – teman Kuda Sipil 2016 yang telah menemani penulis selama berproses dan tempat berbagi kebersamaan, suka, dan duka selama proses perkuliahan.
14. Bang Vide dan bang Nuh sebagai senior dari hukum 2010 yang senantiasa bersama dan menyemangati penulis disaat penulis patah semangat.
15. Angkatan 2010 – 2015 yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan
16. Bang Joel, bang inang, bang bara, bang eze, bang niko, bang Yobel, bang Wangtao, bang bara, kak Misel, kak Adika, adik Adrian, adik Erwin, adik Jojo, adik Wanako, adik Mariska yang senantiasa menemani penulis dan tertawa dengan penulis sehingga menghilangkan penat.
17. Teman – teman dan senior di medan, bang Sura, bang Aron, bang Jemmy, bang David, bang Davin, bang Danyie, bang Wahid, kak Cindy, Aston, Colin, Raymond, Dariel, Manuel, Jaya, Mario, Refsan, Prepe, Mugen, Ahmed, Farhan, Bapao, Aya Mazaya, Fanny, Rara, Sarry, Yohana, Kezia, Renya, yang senantiasa menghibur, tertawa, bercerita, bertukar pikiran, serta menemani penulis dalam menghadapi kegiatan – kegiatan akademis dan non akademis.
18. Seluruh pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tak langsung yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis sangat mengapresiasi apabila diberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi semua orang yang membacanya.

Akhir kata saya ucapkan maaf dan terimakasih, hormat saya.

Bandung, 30 Juni 2021



Ben Hardi Augusto Sinuhadji
2016410182

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Ruang Lingkup	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
1.7 Diagram Alir	1-5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Perbaikan Tanah	2-1
2.2 DDC Pile (Down Hole Deep Compaction).....	2-2
2.3 Pengujian Pembebanan Statis / SLT (<i>Static Load Test</i>)	2-6
2.5 Klasifikasi dan Parameter Tanah	2-7
2.5.1 Stratifikasi Lapisan Tanah.....	2-8
2.5.2 Berat Isi Tanah (γ)	2-9
2.5.3 Kuat Geser Tanah Kohesif dan Kuat Geser Tanah Tak Teralir (SU)	2-9
2.5.4 Nilai Kohesi Tanah Efektif (C')	2-10
2.5.5 Sudut Geser Dalam Efektif (ϕ')	2-11
2.5.6 Angka Poisson Efektif (ν').....	2-12
2.5.7 Modulus Elastisitas Efektif (E')	2-12
2.5.7 Tegangan Vertikal Efektif ($\sigma v'$)	2-15
2.5.8 <i>Over-Consolidated Ratio</i> (OCR) dan Koefisien at-rest (K0)	2-15

2.5.9	Parameter Modified Mohr-Coulomb.....	2-16
BAB 3 METODE PENELITIAN		3-1
3.1	Pengumpulan Data Sekunder.....	3-1
3.2	Strafikasi Lapisan Tanah	3-1
3.3	Parameter Tanah	3-1
3.4	Model Analisis.....	3-2
3.4.1	Metode Elemen Hingga.....	3-2
3.4.2	Program Midas GTS-NX	3-3
3.4.3	Tahap Pemodelan Pada MIDAS GTS-NX.....	3-3
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1	Deskripsi Proyek.....	4-1
4.2	Penentuan Stratifikasi Tanah	4-3
4.3	Metode DDC Sebagai Perbaikan Tanah	4-5
4.4	Penentuan Parameter Tanah.....	4-6
4.4.1	Penentuan Berat Isi Tanah	4-6
4.4.2	Korelasi Nilai Kuat Geser Tak Teralir (SU).....	4-7
4.4.3	Penentuan Nilai Kohesi Tanah Efektif (c').....	4-9
4.4.4	Korelasi Sudut Geser Dalam dan Sudut Geser Dalam Efektif (ϕ').....	4-10
4.4.5	Penentuan Angka Poisson Efektif Tanah (ν').....	4-11
4.4.6	Penentuan Elastisitas Tanah.....	4-12
4.4.7	Penentuan Nilai OCR (<i>Over Consolidated Ratio</i>) dan K_0 OC	4-13
4.4.8	Parameter Modified Mohr-Coulomb.....	4-14
4.5	Hasil Analisis Pemodelan dengan MIDAS GTS-NX.....	4-14
4.5.1	Hasil Pengujian DDC <i>Pile</i> menggunakan <i>Static Load Test</i> (SLT)	4-15
4.5.2	DDC <i>Pile</i> Pada Tiang TP – 401 Dengan Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-16
4.5.3	DDC <i>Pile</i> Pada Tiang TP – 406 Dengan Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-23
4.5.4	DDC <i>Pile</i> Pada Tiang TP – 401 Dengan Menggunakan 3D.....	4-30
4.5.5	DDC <i>Pile</i> Pada Tiang TP – 406 Dengan Menggunakan 3D.....	4-37
4.5.6	Perbandingan Hasil Analisa <i>Axisymmetric</i> dan 3D Terhadap <i>Static Load Test</i>	4-47
4.5.7	Tingkat Ketelitian Dari <i>Output</i> Parameter Material Terhadap <i>Load Settlement Curve Static Load Test</i> (SLT)	4-44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-1

