



**PERENCANAAN ULANG PERBAIKAN TANAH LUNAK METODE
PRELOADING KOMBINASI *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
(PVD) DAN *PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN* (PHD)
BERDASARKAN DATA *BACK ANALYSIS***

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar

NIM. 151910301120

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PERENCANAAN ULANG PERBAIKAN TANAH LUNAK METODE
PRELOADING KOMBINASI *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
(PVD) DAN *PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN* (PHD)
BERDASARKAN DATA *BACK ANALYSIS***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar sarjana

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta pengorbanan yang luar biasa hebatnya.
2. Bendebesah Squad yang selalu ada sebagai saudara sekaligus sahabat setia.
3. Almamater Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T dan Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya, serta dosen-dosen lain yang membantu saya dalam proses belajar.
5. KUPU-KUPU 15 teman seperjuangan yang selalu membantu dan ada disetiap suka maupun duka.
6. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terimakasih atas bantuannya.

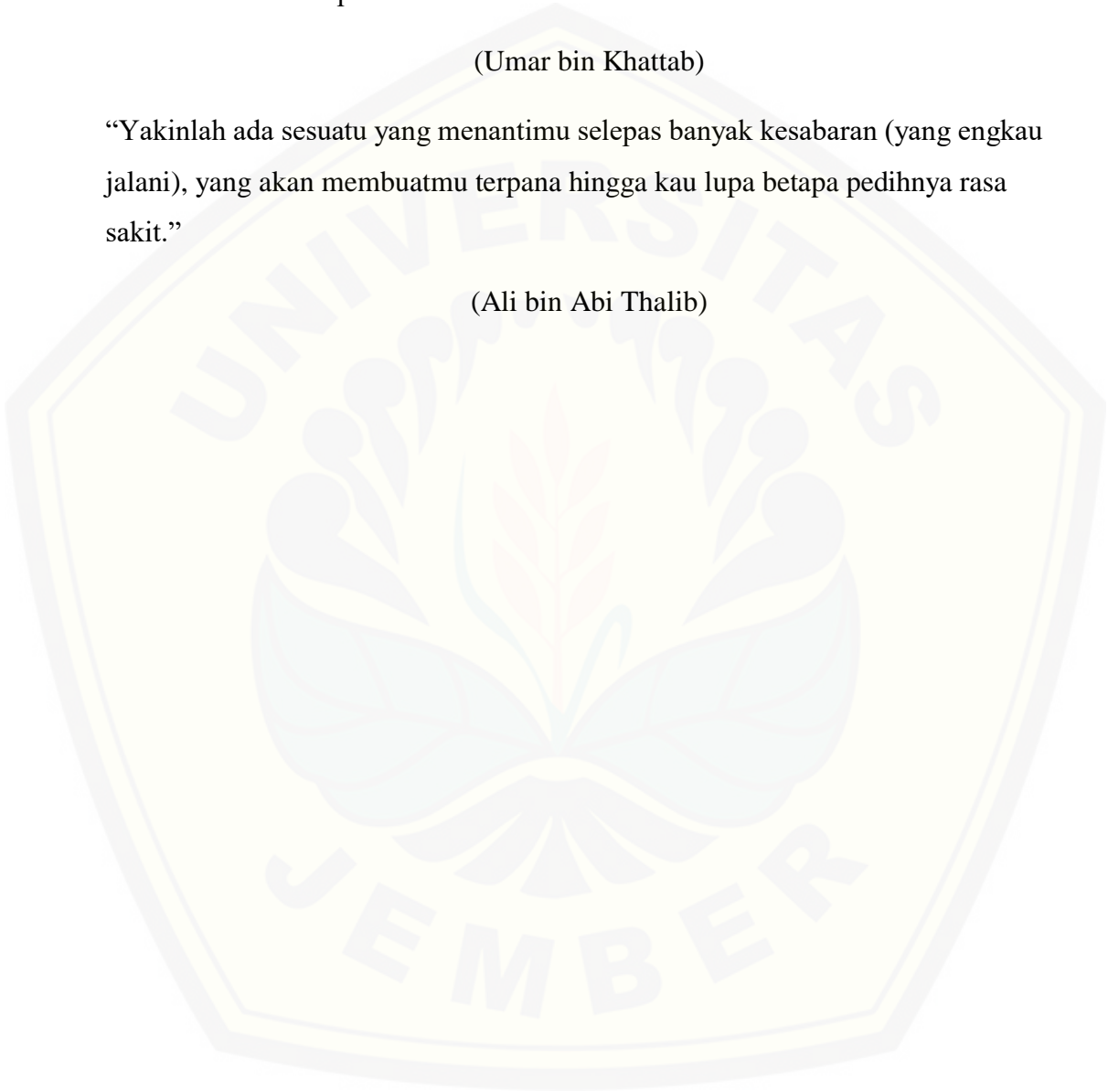
MOTTO

“Apa yang melewatkanmu tidak akan menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang engkau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit.”

(Ali bin Abi Thalib)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar

NIM : 151910301120

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perencanaan Ulang Perbaikan Tanah Lunak Metode *Preloading* Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) Dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) Berdasarkan Data *Back Analysis*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2019

Yang menyatakan,

Muhammad Irsan MB

NIM. 151910301120

SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG PERBAIKAN TANAH LUNAK METODE
PRELOADING KOMBINASI *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
(PVD) DAN *PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN* (PHD)
BERDASARKAN DATA *BACK ANALYSIS***

Oleh :

Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar

NIM 151910301120

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perencanaan Ulang Perbaikan Tanah Lunak Metode *Preloading* Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* Dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)* Berdasarkan Data *Back Analysis*" telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

Ketua,



Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197010241998032001

Anggota I



Paksitya Rurnama Putra, S.T., M.T.
NRP. 199006062019031022

Tim Penguji

Ketua,



Dwi Nurtanto., S.T., M.T.
NIP. 197310151998021001

Anggota I



Luthfi Amri Wicaksono., S.T M.T.
NRP. 760016771

Mengesahkan
Dekan



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199603 2 001

RINGKASAN

Perencanaan Ulang Perbaikan Tanah Lunak Metode *Preloading* Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* Dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)* Berdasarkan Data *Back Analysis*, Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar, 151910301120, 2019; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Saat ini pemerintah Indonesia sedang gencar gencarnya membangun infrastruktur di setiap daerah guna tercapainya pemerataan pembangunan. Salah satunya adalah Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan Zona 4 (PPKA 4). Proyek yang memiliki panjang 8 kilometer ini adalah salah satu zona dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung (PPKA) sepanjang 85 kilometer yang terbagi dalam 7 zona pembagunan yaitu zona 1A, 1, 2A, 2, 2B, 3, dan 4. Proyek PPKA sendiri merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) yang direncanakan membentang dari utara hingga selatan Pulau Sumatera menyambungkan Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) sampai Provinsi Lampung.

Pada Proyek PPKA 4, ditemui masalah pada tahap pra-konstruksi yaitu tanah dasar yang berjenis tanah lempung lunak. Maka dari itu pihak subkontraktor melakukan perencanaan perbaikan tanah dengan metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* Dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*. Namun realitanya, tanah pada modul *Preloading* mencapai konsolidasi 90% lebih cepat dari perencanaan yang dibuat oleh pihak subkontraktor. Hal ini dapat dilihat dari hasil monitoring instrumen geoteknik yang berada di modul *Preloading*.

Melalui hasil monitoring instrument geoteknik dilakukan analisa balik oleh Danil Bayu Suwiryo (2019) sehingga didapatkan parameter – parameter tanah baru meliputi Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal (Ch), Koefisien Kompresibilitas Volume (mv), Permeabilitas Tanah Arah Vertikal (kv), dan Indeks Kompresi (Cc). Pada penelitian ini parameter yang digunakan yaitu Konsolidasi Arah Horizontal (Ch) dan dan Indeks Kompresi (Cc).

Pengolahan data dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama perencanaan *Preloading* dan *Settlement*. Pada tahap ini diperoleh tinggi timbunan *Preloading*,

besar *settlement* yang terjadi akibat beban *Preloading*. Tahap kedua adalah perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) meliputi penentuan kedalaman, jarak pola segitiga yang digunakan, serta perhitungan lama waktu yang dibutuhkan tanah dasar untuk berkonsolidasi 90%. Tahap ketiga perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain*, kebutuhan PHD pada modul disesuaikan dengan pola dan jarak PVD yang digunakan.

Hasil dari penelitian ini diperoleh timbunan *Preloading* setinggi 4.4 m dengan 9 kali tahap penimbunan. Menggunakan PVD pola segitiga berjarak 1.5 m serta kedalaman 10 m. Pemasangan PHD mengikuti pola dan jarak PVD sehingga dipasang sebanyak 101 titik PHD. Tanah dasar membutuhkan waktu 15 minggu untuk berkonsolidasi 90%. Waktu tersebut jauh lebih efisien dari waktu konsolidasi alami yang membutuhkan waktu selama 101 tahun. Dari perencanaan ulang metode ini, *settlement* yang terjadi pada tanah dasar sebesar 0.0378 m.

SUMMARY

Soft Soil Improvement Replanning Preloading Combination Prefabricated Vertical Drain (PVD) and Prefabricated Horizontal Drain (PHD) Based on Back Analysis Data, Muhammad Irsan Marwanda Bachtiar, 151910301120, 2018; Majoring in Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

In this era the Indonesian government is being aggressively building infrastructure in each region to achieve equitable development. One of the project is the Pematang Panggang - Kayu Agung Toll Road Construction Project, South Sumatra Zone 4 (PPKA 4). This 8 kilometer project is one of the zones of 85 kilometers of Pematang Panggang - Kayu Agung (PPKA) Toll Road Construction Project which is divided into 7 zones, namely 1A, 1, 2A, 2, 2B, 3, and 4. PPKA project itself is part of the Trans Sumatra Toll Road (JTTS) which is planned to extend from the north to the south of Sumatra Island connecting the Province of Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) to Lampung Province.

In the PPKA 4 project, problems were found in the pre-construction phase, which is the type of subgrade is soft clay. Therefore, the subcontractor planned soft soil improvement using the Preloading combination with Prefabricated Vertical Drain (PVD) and Prefabricated Horizontal Drain (PHD). But in reality, subgrade in Preloading module reach 90% consolidation faster than subcontractor planning. This can be seen from the results of monitoring geotechnical instruments in the Preloading module.

Through the results of monitoring the geotechnical instrument, Danil Bayu Suwiryo (2019) do a back analysis method to find new soil parameters such as Horizontal Direction Consolidation Coefficient (Ch), Volume Compressibility Coefficient (mv), Vertical Direction Soil Permeability (kv), and Compression Index (Cc). In this study the parameters used are Consolidation of Horizontal Direction (Ch) and Compression Index (Cc).