5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA.....		



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



ASTM	= American Society for Testing and Materials
BH	= <i>Bore Hole</i>
c'	= Kohesi Efektif (kPa)
DDC	= <i>Down Hole Deep Compaction</i>
E	= Modulus Elastisitas (kPa)
E_o	= Kemiringan awal dari kurva tegangan-regangan
E'	= Modulus Elastisitas Efektif (kPa)
ε	= Regangan (kPa)
E_{50}	= Modulus Elastisitas Sekan (kPa)
E_{UR}	= Modulus <i>Unloading – Reloading</i> (kPa)
E_{Oed}	= Modulus Oedometer (kPa)
E_{50}^{ref}	= Modulus Elastisitas Sekan Pada Saat Tekanan Referensi (kPa)
E_{Ur}^{ref}	= Modulus <i>Unloading – Reloading</i> Pada Saat Tekanan Referensi (kPa)
E_{Oed}^{ref}	= Modulus Oedometer Pada Saat Tekanan Referensi (kPa)
ESUA	= <i>Effective Stress Undrained Analysis</i>
FEM	= <i>Finite Element Method</i>
g	= Gravitasi (m/s^2)
γ	= Berat Isi Tanah (kN/m^3)
γ_{sat}	= Berat Isi Tanah Pada Saat Jenuh (kN/m^3)
γ_{dry}	= Berat Isi Tanah Pada Saat Kering (kN/m^3)
K	= <i>Bulk Modulus</i> (kPa)
K_0	= Koefisien at rest
K_0^{OC}	= Koefisien at Rest Pada Saat <i>Over Consolidated</i>
K_0^{NC}	= Koefisien at Rest Pada Saat <i>Normally Consolidated</i>
LVDT	= <i>Linear Variable Differential Transducer</i>
MCC	= Modified Mohr – Coulomb
N_{value}	= Jumlah Pukulan pada <i>Standart Penetration test</i>
NC	= <i>Normally Consolidated</i>
N_{60}	= Jumlah Pukulan yang Harus Dikoreksi Terhadap Efisiensi Sebesar 60%
N_{72}	= Jumlah Pukulan yang Harus Dikoreksi Terhadap Efisiensi Sebesar 72%

OC	= <i>Over Consolidated</i>
OCR	= <i>Over Consolidation Ratio</i>
P_{Ref}	= Tekanan Referensi 100kPa
PI	= <i>Plasticity Index</i>
ϕ'	= Sudut Geser Dalam Efektif Tanah ($^{\circ}$)
ϕ'_{peak}	= Sudut Geser Dalam Efektif Puncak Tanah ($^{\circ}$)
ϕ'_{sand}	= Sudut Geser Dalam Efektif Puncak Tanah Pasiran ($^{\circ}$)
R^2	= <i>Coefficient of Determination</i>
SLT	= <i>Static Load Test</i>
SPT	= <i>Standard Penetration Test</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
σ	= Tegangan (kPa)
σ'_v	= Tegangan Vertikal Efektif (kPa)
σ'_3	= <i>confining pressure</i> (kPa)
S_u	= Kuat Geser Tanah Tak Teralir (kPa)
u	= Tekanan Air Pori (N/m ²)
ν'	= Angka Poisson Efektif Tanah



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berbagai metode perbaikan tanah untuk ukuran butir tanah yang berbeda (SNI 8460 - 2017)	2-2
Gambar 2.2 Palu DDC	2-3
Gambar 2.3 Kepala Palu DDC	2-3
Gambar 2.4 Kotak Pengontrol DDC	2-4
Gambar 2.5 <i>Remote Control</i> DDC	2-4
Gambar 2.6 Produser Tamping (Feng et al., 2015)	2-5
Gambar 2.7 Produser <i>Pre-boring</i>	2-5
Gambar 2.8 <i>Stockpile</i> material pada DDC	2-5
Gambar 2.9 <i>Static Load Test</i> (SLT)	2-6
Gambar 2.10 <i>Displacement measurement</i> (LVDT)	2-7
Gambar 2.11 Korelasi Hubungan N_{SPT} Terhadap S_u (Terzaghi dan Peck, 1967; Sowers, 1979)	2-10
Gambar 2.12 Korelasi Sudut Geser Dalam Efektif Tanah Butiran Kasar Dengan $(N_1)_{60}$ (Hatanaka dan Uchida, 1996)	2-12
Gambar 2.13 <i>Stress-strain modulus</i> (Bowles, 1977)	2-13
Gambar 2.14 Hubungan antara N_{SPT} dan Modulus <i>Young</i> pada Tanah Residual (N_{72}) Sandroni dan Jones <i>and</i> Rust (1995) (<i>After Schniad</i> , 2009)	2-14
Gambar 2.15 Definisi E_0 dan Modulus Sekan (E_{50})	2-17
Gambar 3.1 Konsep Metode Elemen Hingga	3-3
Gambar 3.2 Pemodelan Geometri DDC <i>Pile</i> pada <i>Axisymmetric</i>	3-4
Gambar 3.3 Pemodelan Geometri DDC <i>Pile</i> pada 3D	3-5
Gambar 3.4 Pemodelan Geometri Lapisan Tanah pada <i>Axisymmetric</i>	3-5
Gambar 3.5 Pemodelan Geometri Lapisan Tanah pada 3D	3-6
Gambar 3.6 Input Data Material dan Properti	3-6
Gambar 3.7 <i>Meshing</i> Geometri pada <i>Axisymmetric</i>	3-7
Gambar 3.8 <i>Meshing</i> Geometri pada 3D	3-7
Gambar 3.9 <i>Change Property</i> DDC <i>pile</i> pada <i>Axisymmetric</i>	3-8
Gambar 3.10 <i>Change Property</i> pada DDC <i>pile</i> pada 3D	3-8

Gambar 3.11 <i>Boundary Condition</i> pada <i>Axisymmetric</i>	3-9
Gambar 3.12 <i>Boundary Condition</i> pada 3D	3-9
Gambar 3.13 Berat Sendiri (<i>Self Weight</i>)	3-10
Gambar 3.14 Pemberian Beban Rencana pada pemodelan <i>Axisymmetric</i>	3-10
Gambar 3.15 Pemberian Beban Rencana pada pemodelan 3D terhadap TP-401	3-11
Gambar 3.16 Pemberian Beban Rencana pada pemodelan 3D terhadap TP-406.....	3-11
Gambar 3.17 Penentuan Profil Muka Air Tanah pada <i>Axisymmetric</i>	3-12
Gambar 3.18 Penentuan Profil Muka Air Tanah pada 3D.....	3-12
Gambar 3.19 Input nilai Kedalaman Profil Muka Air Tanah	3-13
Gambar 3.20 Input <i>Load Step</i>	3-14
Gambar 4.1 Lokasi Pembangunan Proyek Bandara Internasional Dhoho, Kediri.....	4-1
Gambar 4.2 Foto Udara Proyek dan Topografi Sekitar Proyek.....	4-2
Gambar 4.3 Lokasi BH 1 – 17 dan Kontur Lapangan	4-2
Gambar 4.4 Potongan Melintang pada Lokasi BH 1 – 17	4-3
Gambar 4.5 Rata – rata Nilai SPT terhadap Pengujian N_{SPT}	4-4
Gambar 4.6 Berbagai Metode Perbaikan Tanah Untuk Butiran Tanah Yang Berbeda (SNI 8460 – 2017).....	4-6
Gambar 4.7 Korelasi N_{SPT} terhadap S_u	4-8
Gambar 4.8 Hasil <i>Static Load Test</i> (SLT) Pada Tiang TP – 401.....	4-15
Gambar 4.9 Hasil <i>Static Load Test</i> (SLT) Pada Tiang TP – 406.....	4-15
Gambar 4.10 Uji Coba Test Model DDC <i>Pile</i> Tiang TP – 401 Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-16
Gambar 4.11 Hasil Analisis Parameter pada Material DDC Tiang TP – 401	4-16
Gambar 4.12 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 180kN	4-17
Gambar 4.13 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 270kN	4-18
Gambar 4.14 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 360kN	4-18
Gambar 4.15 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 450kN	4-18
Gambar 4.16 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 540kN	4-19
Gambar 4.17 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 630kN	4-19
Gambar 4.18 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 720kN	4-19