Data processing is divided into 3 phases. The first phase is Preloading and Settlement planning. this phase to obtain the height of the preloading, the amount of settlement that occurs due to the load of preloading. The second phase is planning

of Prefabricated Vertical Drain (PVD) including determining depth, distance of the triangle pattern used, and calculating the time needed for subgrade to consolidate 90%. The third phase of Prefabricated Horizontal Drain planning, PHD requirements on modules are adjusted to the pattern and distance of PVD used.

The results of this study are obtained 4.4 m Preloading in high with 9 times the piling phase. This module is using PVD 1.5 m triangle pattern and the depth is 10 m. PHD installation follows the pattern and distance of PVD so there are 101 PHD points installed. The subgrade takes 15 weeks to consolidate 90%. This time is more efficient than the natural consolidation time that takes 101 years. From the re-planning of this method, settlements that occur on subgrade is 0.0378 m.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT selalu penulis panjatkan, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Perbaikan Tanah Lunak Metode *Preloading* Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) Dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) Berdasarkan Data *Back Analysis*” dapat terselesaikan. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Sutoso, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T dan Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya, serta dosen-dosen lain yang membantu saya dalam proses belajar.

Pembahasan penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap adanya saran dan kritik yang membangun pada penulisan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
LEMBAR PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Tanah	10
2.3 Peran Tanah Pada Bangunan	11
2.4 Tanah Lunak	12
2.5 Penurunan Tanah	13
2.5.1 Penurunan Konsolidasi	14

2.5.2	Penurunan Segera.....	15
2.6	Perbaikan Tanah Lunak	16
2.6.1	Metode <i>Preloading</i> dan PVD	17
2.7	Teori <i>Preloading</i>	19
2.7.1	Tegangan Overburden	19
2.7.2	Tegangan Pra Konsolidasi.....	19
2.7.3	Tegangan Akibat Timbunan.....	20
2.7.4	Perhitungan Settlement Pada Setiap Lapisan Tanah.....	20
2.7.5	Menentukan H- Inisial.....	20
2.7.6	Hubungan Antara Tinggi Timbunan Awal dan Akhir	21
2.8	Perencanaan PVD	22
2.8.1	Waktu Konsolidasi PVD	23
2.8.2	Parameter Tanah Untuk Penentuan Waktu Konsolidasi dengan PVD	24
2.8.3	Menghitung Derajat Konsolidasi Rata – Rata.....	25
2.8.4	Parameter Tanah Untuk Penentuan Derajat Konsolidasi Dengan PVD	25
2.8.5	Menentukan Kedalaman <i>Prefabricated Vertical Drain</i> ..	26
2.9	Perencanaan PHD	26
BAB 3.	METODE PENELITIAN	23
3.1	Lokasi Penelitian	28
3.2	Metode Pengumpulan Data	28
3.2.1	Data Sekunder	28
3.3	Pengolahan Data	29
3.3.1	Perencanaan Beban <i>Preloading</i> dan <i>Settlement</i>	29
3.3.2	Perencanaan PVD	29
3.3.3	Perencanaan PHD	29
3.3.4	Kesimpulan dan Saran	30
BAB 4.	PEMBAHASAN	32

4.1	Data Sekunder	32
4.1.1	Data Tanah Berdasarkan Perhitungan <i>Back Analysis</i>	32
4.1.2	Data Spesifikasi PVD dan PHD	33
4.2	Perhitungan <i>Preloading</i> dan <i>Settlement</i>	33
4.2.1	Perhitungan Tegangan Overburden	34
4.2.2	Perhitungan Tegangan Pra Konsolidasi	35
4.2.3	Perhitungan Tegangan Akibat Timbunan	35
4.2.4	Perhitungan <i>Settlement</i> pada Setiap Lapisan Tanah	36
4.2.5	Menentukan H- Inisial	36
4.2.6	Mencari H _{Final} Untuk Ketinggian Timbunan Variasi ..	37
4.2.7	Menentukan H _{total} dan <i>Settlement</i>	38
4.2.8	Menentukan H Kritis.....	42
4.3	Perencanaan PVD	42
4.3.1	Menentukan H Kritis.....	42
4.3.2	Waktu Konsolidasi Alami	43
4.3.3	Hubungan Jarak PVD dan Waktu Konsolidasi	44
4.3.4	Menentukan Kebutuhan PVD	49
4.4	Perencanaan PHD	50
4.5	Perencanaan Berdasarkan Data Awal dan Analisa Balik ...	51
BAB 5. PENUTUP		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		57

DAFTAR TABEL

4.1 Parameter Tanah Baru Berdasarkan Analisa Balik.....	33
4.2 Data Tanah Modul Preloading Setiap Kedalaman.....	34
4.3 Rekapitulasi Variasi Timbunan	37
4.4 Beban Perkerasan Jalan	39
4.5 Rekapitulasi perhitungan H_{Total} di setiap STA.....	41
4.6 Perhitungan H_{cr}.....	42
4.7 Tegangan Efektif Disetiap Lapisan Tanah	43
4.8 $C_{vRata-rata}$ disetiap SP	43
4.9 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi.....	44
4.10 Rekapitulasi Perhitungan $F(n)$.....	45
4.11 Nilai C_h pada SP C_L.....	46
4.12 Pola Segitiga dengan Jarak 1.5 m.....	48
4.13 Hasil Perencanaan Berdasarkan Data Awal dan Analisa Balik.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema jenis tanah dan batas batas ukuran butirnya.....	11
Gambar 2.2 Peran tanah pada konstruksi	11
Gambar 2.3 Tanah sebagai pendukung konstruksi	12
Gambar 2.4 Lempung Berdasarkan Kadar Air	13
Gambar 2.5 Grafik <i>Influence Factor</i>	16
Gambar 2.6 Jenis – jenis metode perbaikan tanah.....	17
Gambar 2.7 Perencanaan Preload	18
Gambar 2.8 <i>Settlement Plate</i>	19
Gambar 2.9 H Timbunan Awal dan Akhir	21
Gambar 2.10 Korelasi nilai N SPT vs S_u	22
Gambar 2.11 Koefisien daya dukung N_c dalam funghsi B/h	22
Gambar 2.12 Material PVD	21
Gambar 2.13 Konsistensi tanah kohesif.....	23
Gambar 2.14 Material PHD	23
Gambar 3.1 Lokasi Proyek	27
Gambar 3.1 Diagram Alir	27
Gambar 4.1 Modul Preloading PPKA 4	32
Gambar 4.2 Grafik Hubungan H_{Final} dan $H_{Inisial}$	37
Gambar 4.3 Grafik Hubungan H_{Final} dan S_c	38
Gambar 4.4 Beban Lalu Lintas	39
Gambar 4.5 Grafik Waktu konsolidasi dan PVD Pola Segitiga.....	48
Gambar 4.6 Perencanaan PVD	49
Gambar 4.7 Perencanaan PHD	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Tanah	57
Lampiran B. Cc Perkedalaman	58
B.1 Cc Pada SP 1	58
B.2 Cc Pada SP 2	59
B.3 Cc Pada SP 3	60
Lampiran C. Perhitungan PVD Berbagai Jarak	61
C.1 Jarak 0.8 m	61
C.2 Jarak 1 m	63
C.3 Jarak 1.25 m	65
C.4 Jarak 1.5 m	68
C.5 Jarak 1.75 m	70
Lampiran D. Settlement dengan Variasi H	73
D. 1 H setinggi 1 m	73
D. 2 H setinggi 3 m	74
D. 3 H setinggi 5 m	75
D. 4 H setinggi 7 m	76
D. 5 H setinggi 10 m	77
Lampiran E. Tahapan Timbunan	78
E.1 Tahap 1	78
E.2 Tahap 2	79
E.3 Tahap 3	80
E.4 Tahap 4	81
E.5 Tahap 5	81
E.6 Tahap 6	83
E.7 Tahap 7	84
E.8 Tahap 8	85

E.9 Tahap 9 86



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perencanaan dan pelaksanaan sebuah pembangunan, aspek geoteknik merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Dikarenakan hal ini berkaitan dengan kemampuan tanah dalam menahan konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Untuk mendapatkan konstruksi yang kokoh dan sesuai perencanaan, kondisi tanah setempat harus memenuhi ketentuan geoteknis yang dibutuhkan.

Seiring dengan pemerataan pembangunan di Indonesia, kebutuhan lahan sebagai lokasi pembangunan turut meningkat. Pada kenyataannya, ketersediaan lahan dengan kondisi tanah yang baik semakin terbatas. Hal tersebut menyebabkan lokasi pembangunan harus dilaksanakan diatas tanah yang tidak memenuhi ketentuan geoteknis, seperti halnya pada Area *Preloading* Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan Zona 4 (PPKA 4). Proyek yang memiliki panjang 8 kilometer ini adalah salah satu zona dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung (PPKA) sepanjang 85 kilometer yang terbagi dalam 7 zona pembagunan yaitu zona 1A, 1, 2A, 2, 2B, 3, dan 4. Proyek PPKA sendiri merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) yang direncanakan membentang dari utara hingga selatan Pulau Sumatera menyambungkan Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) sampai Provinsi Lampung.

Pada Area *Preloading* Proyek PPKA 4 dijumpai permasalahan berupa jenis tanah lempung lunak bercampur tanah organik. Tanah lempung lunak memiliki permeabilitas rendah yang membuat proses konsolidasi tanah berlangsung lama. Dengan kadar air dan kompresibilitas tinggi, stabilitas dan daya dukung yang dimiliki tanah lempung lunak pun relatif rendah. Padahal kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat – sifat daya dukung tanah dasarnya (Sukirman, 1999). Sehingga apabila kondisi tanah seperti itu tidak dilakukan perbaikan, maka kontruksi jalan tol berpotensi mengalami kerusakan sebelum umur yang direncanakan.

Untuk menanggulangi problema tersebut, dilakukanlah perbaikan tanah metode *Preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Metode ini dilakukan dengan cara memberikan beban urugan (*surchage*) pada tanah dasar sesuai dengan beban kerja dan beban konstruksi yang direncanakan. Dengan adanya tekanan dari beban tersebut, proses pemampatan tanah akan berlangsung. Proses pemampatan tanah dipercepat dengan adanya *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang berfungsi menyerap air pori dan mengalirkannya secara vertikal ke permukaan tanah. Di permukaan tanah, *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) mengalirkan air pori tersebut menuju drainase yang telah disediakan.

Pada realitanya, waktu yang dibutuhkan tanah pada modul *Preloading* untuk mencapai konsolidasi 90% lebih cepat dari perencanaan yang dibuat oleh pihak kontraktor. Hal ini dapat dilihat dari hasil monitoring instrumen geoteknik yang berada di modul *Preloading*. Dari data tersebut, dapat dilakukan *back analyses* guna memperoleh parameter – parameter tanah baru yang nantinya bisa digunakan sebagai acuan dalam perencanaan ulang perbaikan tanah menggunakan metode yang sama.

Saraswati (2017) melakukan perencanaan perbaikan tanah pada pembangunan Area Mall Summarecon Bandung, Jawa barat. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam mencapai derajat konsolidasi 90% dengan menggunakan metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Dalam penelitiannya disebutkan bahwa pola dan jarak PVD berpengaruh dalam cepat lambatnya proses konsolidasi. Semakin dekat jarak PVD semakin cepat proses konsolidasi terjadi. Dari segi efektifitas, pola segitiga memiliki keunggulan daripada pola persegi. Hal ini disebabkan titik pada pola segitiga lebih dapat mencakup luasan aliran air.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk membuat perencanaan ulang perbaikan tanah lunak dengan menggunakan metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) pada Area *Preloading* Proyek Jalan Tol Pematang

Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan Zona 4 (PPKA 4) berdasarkan *back analyses* data monitoring.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini yaitu,

1. Bagaimana perencanaan perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) pada Area *Preloading* PPKA 4 berdasarkan data *back analysis*?
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan agar tanah mencapai konsolidasi 90% dengan digunakannya metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)?
3. Berapa besar *settlement* tanah pada Area *Preloading* dengan dilakukannya perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berdasarkan data *back analysis*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder hasil analisa balik yang dilakukan oleh Danil Bayu Suwiryono (2019)
2. Pola *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang digunakan adalah pola segitiga.
3. Tidak menghitung kekuatan lereng apabila kontrol stabilitas tidak memenuhi faktor aman.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini, adalah untuk,

1. Merencanakan ulang perbaikan tanah lunak menggunakan metode *Preloading* dengan kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berdasarkan data *back analysis*.

2. Menganalisis lama waktu yang dibutuhkan agar tanah mencapai konsolidasi 90% dengan menggunakan metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).
3. Menganalisis besar *settlement* tanah pada area *Preloading* dengan dilakukannya perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).

3.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah,

1. Memberikan informasi tentang perencanaan ulang perbaikan tanah menggunakan metode metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berdasarkan data *back analysis*.
2. Memberikan informasi tentang waktu yang dibutuhkan tanah untuk mencapai konsolidasi 90% serta besar *settlement* tanah area *Preloading* pada Proyek Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan Seksi 4 (PPKA 4) dengan dilakukannya perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berdasarkan data *back analysis*.
3. Sebagai referensi dan acuan dalam analisis lebih lanjut mengenai perencanaan metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) di sekitar lokasi penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis/ Komponen	Fanny Ika Saraswati Skripsi Universitas Brawijaya (2018)	Nila Sutra, Noor Endah, Putu Tantri Kumalasari (2017)	Ashutosh Sutra Dhar, Abu Siddique, Syed Fakrul Ameen International Journal of Geoengineering Case Histories ©, Vol. 2, Issue 2, p. 86 (2011)
Judul Penelitian	Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Mall Menggunakan Metode Preload Kombinasi PVD Dan PHD	Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar Dan Analisa Stabilitas Tanggul Pada Area Reklamasi Proyek Pengembangan Pelabuhan Peti Kemas Belawan, Medan (Tahap II)	Ground Improvement using Preloading with Prefabricated Vertical Drains

Lokasi	Area Mall Summarecon Bandung	Proyek Pengembangan Pelabuhan Peti Kemas Belawan, Medan	Chittagong Sea Port, Bangladesh
Metode	Studi Literatur, Pengumpulan Data , Analisis Data	Studi Literatur, Pengumpulan Data , Analisis Data	Literature Studies, Data Analysis
Kesimpulan	<p>1. Diperlukannya perbaikan tanah dengan metode Preloading kombinasi PVD dan PHD .</p> <p>2. Dengan tinggi timbunan setinggi 6 m dan kedalaman PVD mencapai 25 m untuk Zona 1 dan 27 m untuk Zona 2, dengan penurunan sebesar 1.52 m untuk Zona 1 dan 1.4 m untuk Zona 2, maka didapat waktu konsolidasi akibat perbaikan tanah menggunakan metode Preload kombinasi PVD dengan jarak 1 m antara 6 - 7 minggu, 1.3 m antara 12 -14</p>	<p>1. Elevasi akhir timbunan yang direncanakan adalah +3,5 m LWS. Tinggi timbunan awal yang dibutuhkan pada Zona 1 adalah 18,9 m, pada Zona 2 setinggi 22,64 m dan pada Zona 3 setinggi 18,33 m. Timbunan awal tersebut sudah</p>	<p>Based on the laboratory investigations design values of C_v, C_h, k_v, and k_h were 7.5 $m^2/year$, 15.5 $m^2/year$, 0.047 $m/year$ and 0/073 $m/year$, respectively. The corresponded to C_h/C_v, value of 2.07 and k_h/k_v, value of 1.53. The coefficient of compressibility, C_c from</p>

	<p>minggu dan 1.5 m adalah 16-19 minggu untuk zona tersebut.</p>	<p>termasuk beban <i>surchage</i> setinggi 5,5 m yang setara dengan 6 tiers kontainer 20 TEUs dengan $Q_{surchage} = 9,75$ t/m. Beban <i>surchage</i> akan dibongkar setelah pemampatan mencapai 90% (U=90%).</p> <p>2. Waktu tersingkat yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% (U=90%) dari tiga Zona adalah 136,17 tahun pada</p>	<p>laboratory test ranged from 0.17 to 0.45. Installation of the vertical drains reduced Pre consolidation time significantly (from about 1 to 5 years without vertical drain to about 50 days with PVD)</p>
--	--	--	--

		<p>Zona 2. Waktu tersebut sangat lama, sehingga dibutuhkan perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) untuk percepatan waktu konsolidasi.</p> <p>3. Dengan kecepatan penimbunan 50 cm/minggu, didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk penimbunan bertahap pada Zona 1 adalah 38minggu, pada Zona 2 selama 46 minggu dan pada Zona 3 selama 37 minggu.</p>	
--	--	---	--

		<p>Sedangkan PVD hanya berfungsi maksimal selama 24 minggu (6 bulan). Sehingga dengan waktu 24 minggu, untuk mencapai derajat konsolidasi 90% ($U=90\%$), didapatkan pola pemasangan PVD segitiga dengan jarak 1,75 m pada Zona 1 serta jarak 1,5 m pada Zona 2 dan Zona 3.</p>	
--	--	--	--

2.2 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das, B.M. 1995)

Ukuran partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya disebut sebagai :

- a. Kerikil (*gravel*), yaitu kepingan kepingan batuan yang kadang juga partikel mineral quartz dan feldspar.
- b. Pasir (*Sand*), yaitu sebagian besar mineral quartz dan feldspar.
- c. Lanau (*Silt*), yaitu sebagian besar fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan dari pecahan-pecahan mika.
- d. Lempung (*clay*), yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop). Berukuran lebih kecil dari 0.002 mm (2 micron).

Nama dan sifat tanah ditentukan atau dipengaruhi oleh: Gradasinya (untuk tanah berbutir kasar), dan batas-batas konsistensinya (untuk tanah berbutir halus. Yang dalam hal ini disebut Sifat Indek Tanah. Gradasi merupakan sifat yang penting untuk tanah berbutir kasar. Tanah terdiri beraneka ragam ukuran butiran dengan perbandingan prosentasi ukuran butiran beraneka ragam. Dengan kata lain distribusi ukuran butiran atau gradasi butiran tidak pernah sama tanah satu dengan tanah yang lain. Dan untuk menganalisa gradasi tanah berbutir kasar digunakan analisa saringan, untuk tanah berbutir halus digunakan cara pengendapan (Santosa dkk. 1998).

Lempung	Tanau			Pasir			Kerikil			
	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60

Gambar 2.1 Skema jenis tanah dan batas batas ukuran butirnya (Sumber: Santoso dkk. 1998)

2.3 Peran Tanah Pada Bangunan

Menurut Kuswanda (2015), Tanah mempunyai 3 (tiga) peran utama dalam konsturksi, yaitu sebagai pendukung, bahan dan beban bangunan infrastruktur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** Dalam perannya sebagai pendukung, tanah harus memiliki daya dukung yang mampu mendukung konstruksi yang berada di atasnya. Apabila tanah mengalami pemampatan maka tidak akan terjadi penurunan yang mengakibatkan kerusakan konstruksi. **Gambar 2.3**



Gambar 2.2 Peran tanah pada konstruksi (Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)



Gambar 2.3 Tanah sebagai pendukung konstruksi

(Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)

2.4 Tanah Lunak

Tanah lempung adalah tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung bersifat sangat keras dalam keadaan kering, plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. (Terzaghi, 1987).

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1992) :

- a. Berukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002mm.
- b. Permeabilitasnya rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

Braja M Das, (1985) mengklasifikasikan lempung berdasarkan kadar air

Tipe Tanah Lempung	Kadar air, w (%)
Kaku	21
Lembek	30 – 50
Lunak	90 - 120
Batas Cair	>50 %

Gambar 2.4 Lempung Berdasarkan Kadar Air (Sumber: Das, B. M. 1995)

2.5 Penurunan Tanah (Settlement)

Penambahan beban pada suatu lapisan tanah jenuh akan mengakibatkan angka tekanan air pori naik secara mendadak.. Air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori ke luar sebagai akibat dari kenaikan tckanan air pori bisa selesai dengan cepat. Proses keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah; pada saat volume tanah berkurang, lapisan tanah itu mengalami penurunan.

Braja M Das (1995) mengelompokkan penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (immediate settlement), yang merupakan akibat dari defomasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pacta penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

2.5.1 Penurunan Konsolidasi

Penurunan (settlement) akan terjadi ketika suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampu mampat diberi penambahan tegangan. Koefisien rembesan lempung lebih kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat dalam waktu yang sangat lama. Jadi setelah penurunan segera, akan terjadi perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori (yaitu konsolidasi). Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera.