Gambar 4.19 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 810kN	4-20
Gambar 4.20 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 900kN	4-20
Gambar 4.21 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 720kN	4-20
Gambar 4.22 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 540kN	4-21
Gambar 4.23 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 360kN	4-21
Gambar 4.24 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 180kN	4-21
Gambar 4.25 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 0kN	4-22
Gambar 4.26 Uji Coba Test Model DDC <i>Pile</i> Tiang TP – 406 Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-23
Gambar 4.27 Hasil Analisis Parameter pada Material DDC Tiang TP – 406	4-23
Gambar 4.28 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 180kN	4-24
Gambar 4.29 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 270kN	4-25
Gambar 4.30 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 360kN	4-25
Gambar 4.31 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 450kN	4-25
Gambar 4.32 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 540kN	4-26
Gambar 4.33 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 630kN	4-26
Gambar 4.34 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 720kN	4-26
Gambar 4.35 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 810kN	4-27
Gambar 4.36 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat Beban 900kN	4-27
Gambar 4.37 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 720kN	4-27
Gambar 4.38 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 540kN	4-28
Gambar 4.39 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 360kN	4-28
Gambar 4.40 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 180kN	4-28
Gambar 4.41 <i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 <i>Axisymmetric</i> Saat <i>Unloading</i> Beban 0 kN	4-29

Gambar 4.42	Uji Coba Test Model DDC <i>Pile</i> Tiang TP – 401 Menggunakan 3D	4-30
Gambar 4.43	Hasil Analisis Parameter pada Material DDC Tiang TP – 401 Dengan 3D	4-30
Gambar 4.44	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 180 kN	4-31
Gambar 4.45	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 270 kN	4-32
Gambar 4.46	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 360 kN	4-32
Gambar 4.47	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 450 kN	4-32
Gambar 4.48	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 540 kN	4-33
Gambar 4.49	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 630 kN	4-33
Gambar 4.50	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 720 kN	4-33
Gambar 4.51	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 810 kN	4-34
Gambar 4.52	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat Beban 900 kN	4-34
Gambar 4.53	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 720 kN..	4-34
Gambar 4.54	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 540 kN..	4-35
Gambar 4.55	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 360 kN..	4-35
Gambar 4.56	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 180 kN..	4-35
Gambar 4.57	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 401 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 0 kN.....	4-36
Gambar 4.58	Uji Coba Test Model DDC <i>Pile</i> Tiang TP – 406 Menggunakan 3D	4-37
Gambar 4.59	Hasil Analisis Parameter pada Material DDC Tiang TP – 406 Dengan 3D	4-37
Gambar 4.60	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 180 kN	4-38
Gambar 4.61	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 270 kN	4-39
Gambar 4.62	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 360 kN	4-39
Gambar 4.63	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 450 kN	4-39
Gambar 4.64	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 540 kN	4-40
Gambar 4.65	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 630 kN	4-40
Gambar 4.66	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 720 kN	4-40
Gambar 4.67	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 810 kN	4-41
Gambar 4.68	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat Beban 900 kN	4-41
Gambar 4.69	<i>Output Settlement</i> Tiang TP – 406 3D Saat <i>Unloading</i> Beban 720 kN..	4-41