Formula yang dipakai untuk menghitung besar konsolidasi (S_c) yang telah dikembangkan oleh Terzaghi (1942) adalah sebagai berikut:

a. Tanah Normally Consolidated (NC Soil)

Tanah Normally Consolidated (NC Soil), dimana tekanan efektif overburden adalah tekanan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut. Besar pemampatan untuk tanah NC Soil adalah sebagai berikut :

$$S_{ci} = \left(\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_o} \right) H_i \quad (2.1)$$

b. Tanah Over Consolidated (OC Soil)

Tanah over consolidated (OC Soil), dimana tekanan efektif overburden pada saat dibebani nialainya lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah tersebut sebelumnya. Tekanan overburden yang pernah dialami tanah tersebut sebelumnya disebut tekanan *prakonsolidasi*. Besar pemampatan untuk tanah OC Soil adalah sebagai berikut :

1. Bila $(\sigma'_{o+\Delta\sigma}) \leq \sigma_c'$

$$S_{ci} = \left(\frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_o} \right) H_i \quad (2.2)$$

2. Bila $(\sigma'_{o+\Delta\sigma}) > \sigma_c'$

$$S_{ci} = \left(\frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_o} + \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_o} \right) H_i \quad (2.3)$$

Dimana :

S_{ci} = pemampatan Konsol pada lapis tanah 1 yang ditinjau

H_i = tebal lapisan tanah ke-i

E_o = angka pori awal lapisan tanah ke-i

C_c = Compression Index dari lapisan tanah ke-i

C_s = Swelling Index dari lapisan tanah ke-I

σ_o' = tegangan overburden efektif di suatu titik ditengah lapisan ke i akibat berat sendiri dari lapisan tanah di atas yang ditinjau di lapangan.

σ_c = tegangan prakonsolidasi efektif

2.5.2 Penurunan Segera

Deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air, tanpa adanya perubahan kadar air merupakan faktor penyebab terjadinya penurunan segera. Umumnya, penurunan ini diturunkan dari teori elastisitas. *Immediate settlement* ini biasanya terjadi selama proses konstruksi berlangsung. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah *undrained modulus* dengan uji coba tanah yang diperlukan seperti SPT, Sondir (*dutch cone penetration test*), dan *Pressuremeter test*.

$$\rho_i = p \cdot B \frac{1-\mu^2}{E} I_p \quad (2.4)$$

Dimana :

ρ_i = penurunan segera

p = tekanan bersih yang dibebankan

B = lebar pondasi

μ = angka poisson

E = modulus elastisitas tanah (Modulus Young)

I_p = faktor pengaruh (influence factor) yang tidak mempunyai dimensi.

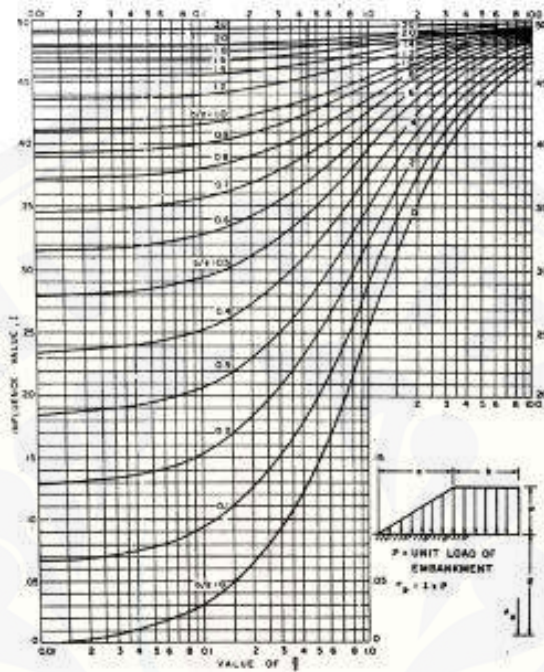
Influence factor bisa didapat dari grafik pada gambar 2.5 sebagai berikut:

$$\Delta s = 2 \times I \times q \quad (2.5)$$

Dimana :

q = tegangan vertikal efektif dipermukaan tanah akibat timbunan

I = Influence factor



Gambar 2.5 Grafik Influence Factor (Sumber: Das, B.M. 1995)

2.6 Perbaikan Tanah Lunak

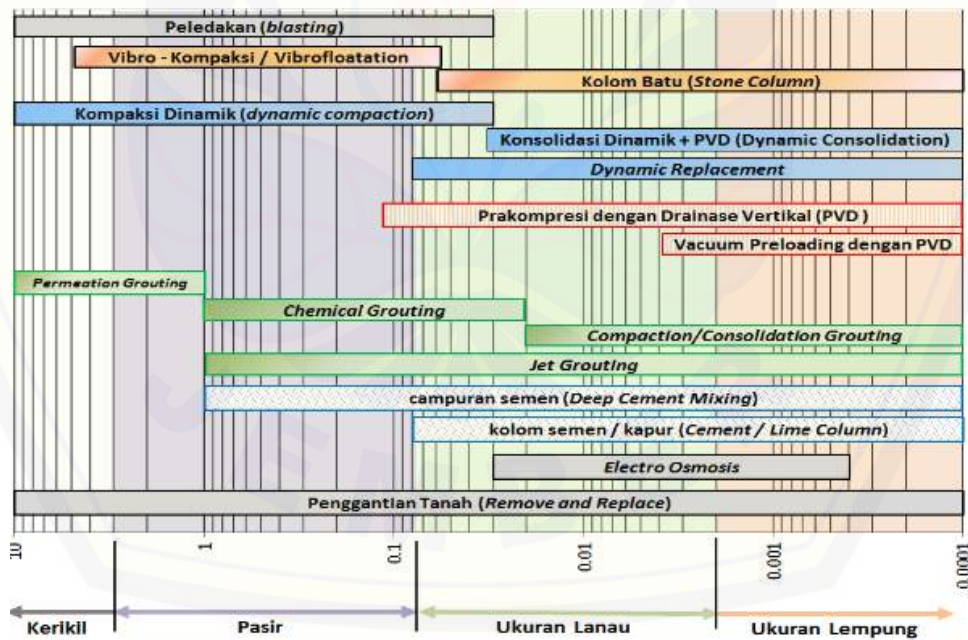
Perbaikan tanah dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, utamanya parameter kuat geser tanah yang berguna mendukung sebuah struktur sehingga mampu menahan konstruksi yang akan dibangun dengan deformasi yangizinkan. Secara umum perbaikan dan perkuatan tanah dimaksudkan untuk :

1. Menaikkan daya dukung & kuat geser
2. Menaikkan modulus
3. Mengurangi kompressibilitas
4. Mengontrol stabilitas volume (shringking & swelling)
5. Mengurangi kerentanan terhadap liquifaksi
6. Memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi

7. Memperkecil pengaruh lingkungan

2.6.1 Metode *Preloading* dan *Prefabricated Verical Drain (PVD)*

Preloading dan prefabricated vertical drain pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kekuatan geser pada tanah, mengurangi kompresibilitas/kemampumampatan tanah, dan mencegah penurunan (*settlement*) yang besar serta kemungkinan kerusakan pada struktur bangunan. Preloading dan vertical drain umumnya digunakan pada tanah dengan daya dukung yang rendah seperti pada tanah lempung lunak, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Metode ini dilakukan dengan memberikan beban timbunan (*surcharge*) pada tanah dasar. Tekanan yang diberikan oleh beban timbunan akan membuat air keluar dari pori tanah. Proses keluarnya air pori tanah ini dipercepat dengan bantuan prefabricated vertical drain.



Gambar 2.6 Jenis – jenis metode perbaikan tanah (Sumber: RSNI Geoteknik)

2.6.1.1 Preload

Salah satu hal penting yang menentukan keberhasilan metode preloading adalah dalam hal perencanaan timbunan preload. Preload harus direncanakan sesuai dengan beban konstruksi (construction load) dan beban kerja (work load) yang akan berada di atas tanah dasar. Output hasil perencanaan preload berupa data berat jenis (γ) dan tinggi timbunan preload. Dari data berat jenis dan tinggi timbunan tersebut didapatkan beban kerja dari timbunan preload. Timbunan preload inilah yang nantinya akan dibongkar dan digantikan dengan beban konstruksi dan beban kerja apabila konsolidasi tanah dasar telah mencapai sesuai dengan yang direncanakan. Beban akibat timbunan tanah yang dibongkar harus lebih besar atau sama dengan beban akibat beban konstruksi dan beban kerja. Jika beban konstruksi dan beban kerja lebih besar dari beban tanah yang dipindahkan, dikhawatirkan tanah akan mengalami penurunan kembali dan menyebabkan kerusakan struktur pada konstruksi yang telah dibangun.

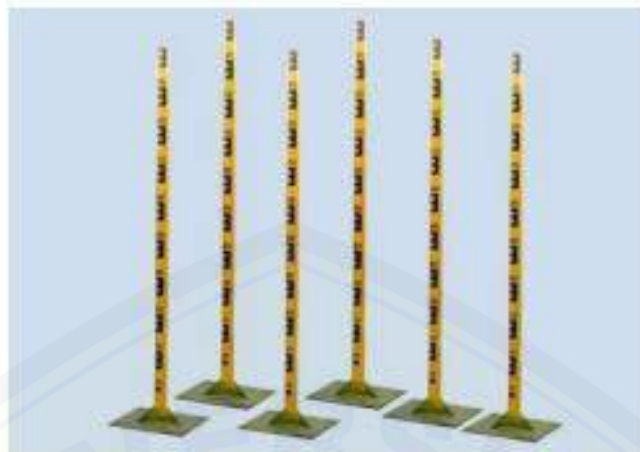


Gambar 2.7 Perencanaan timbunan preload (Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)

2.6.1.2 Instrumen Geoteknik

2.6.1.2.1 Settlement Plate

Settlement Plate digunakan untuk memantau pergerakan vertikal tanah, yaitu perubahan vertikal yang terjadi ke arah bawah maupun atas akibat perubahan tegangan dan regangan serta pemampatan di dalam lapisan tanah.