Gambar 4.70 *Output Settlement* Tiang TP – 406 3D Saat *Unloading* Beban 540 kN..4-42

Gambar 4.71 *Output Settlement* Tiang TP – 406 3D Saat *Unloading* Beban 360 kN..4-42

Gambar 4.72 *Output Settlement* Tiang TP – 406 3D Saat *Unloading* Beban 180 kN..4-42

Gambar 4.73 *Output Settlement* Tiang TP – 406 3D Saat *Unloading* Beban 0 kN.....4-43

Gambar 4.74 Grafik Hasil Perbandingan SLT Terhadap *Axisymmetric* dan 3D TP-401 .4-47

Gambar 4.75 Grafik Hasil Perbandingan SLT Terhadap *Axisymmetric* dan 3D TP-406 .4-47





DAFTAR TABEL

Table 2.1 Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dan Konsistensi Tanah Lempung dengan N_{SPT} (Terzaghi dan Peck, 1967)	2-8
Table 2.2 Tipikal Nilai Berat Isi Tanah (Budhu,2008).....	2-9
Table 2.3 Korelasi Antara Tanah Kohesif dan Kuat Geser Tanah (McCarthy, 1998)	2-9
Table 2.4 Nilai Angka Poisson ν' berbagai material tanah Bowles(1996), Kulhway and Mayne (1990) dan Whitman (1979).....	2-12
Table 2.5 Korelasi Modulus Elastisitas Tanah (E_s) Dengan N_{SPT} Pada Tanah Pasiran dan Lanau (Bowles, 1977)	2-14
Table 2.6 Tipikal Nilai Berat Isi Tanah (Budhu,2008).....	2-16
Tabel 3.1 Besar Pendistribusian Beban.....	3-14
Tabel 4.1 Rekapitulasi Penentuan Stratifikasi Tanah.....	4-5
Tabel 4.2 Nilai Berat Isi Tanah Pada Profil Tanah.....	4-7
Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai Berat Isi Tanah Pada Setiap Profil Lapisan Tanah	4-8
Tabel 4.4 Rekapitulasi Kohesi Efektif Tanah (C').....	4-9
Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam Tanah Efektif.....	4-10
Tabel 4.6 Rekapitulasi Penentuan Angka Poisson Efektif Tanah.....	4-12
Tabel 4.7 Parameter Modulus Elastisitas Tanah Pada Profil Tanah.....	4-13
Tabel 4.8 Penentuan Nilai OCR dan K_0 OC Pada Profil Tanah	4-13
Tabel 4.9 Parameter Modified Mohr-Coulomb	4-14
Tabel 4.10 Rekapitulasi Besar <i>Settlement</i> antara MIDAS GTS-NX dan SLT Pada Tiang TP – 401 Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-22
Tabel 4.11 Rekapitulasi Besar <i>Settlement</i> antara MIDAS GTS-NX dan SLT Pada Tiang TP – 406 Menggunakan <i>Axisymmetric</i>	4-29
Tabel 4.12 Rekapitulasi Besar <i>Settlement</i> antara MIDAS GTS-NX dan SLT Pada Tiang TP – 401 Menggunakan 3D.....	4-36
Tabel 4.13 Rekapitulasi Besar <i>Settlement</i> antara MIDAS GTS-NX dan SLT Pada Tiang TP – 406 Menggunakan 3D.....	4-43
Tabel 4.14 Tingkat Ketelitian Hasil Analisis MIDAS GTS – NX Terhadap <i>Static Load Test</i> TP-401	4-45
Tabel 4.15 Tingkat Ketelitian Hasil Analisis MIDAS GTS – NX Terhadap <i>Static Load Test</i> TP-406	

Tabel 4.16 Rekapulasi Parameter Material pada TP-401	4-48
Tabel 4.17 Rekapulasi <i>Settlement</i> Analisis MIDAS GTS-NX Terhadap SLT pada TP-401	4-48
Tabel 4.18 Rekapulasi Parameter Material pada TP-406	4-48
Tabel 4.19 Rekapulasi <i>Settlement</i> Analisis MIDAS GTS-NX Terhadap SLT pada TP-406	4-49



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Boring Log BH 1 – 17.....	L1-1
LAMPIRAN 2 Data Uji Laboratorium BH 1-17.....	L2-1
LAMPIRAN 3 Peta Topografi & Titik-Titik Bor Hole	L3-1
LAMPIRAN 4 Data Static Load Test Pada TP-401 & TP 406.....	L4-1
LAMPIRAN 5 Interpretasi Lapisan Tanah BH 1-17	L5-1
LAMPIRAN 6 Data <i>Grainsize Analysis</i> Tanah BH.....	L6-1





`BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknik perbaikan tanah, juga sering disebut sebagai *ground improvement* adalah salah satu teknik atau cara yang menjadi solusi atas permasalahan bila mana kondisi tanah eksisting kurang mampu menahan beban desain dari rencana konstruksi. Secara umum, tujuan dari pada perbaikan tanah tentu saja meningkatkan daya dukung tanah, mengontrol penurunan tanah (*settlement reduction / control*) dan pergerakan tanah serta memitigasi likuifaksi.

Sejalan dengan perkembangan yang semakin meningkat, khususnya pada kebutuhan infrastruktur dalam skala besar, sering kali kondisi tanah, dalam hal ini daya dukung tanah tidak berbanding lurus dengan beban yang akan bekerja. Dalam pekerjaan konstruksi, terutama pada pekerjaan tanah dan struktur bawah, penggunaan pondasi tiang pancang dapat memenuhi semua persyaratan desain dan gaya yang bekerja. Tetapi panjang tiang maupun besar tiang seringkali mengakibatkan biaya yang mahal. Di sisi lain, teknik perbaikan tanah menjadi alternatif karena pertimbangan yang ekonomis.

Sebuah infrastruktur baru, Dhoho *internasional airport* – Kediri akan dibangun demi kepentingan masyarakat sekitar. Pada proyek pembangunan bandara ini, terutama pada landasan pacu / *runway* bandara, direncanakan akan menerima beban yang sangat besar, baik itu dari beban timbunan maupun beban landasan pacu dari pesawat. Maka dari itu, perbaikan tanah diperlukan sehingga *runway* bandara dapat memenuhi kriteria penurunan 10cm/ 10 tahun.

Berdasarkan penyelidikan tanah / *soil of investigation*, kondisi eksisting tanah dilapangan di dominasi oleh tanah lanau kepasiran dan tanah pasir. Maka dari itu, bedasarkan SNI 8460 – 2017, teknik / metode kompaksi dinamis (*dynamic compaction*), kolom batu (*stone column*) dan *Dynamic Replacement* adalah metode yang cocok digunakan pada proyek ini.

Konstruksi DDC *Pile*, sering juga disebut *downhole deep compaction*, ialah salah satu metode efektif dalam perbaikan dan/atau perawatan tanah. Pemilihan perbaikan tanah dengan DDC *Pile* ini merupakan gabungan dari dua metode perbaikan tanah yaitu kompaksi dinamis (*dynamic compacton*) dan *Dynamic Replacement*. Selain menambahkan

daya dukung, DDC *Pile* (*Downhole Deep Compaction*) juga bertujuan sebagai drainase, yaitu mempercepat disipasi tekanan air pori eksese yang berlebih pada tanah lunak (Zheng et al., 2011). DDC *Pile* (*Downhole Deep Compaction*) sudah umum dilakukan guna menstabilkan tanah *loess* di Cina (Feng et al., 2015).

1.2 Inti Permasalahan

Dalam merencanakan suatu pekerjaan tanah yang berkaitan dengan teknik perbaikan tanah / *ground improvement*, sering kali kita tidak dapat mengetahui apa yang sebenarnya terjadi di dalam tanah. Proses dari pada perbaikan tanah sendiri tidak dapat dijelaskan secara matematis maupun numerik, tetapi hasil / *output* dari pada perbaikan tanah tersebut dapat diukur. Agar mengetahui keberhasilan dari suatu perbaikan tanah tersebut, dapat menggunakan uji pembebanan (*static load*), LVDT (*Displacement measurement*), dan sebagainya, sehingga mendapatkan *output* yang diinginkan.