Gambar 2.8 *Settlement Plate* (Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)

2.7 Teori Preloading

2.7.1 Tegangan Overburden (P_o')

Tegangan overburden adalah tegangan yang dialami oleh suatu massa tanah pada kedalaman tertentu akibat berat massa tanah/beban di atasnya. Tegangan overburden dapat dirumuskan sebagai berikut:

Tegangan Overburden

$$\sigma_o'' = \gamma' \times (1/2 \times h) \quad (2.6)$$

2.7.2 (Tegangan Pra Konsolidasi) (σ_c')

Tegangan Pra konsolidasi merupakan tegangan efektif overburden maksimum yang pernah dialami oleh tanah sebelumnya.

$$\sigma_c' = \sigma_o' + \Delta\sigma_f \quad (2.7)$$

$$\sigma_c'_1 = 0.405 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_c'_1 = 2.405 \text{ t/m}^2$$

$\Delta\sigma_f$ = Tambahan Tegangan yang terjadi pada tanah akibat adanya beban di waktu lampau atau karena fluktuasi muka air tanah. Dengan nilai fluktuasi air tanah yaitu 2 t/m^2

2.7.3 Tegangan Akibat Timbunan (ΔP)

ΔP merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau dari tengah tengah lapisan.

$$\Delta P = q_0 / \pi \left[\left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right] \quad (2.8)$$

ΔP = Besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau ditengah-tengah lapisan (t/m^2)

q_0 = Beban timbunan (t/m^2)
 = $\gamma_{\text{timbunan}} \times H_{\text{Total}}$ (2.9)

B_1 = Lebar $\frac{1}{2}$ timbunan (2.10)

B_2 = 1:2 panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan (2.11)

α_1 = $\tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right)$ (radian) (2.12)

α_2 = $\tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right)$ (radian) (2.13)

2.7.4 Perhitungan *Settlement* Pada Setiap Lapisan Tanah

Perhitungan *settlement* pada tanah jenis ini dibedakan menjadi 2, yaitu

1. Jika $(\sigma' + \Delta P) \leq \sigma_c'$

$$S_{ci} = \left(\frac{Cc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) H_i$$

2. Jika $(\sigma' + \Delta P) > \sigma_c'$

$$S_{ci} = \left(\frac{Cs}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + \frac{Cc}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) H_i$$

2.7.5 Menentukan H – Inisial

H_{Inisial} merupakan tinggi timbunan sebelum terjadinya *Settlement* akibat beban perkerasan dan beban lalu lintas (*Preload*) yang bekerja di atasnya.

$$H_{\text{Inisial}} = \frac{q_{\text{final}} + (Sc(\gamma_{\text{timbunan}} + \gamma_w - \gamma_{\text{sat-timbunan}}))}{\gamma_{\text{timbunan}}} \quad (2.14)$$

2.7.6 Mencari Hubungan antara Tinggi Timbunan Awal dan Akhir

Mula-mula:

$$q_{awal} = H_{awal} \times g_{timbunan}$$

Setelah mengalami konsolidasi S_c :

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_c$$

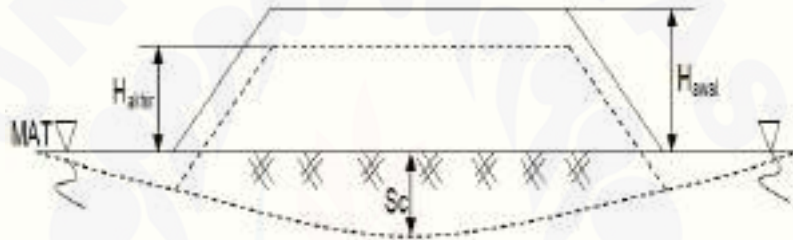
$$q_{akhir} = H_{akhir} \times g_{timbunan} + S_c (g_{sat.timbunan} - g_{water})$$

$$q_{akhir} = (H_{awal} - S_c) g_{timbunan} + S_c (g_{sat.timbunan} - 1)$$

Karena dianggap $g_{timbunan} = g_{sat.timbunan}$, maka:

$$q_{akhir} = H_{awal} \times g_{timbunan} - S_c$$

Jadi, $q_{akhir} < q_{awal}$



Gambar 2.9 H Timbunan Awal dan Akhir (Sumber: PT Teknindo Geosistem Unggul)

2.7.7 Penentuan Tinggi Kritis (H_{cr})

Tinggi kritis timbunan dapat ditentukan dengan persamaan,

$$H_{cr} = \frac{N_c \cdot C_u}{\gamma_{Timbunan}} \quad (2.15)$$

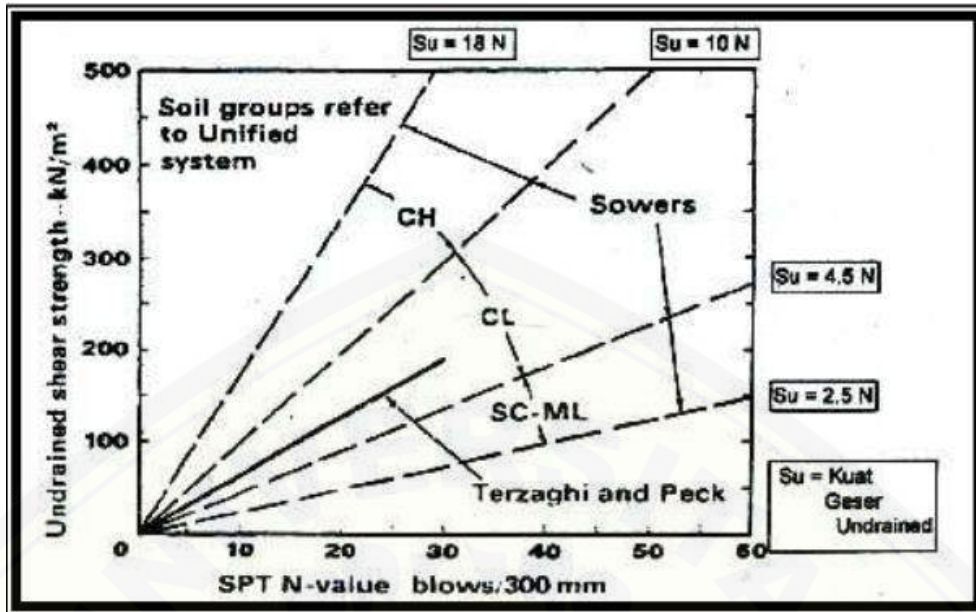
Dimana :

H_c = tinggi kritis timbunan

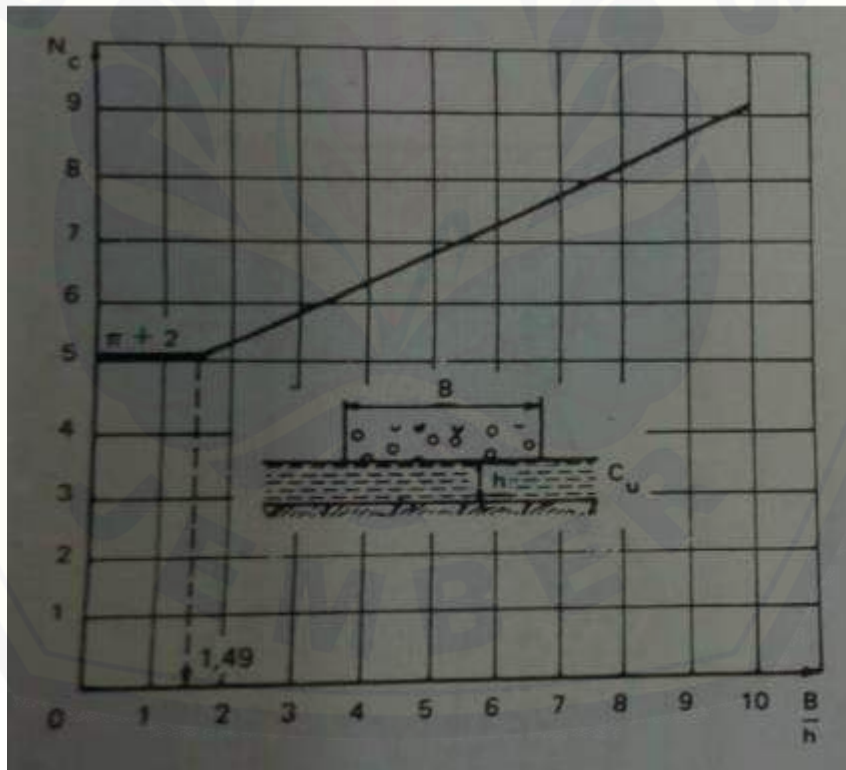
N_c = koefisien daya dukung yang tergantung dari b/h (Mandel dan Salencon, 1969)

C_u = *Undrained Shear Strength*

γ = berat isi timbunan



Gambar 2.10 Korelasi nilai N SPT vs Su (Terzaghi & Peck, 1967; Sowers, 1979)



Gambar 2.11 Koefisien daya dukung N_c dalam fungsi B/h

2.8 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

PVD umumnya terbuat dari geotekstil atau turunan produk geotekstil. PVD merupakan material komposit yang terdiri dari inti (core) dan penyaring (filter)

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Bahan mentah yang digunakan untuk pembuatan PVD tidak boleh menyebabkan polusi tanah dan air tanah. Fungsi PVD yaitu untuk mempercepat proses konsolidasi. PVD bekerja dengan cara mengalirkan air pori secara vertikal ke permukaan tanah .



Gambar 2.12 Material PVD (Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)

2.8.1 Waktu Konsolidasi menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Penentuan waktu konsolidasi oleh Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) dapat dibuat dengan persamaan

$$t = \left(\frac{n^2}{8.ch} \right) \cdot (F(s) + F(r) + F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.16)$$

Dimana:

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h

D = diameter equivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari equivalen vertical drain

Ch = koefisien konsolidasi konsolidasi tanah akibat aliran arah horizontal

U_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran arah horizontal

F(s) = *Factor smear effect*

F(r) = *Factor well resistance*

2.8.2 Parameter Tanah Untuk Penentuan Waktu Konsolidasi dengan
Prefabricated Vertical Drain (PVD)

2.8.2.1 Diameter Equivalen

Pola Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* yang biasa dipakai yaitu pola segitiga dan segiempat. Diameter yang digunakan pada pola pemasangan PVD dapat dihitung dengan persamaan

Pola Segiempat:

$$D = 1.13S \quad (2.17)$$

Pola Segitiga:

$$D = 1.05S \quad (2.18)$$

2.8.2.2 Koefisien Konsolidasi Horizontal (C_v)

Koefisien konsolidasi horizontal ditentukan melalui persamaan

$$C_h = v \left(\frac{kh}{kv} \right) C_v \quad (2.19)$$

Dimana perbandingan antara koefisien permeabilitas horizontal dan vertikal berkisar diantara 2 hingga 5 kali C_v .