Pada proyek perbaikan tanah di bandara internasional Dhoho – Kediri ini, Konstruksi DDC *Pile* menggunakan material yang diperoleh dari tumpukan stok / *Stockpile*, yang akan mengisi lubang lalu di padatkan dengan DDC *hammer*.

Di dominasi oleh konsistensi tanah lanau, daya dukung tanah eksisting tidak sebanding dengan beban desain yang akan dipikul. Hal ini mengakibatkan perlunya perhatian khusus tentunya pada kapasitas aksial tekan DDC *Pile* dan mengontrol penurunan vertikal muka tanah yang diizinkan, sehingga tercapainya beban desain yang diinginkan.

Parameter DDC *Pile* ini masih belum diketahui, mengingat tidak adanya uji mekanis yang telah dilakukan dalam mengevaluasi properti DDC. Hal ini menjadi perhatian penulis untuk mengetahui *input* dari pada parameter DDC *Pile* tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Penentuan parameter DDC *Pile* ini dilakukan dengan mempergunakan analisis balik / *back analysis*. *Output* dari uji pembebanan statis (*static load*) dan LVDT (*Displacement measurement*) berupa grafik *Load vs Settlement* yang akan menjadi tolok ukur (*Benchmark*) dalam menentukan input parameter DDC *Pile*. Nilai / *value* yang menjadi parameter DDC *Pile* diperoleh dengan cara coba – coba / *trial and error* pada program *software* MIDAS GTS – NX. Selanjutnya, hasil yang telah diperoleh dari kegiatan diatas

akan dianalisis, dievaluasi dan dibandingkan dengan hasil grafik *Load vs Settlement* dari pengujian pembebanan statis (*static load*) dan LVDT (*Displacement measurement*) di lapangan. Selain dari pada itu, dapat juga dijadikan masukan data untuk mengetahui karakteristik, perilaku, dan juga parameter *stockpile* dari material DDC *Pile* sendiri.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam penulisan skripsi ini, terdapat beberapa batasan – batasan meliputi:

1. Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah di lokasi proyek Bandara Internasional Dhoho – Kediri, yaitu (*BoreHole*) BH1-17.
2. DDC *Pile* yang dianalisis ialah TP – 401 dan TP – 406.
3. Simulasi uji pembebanan aksial tekan DDC *Pile* menggunakan program MIDAS GTS – NX untuk memperoleh parameter DDC *Pile* TP – 401 dan TP – 405 dengan cara coba – coba / *trial and error* dan grafik *load vs settlement* sebagai acuan dalam menghasilkan parameter DDC *Pile* TP – 401 dan TP – 405.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur
Studi Literatur dengan cara mengumpulkan dan mencatat refrensi yang berkaitan dengan penentuan parameter DDC *Pile*.
- b. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data baik primer maupun skunder yang diperlukan guna penulisan skripsi ini seperti:
 - a. Hasil pengeboran dan profil N-SPT terhadap kedalaman;
 - b. Hasil pengujian laboratorium; dan
 - c. Hasil pengukuran langsung dari *Load vs Settlement*.
- c. Analisis dan Evaluasi
Menganalisis hasil yang diperoleh dari perhitungan program MIDAS GTS – NX dan mengevaluasinya dengan hasil uji pembebanan statis (*load static*) dan LVDT (*Displacement measurement*).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun skripsi adalah sebagai berikut:

1. BAB 1: Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, sistematika penulisan dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2: Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang pembuatan skripsi.

3. BAB 3: Metodologi Penelitian

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis korelasi data tanah pada BH 1-17 dengan material DDC *Pile* pada TP-401 dan TP-406.

4. BAB 4: Data dan Hasil Analisis

Bab ini membahas mengenai data yang digunakan dan hasil *trial and error* dengan mempergunakan *back analysis* terhadap TP-401 dan TP-406.

5. BAB 5: Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari hasil studi dan saran agar penelitian ini akan semakin baik untuk kedepannya.

1.7 Diagram Alir