2.8.2.3 Faktor Hambatan Akibat Jarak Antar PVD (F_n)

Perhitungan besar faktor hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD dihitung dengan menggunakan persamaan. Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap

$$1/n = 0 \text{ dan } \left(\frac{n^2}{n^2-1} \right) = 1 \text{ Jadi ,}$$

$$F(n) = (n^2/n^2-1) \times (\ln(n) - 3/4 - (1/(4n^2))) \quad (2.20)$$

$$n = \frac{n}{dw} \quad (2.21)$$

Dimana dw adalah diameter equivalen dari vertical drain terhadap bentuk lingkaran.

$$Dw = \frac{2(a+b)}{\pi} \quad (2.22)$$

2.8.3 Menghitung Derajat Konsolidasi Rata-rata

Derajat Konsolidasi rata – rata dapat diperoleh dengan persamaan

$$U_{\text{Total}} = (1 - (1 - U_h) (1 - U_v)) \quad (2.23)$$

Dimana:

U = derajat konsolidasi tanah akibat aliran vertikal dan radial

U_v = derajat konsolidasi vertikal

U_h = derajat konsolidasi radial

2.8.4 Parameter Tanah Untuk Penentuan Derajat Konsolidasi Dengan PVD

2.8.4.1 Derajat Konsolidasi Vertikal

Derajat konsolidasi vertikal dapat ditentukan dengan persamaan berikut

Untuk T, antara 0 s/d 60%

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \quad (2.24)$$

Untuk T, >60%

$$U_v > 60\% = (100 - a)\% \quad (2.25)$$

Dimana

$$a = 10^{\left(\frac{1.781 - T}{0.993} \right)} \quad (2.26)$$

2.8.4.2 Derajat Konsolidasi Horizontal

Besarnya derajat konsolidasi horizontal dirumuskan oleh Barron (1948)

dengan persamaan

$$U_h = \left[\left(1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \quad (2.27)$$

2.8.5 Menentukan Kedalaman *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Kedalaman *Prefabricated Vertical Drain* juga dapat ditentukan menggunakan tabel konsistensi tanah kohesif pada **Tabel 2.4** Tanah kohesif yang berkemampumpapatan tinggi adalah tanah yang domain mengandung lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) dengan konsistensi sangat lunak (*very soft*), lunak (*soft*) dan menengah (*medium*). Dalam praktek, biasanya ditentukan dengan nilai $N-SPT \leq 10$ atau $C_u \leq 40$ kPa.

Konsistensi Tanah	Taksiran Harga Kekuatan Geser Undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N
	kPa	Ton/m ²	
Sangat Lunak (<i>very soft</i>)	0-12.5	0-12.5	0-2.5
Lunak (<i>soft</i>)	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5
Menengah (<i>medium</i>)	25-50	2.5-5	5-10
Kaku (<i>stiff</i>)	50-100	5-10	10-20
Sangat kaku (<i>very stiff</i>)	100-200	10-20	20-40
Keras (<i>hard</i>)	>200	>20	>40

Gambar 2.13 Konsistensi tanah kohesif (Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

2.9 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

Prefabricated horizontal drain (PHD) adalah jalur drainase yang dibuat secara fabrikasi yang terdiri dari inti *polypropylene* yang memiliki profil berlekuk untuk mengalirkan air pada kedua sisi. Inti tersebut terbungkus filter geotextile non-woven untuk mencegah butiran tanah tidak masuk kedalam inti. Setelah air pori mengalir secara vertikal melalui *prefabricated vertical drain* (PVD) ke permukaan tanah, air akan dialirkan secara horizontal ke drainase yang disiapkan melalui *prefabricated horizontal drain* (PHD) yang dipasang dipermukaan tanah.



Gambar 2.14 Material PHD (Sumber: Jurnal Problematika Pembangunan Infrastruktur pada Tanah Lempung Lunak dan Alternatif Metoda Penanganannya, 2015)

PHD dipasang menyesuaikan dengan pola dan jarak PVD yang digunakan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini terletak pada Proyek Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Zona 4 (PPKA 4), Sumatera Selatan khususnya pada Area *Preloading*.



Gambar 3.1 Lokasi Proyek PPKA 4

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan parameter – parameter tanah baru yang diperoleh dari perhitungan *back analysis*.

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data tanah hasil perhitungan analisa balik, serta spesifikasi material PVD dan PHD.

3.2.1.1 Data Tanah Hasil Analisa Balik

Dari hasil aktual yang didapatkan melalui monitoring instrument geoteknik, selanjutnya dilakukan analisa balik yang nantinya akan diperoleh beberapa parameter tanah baru yaitu Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal (C_h), Koefisien

Kompresibilitas Volume (m_v), Permeabilitas Tanah Arah Vertikal (k_v), dan Indeks Kompresi (C_c).

Namun pada perencanaan ulang ini, parameter yang digunakan dalam perhitungan yakni Indeks Kompresi (C_c) saja.

3.2.1.2 Data Spesifikasi PVD dan PHD

Desain *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang dipakai adalah CeTau-Drain CT-D1008, sedangkan Desain *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) yang dipakai adalah CeTeau CT-SD100-20.

3.3 Pengolahan Data

3.3.1 Perencanaan Beban *Preloading* dan *Settlement*

Perhitungan beban *Preloading* disesuaikan dengan beban konstruksi dan beban kerja yang berada diatas tanah dasar. Output perhitungan ini berupa estimasi *settlement* (S_c), tinggi timbunan awal ($H_{Inisial}$), dan tinggi timbunan akhir (H_{Final}).

3.3.2 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain*

Dalam metode perbaikan tanah *Preloading*, *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) berfungsi mengalirkan air pori dari dalam tanah ke arah vertikal. Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) meliputi pemilihan pola ,jarak , dan kedalaman pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Tentu pemilihan pola dan jarak mempertimbangkan beberapa faktor seperti waktu dan biaya proyek. Biasanya dalam pelaksanaan, kedalaman *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) ditentukan dari data tanah dengan nilai $N-SPT \leq 10$ dan $q_u \leq 40$ kPa.

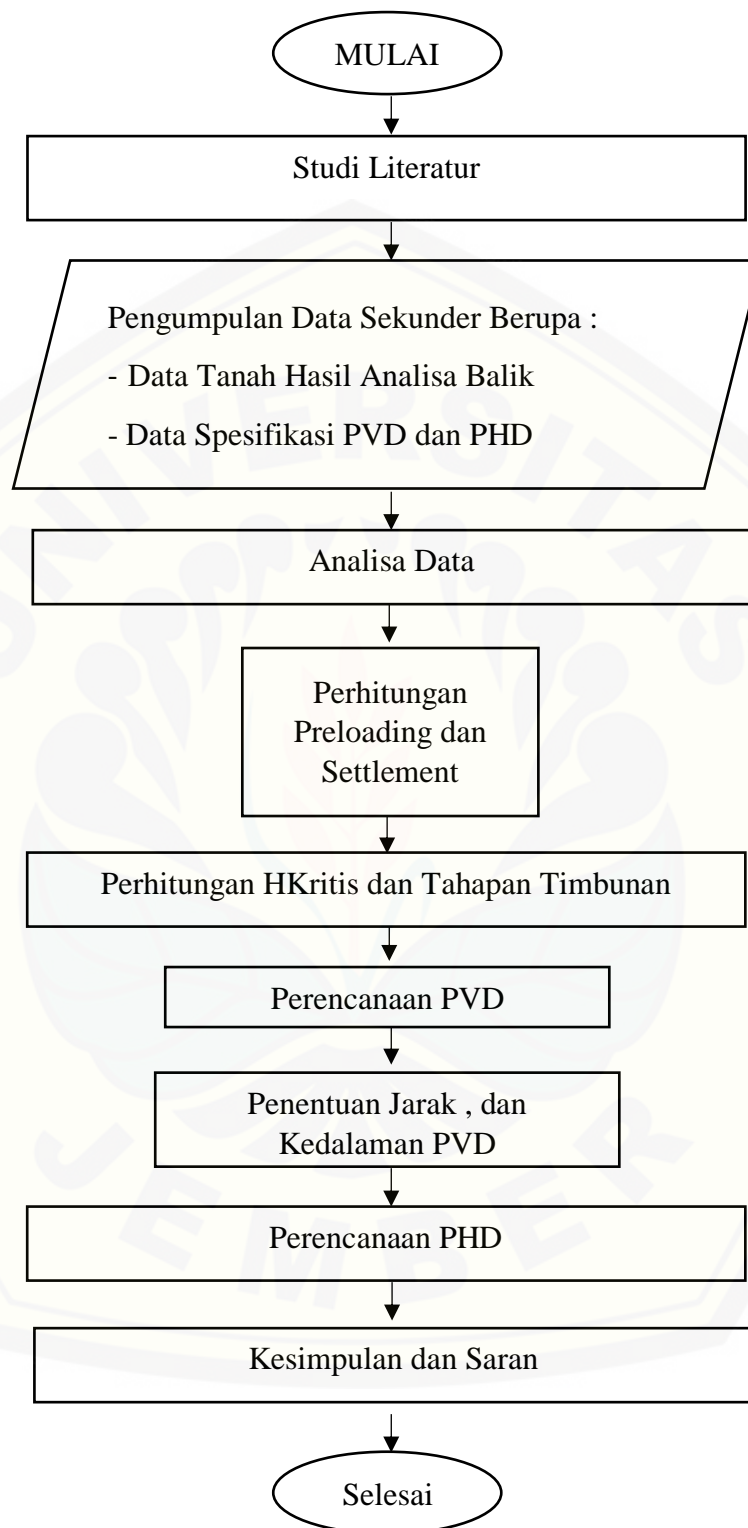
3.3.3 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain*

Prefabricated Horizontal Drain (PHD) dipasang menyesuaikan dengan jarak dan pola *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Setelah proses analisa dilakukan, proses selanjutnya adalah membuat kesimpulan dan saran dari hasil analisa yang didapatkan.





Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan pada Tugas Akhir ini, diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut,

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil perencanaan perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) pada modul *Preloading* Proyek PPKA 4 yaitu,

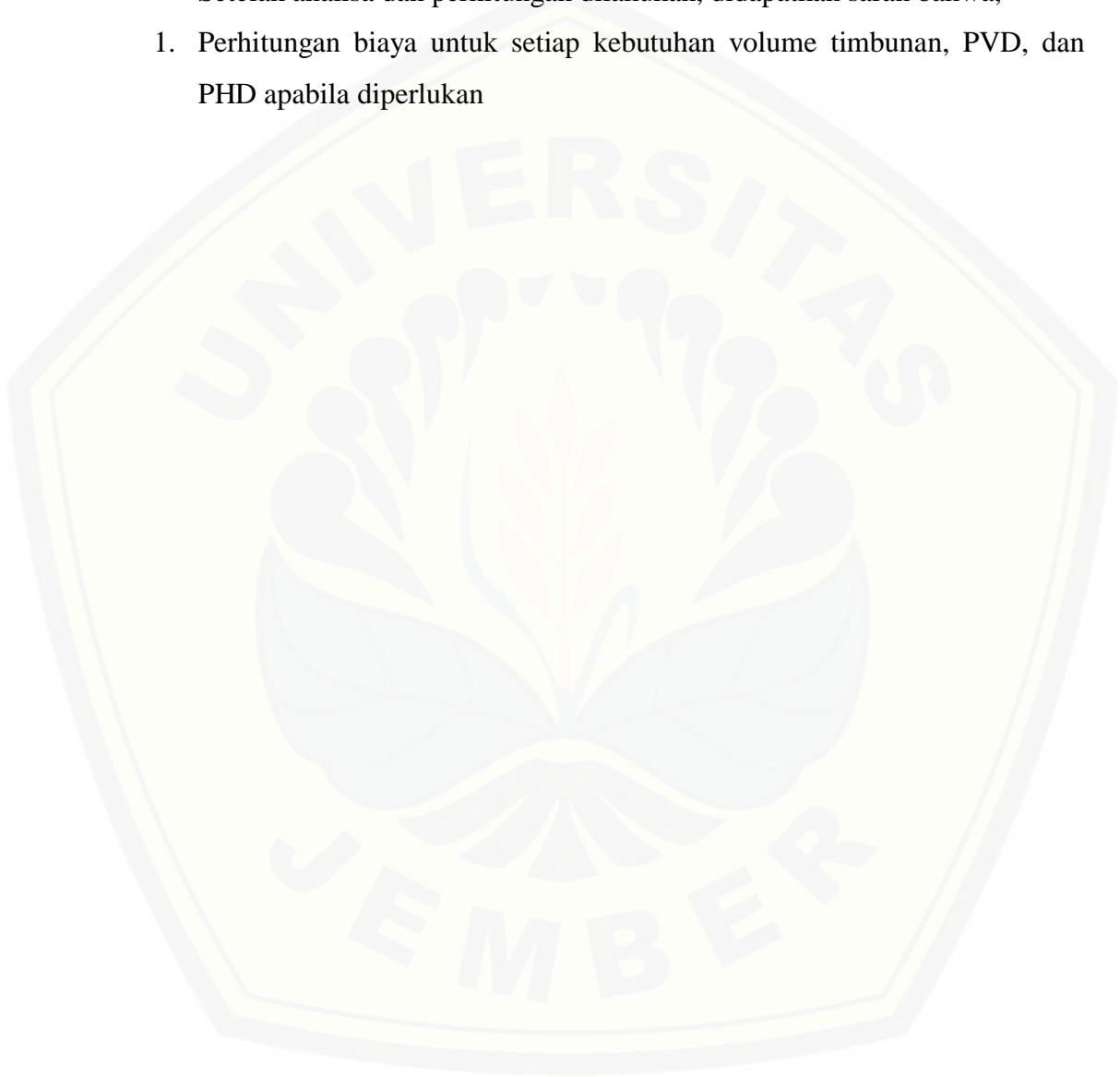
1. Berdasarkan data analisa balik, parameter tanah baru yang di gunakan dalam perencanaan ulang ini yaitu indeks kompresi (C_c). C_c perkedalaman yang diperoleh dari analisa balik adalah sebagai berikut, kedalaman 0 – 0.9 m sebesar 0.058, kedalaman 5.4 – 7.8 m sebesar 0.053 dan kedalaman 7.8 – 10 m sebesar 0.058. Setelah parameter tersebut dimasukkan kedalam perhitungan, pada modul *Preloading* (STA 179 + 400 sampai dengan STA 179 + 550) didapatkan H_{Total} setinggi 4.4 m. Dengan $H_{Inisial}$ sebesar 2.2 m serta $H_{BebanPreloadng}$ yang bekerja diatas modul sepanjang 150 m yaitu 2.1078 m. Di modul ini pula dipasang 2879 titik *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) dengan pola pemasangan segitiga berjarak 1.5 m sedalam 10 m. Sedangkan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) dipasang sebanyak 101 titik aliran menyesuaikan pola dan jarak *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) yang dipasang.
2. Waktu yang dibutuhkan agar tanah mencapai konsolidasi 90% dengan digunakannya metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) adalah 15 minggu.
3. *Settlement* yang terjadi dengan dilakukannya perbaikan tanah metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan

Prefabricated Horizontal Drain (PHD) berdasarkan data *back analyses* adalah 0.0378 m..

5.2 Saran

Setelah analisa dan perhitungan dilakukan, didapatkan saran bahwa,

1. Perhitungan biaya untuk setiap kebutuhan volume timbunan, PVD, dan PHD apabila diperlukan



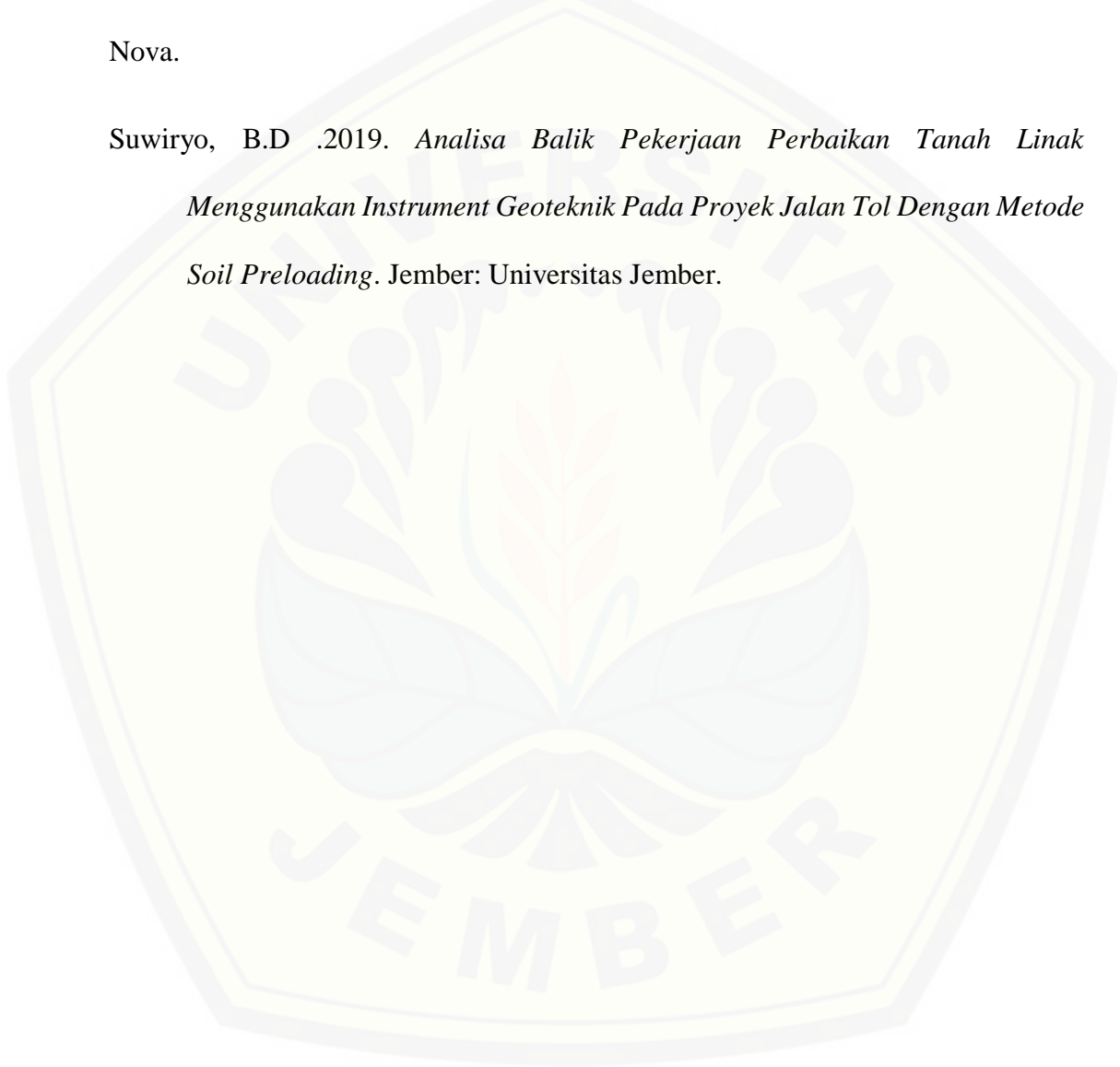
DAFTAR PUSTAKA

- Dhar, A.S., Siddique, A., Ameen, S.F., 2011. Ground Improvement using Pre-loading with Prefabricated Vertical Drains. *International Journal of Geoengineering Case Histories*. 2(2):86-104.
- Hidayat,A.M. dan M.D.W, Ardana.2008. *Kombinasi Preloading Dan Penggunaan Pre-Fabricated Vertical Drains Untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak (Studi Kasus Tanah Lempung Suwung Kangin)*. Universitas Stuttgart,12(1):51-61.
- Juniarso.2011. Analisa Waktu Penurunan Tanah Dengan Kombinasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertikal Drain (PVD) Antara Pola Segitiga Dan Persegi Pada Perbaikan Tanah (Studi Kasus Landas Pacu Bandar Udara JuwataTarakan). *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*.10(1):92-99.
- M Das, Braja. 1995. *Mekanika Tanah, Jilid 1-2 Terjemahan*. Erlangga. Jakarta.
- Mishra, B.2016. A Study on Ground Improvement Techniques and Its Applications. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*.5(1):72-86.
- Ohoimas, M., Y dan I.N, Hamdhan..2014. Analisis Konsolidasi dengan Menggunakan Metode Preloading dan Vertical Drain pada Areal. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Agustus*.1(1):1-11.

Sarawati, I.F.2017. *Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Mall Menggunakan Metode Preload Kombinasi Pvd Dan Phd*. Malang: Universitas Brawijaya.

Sukirman, Silvia. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung : Nova.

Suwiryo, B.D .2019. *Analisa Balik Pekerjaan Perbaikan Tanah Linak Menggunakan Instrument Geoteknik Pada Proyek Jalan Tol Dengan Metode Soil Preloading*. Jember: Universitas Jember.



LAMPIRAN

Lampiran A. Data Tanah

Depth	Soil Description	Cu (kN/m ²)	PI	gsat kN/m ³	E (Mpa)
0-0,9	Silty clay, soft to medium	25	17	19	15
0,9-5,4	Coarsed sand, medium dense		-	18	
5,4-7,8	Silty clay, soft	20	17	18	10
7,8-11	Silty clay, soft to medium	25	17	19	15
11-15	Silty clay, Stiff	75	17	20	60

Depth	Soil Description	mv (Mpa ⁻¹)	mv (m ² /kN)	kv (cm/s)	c
0-0,9	Silty clay, soft to medium	0.066667	0.000067	0.00000064	25
0,9-5,4	Coarsed sand, medium dense				
5,4-7,8	Silty clay, soft	0.100000	0.000100	0.00000064	15
7,8-11	Silty clay, soft to medium	0.066667	0.000067	0.00000064	25
11-15	Silty clay, Stiff	0.016667	0.000017	0.00000064	75

Depth	Soil Description	Friction Angel (deg)	Poison Ratio	Dr (%)
0-0,9	Silty clay, soft to medium	0	0.5	
0,9-5,4	Coarsed sand, medium dense	32	0.35	50
5,4-7,8	Silty clay, soft	0	0.5	
7,8-11	Silty clay, soft to medium	0	0.5	
11-15	Silty clay, Stiff	0	0.45	

Depth	Soil Description	e	Cc	Cs	LL
0-0,9	Silty clay, soft to medium	1.2	0.444	0.074	59.333
0,9-5,4	Coarsed sand, medium dense	0.575	0.213	0.035	33.639
5,4-7,8	Silty clay, soft	1.1	0.407	0.068	55.222
7,8-11	Silty clay, soft to medium	1.2	0.444	0.074	59.333
11-15	Silty clay, Stiff	0.6	0.222	0.037	34.667

Lampiran B. Cc Perkedalaman

B.1 Cc Pada SP 01

SP 01 L						
Sc Asaoka	0.07	m				
Sc Total	0.365	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.100	27.389	0.019	0.225	Cc	0.085
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.078	21.426	0.015	0.192	Cc	0.078
7,3 - 11	0.122	33.378	0.023	0.274	Cc	0.085
11 - 15	0.065	17.807	0.012	0.293	Cc	0.043

SP 01 CL						
Sc Asaoka	0.047	m				
Sc Total	0.414	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.109	26.374	0.012	0.246	Cc	0.050
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.089	21.541	0.010	0.219	Cc	0.046
7,3 - 11	0.140	33.847	0.016	0.316	Cc	0.050
11 - 15	0.076	18.238	0.009	0.340	Cc	0.025

SP 01 R						
Sc Asaoka	0.041	m				
Sc Total	0.415	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.109	26.365	0.011	0.246	Cc	0.044
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.089	21.542	0.009	0.220	Cc	0.040
7,3 - 11	0.140	33.851	0.014	0.316	Cc	0.044
11 - 15	0.076	18.242	0.007	0.341	Cc	0.022

B.2 Cc Pada SP 02

SP 02 L						
Sc Asaoka	0.019	m				
Sc Total	0.335	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis	Cc	Cc
0 - 0,9	0.094	28.076	0.005	0.212	Cc	0.025
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.071	21.339	0.004	0.176	Cc	0.023
7,3 - 11	0.111	33.062	0.006	0.249	Cc	0.025
11 - 15	0.059	17.524	0.003	0.264	Cc	0.013

SP 02 CL						
Sc Asaoka	0.047	m				
Sc Total	0.365	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis	Cc	Cc
0 - 0,9	0.100	27.392	0.013	0.225	Cc	0.057
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.078	21.425	0.010	0.192	Cc	0.052
7,3 - 11	0.122	33.377	0.016	0.274	Cc	0.057
11 - 15	0.065	17.806	0.008	0.293	Cc	0.029

SP 02 R						
Sc Asaoka	0.073	m				
Sc Total	0.376	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis	Cc	Cc
0 - 0,9	0.102	27.1	0.020	0.230	Cc	0.086
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.081	21.5	0.016	0.198	Cc	0.079
7,3 - 11	0.126	33.5	0.024	0.284	Cc	0.086
11 - 15	0.067	17.9	0.013	0.303	Cc	0.043

B.3 Cc Pada SP 03

SP 03 L						
Sc Asaoka	0.032	m				
Sc Total	0.354	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.098	27.621	0.009	0.220	Cc	0.040
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.076	21.397	0.007	0.186	Cc	0.037
7,3 - 11	0.118	33.271	0.011	0.266	Cc	0.040
11 - 15	0.063	17.710	0.006	0.283	Cc	0.020

SP 03 CL						
Sc Asaoka	0.063	m				
Sc Total	0.415	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.109	26.371	0.017	0.246	Cc	0.067
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.089	21.542	0.014	0.219	Cc	0.062
7,3 - 11	0.140	33.848	0.021	0.316	Cc	0.067
11 - 15	0.076	18.239	0.011	0.341	Cc	0.034

SP 03 R						
Sc Asaoka	0.044	m				
Sc Total	0.422	m				
Kedalaman	Sc teoritis	% Sc	Sc Asaoka	Sc teoritis		Cc
0 - 0,9	0.111	26.227	0.012	0.249	Cc	0.046
0,9 - 5,4						
5,4 - 7,3	0.091	21.557	0.009	0.224	Cc	0.042
7,3 - 11	0.143	33.915	0.015	0.323	Cc	0.046
11 - 15	0.077	18.302	0.008	0.348	Cc	0.023

Lampiran C. Perhitungan PVD Berbagai Jarak

C.1 PVD Jarak 0.8 m

S	D	F (n)	t	Cv	Ch	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U _{tot} (%)
0.80	0.84	1.81	1	0.008	0.23	0.00	0.01	0.52	52.14
0.80	0.84	1.81	2	0.008	0.23	0.00	0.01	0.77	77.01
0.80	0.84	1.81	3	0.008	0.23	0.00	0.01	0.89	88.95
0.80	0.84	1.81	4	0.008	0.23	0.00	0.01	0.95	94.69
0.80	0.84	1.81	5	0.008	0.23	0.00	0.01	0.97	97.44
0.80	0.84	1.81	6	0.008	0.23	0.00	0.02	0.99	98.77
0.80	0.84	1.81	7	0.008	0.23	0.00	0.02	0.99	99.41
0.80	0.84	1.81	8	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.72
0.80	0.84	1.81	9	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.86
0.80	0.84	1.81	10	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.93
0.80	0.84	1.81	11	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.97
0.80	0.84	1.81	12	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.98
0.80	0.84	1.81	13	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	99.99
0.80	0.84	1.81	14	0.008	0.23	0.00	0.02	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	15	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	16	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	17	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	18	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	19	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	20	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	21	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	22	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	23	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
0.80	0.84	1.81	24	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.80	0.84	1.81	25	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
2.80	0.84	1.81	26	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
3.80	0.84	1.81	27	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
4.80	0.84	1.81	28	0.008	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
5.80	0.84	1.81	29	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
6.80	0.84	1.81	30	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
7.80	0.84	1.81	31	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
8.80	0.84	1.81	32	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
9.80	0.84	1.81	33	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
10.80	0.84	1.81	34	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
11.80	0.84	1.81	35	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
12.80	0.84	1.81	36	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
13.80	0.84	1.81	37	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
14.80	0.84	1.81	38	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
15.80	0.84	1.81	39	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
16.80	0.84	1.81	40	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
17.80	0.84	1.81	41	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
18.80	0.84	1.81	42	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00

19.80	0.84	1.81	43	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
20.80	0.84	1.81	44	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
21.80	0.84	1.81	45	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
22.80	0.84	1.81	46	0.008	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
23.80	0.84	1.81	47	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
24.80	0.84	1.81	48	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
25.80	0.84	1.81	49	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
26.80	0.84	1.81	50	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
27.80	0.84	1.81	51	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
28.80	0.84	1.81	52	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
29.80	0.84	1.81	53	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
30.80	0.84	1.81	54	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
31.80	0.84	1.81	55	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
32.80	0.84	1.81	56	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
33.80	0.84	1.81	57	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
34.80	0.84	1.81	58	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
35.80	0.84	1.81	59	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
36.80	0.84	1.81	60	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
37.80	0.84	1.81	61	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
38.80	0.84	1.81	62	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
39.80	0.84	1.81	63	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
40.80	0.84	1.81	64	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
41.80	0.84	1.81	65	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
42.80	0.84	1.81	66	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
43.80	0.84	1.81	67	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
44.80	0.84	1.81	68	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
45.80	0.84	1.81	69	0.008	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
46.80	0.84	1.81	70	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
47.80	0.84	1.81	71	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
48.80	0.84	1.81	72	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
49.80	0.84	1.81	73	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
50.80	0.84	1.81	74	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
51.80	0.84	1.81	75	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
52.80	0.84	1.81	76	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
53.80	0.84	1.81	77	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
54.80	0.84	1.81	78	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
55.80	0.84	1.81	79	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
56.80	0.84	1.81	80	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
57.80	0.84	1.81	81	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
58.80	0.84	1.81	82	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
59.80	0.84	1.81	83	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
60.80	0.84	1.81	84	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
61.80	0.84	1.81	85	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
62.80	0.84	1.81	86	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
63.80	0.84	1.81	87	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
64.80	0.84	1.81	88	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
65.80	0.84	1.81	89	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
66.80	0.84	1.81	90	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00

67.80	0.84	1.81	91	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
68.80	0.84	1.81	92	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
69.80	0.84	1.81	93	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
70.80	0.84	1.81	94	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
71.80	0.84	1.81	95	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
72.80	0.84	1.81	96	0.008	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
73.80	0.84	1.81	97	0.008	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
74.80	0.84	1.81	98	0.008	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
75.80	0.84	1.81	99	0.008	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
76.80	0.84	1.81	100	0.008	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00

C.2 Jarak PVD 1 m

S	D	F (n)	t	Cv	Ch	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)
1.00	1.05	2.03	1.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.34	34.51
1.00	1.05	2.03	2.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.57	56.94
1.00	1.05	2.03	3.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.71	71.67
1.00	1.05	2.03	4.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.81	81.36
1.00	1.05	2.03	5.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.88	87.73
1.00	1.05	2.03	6.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.92	91.92
1.00	1.05	2.03	7.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.95	94.68
1.00	1.05	2.03	8.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.96	96.50
1.00	1.05	2.03	9.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.98	97.69
1.00	1.05	2.03	10.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.98	98.48
1.00	1.05	2.03	11.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.99	99.00
1.00	1.05	2.03	12.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.99	99.34
1.00	1.05	2.03	13.00	0.01	0.23	0.00	0.02	1.00	99.57
1.00	1.05	2.03	14.00	0.01	0.23	0.00	0.02	1.00	99.71
1.00	1.05	2.03	15.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.81
1.00	1.05	2.03	16.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.88
1.00	1.05	2.03	17.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.92
1.00	1.05	2.03	18.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.95
1.00	1.05	2.03	19.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.96
1.00	1.05	2.03	20.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.98
1.00	1.05	2.03	21.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.98
1.00	1.05	2.03	22.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.99
1.00	1.05	2.03	23.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.99
1.00	1.05	2.03	24.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	25.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	26.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	27.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	28.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	29.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	30.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	31.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00

1.00	1.05	2.03	78.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	79.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	80.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	81.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	82.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	83.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	84.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	85.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	86.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	87.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	88.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	89.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	90.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	91.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	92.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	93.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	94.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	95.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	96.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	97.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	98.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	99.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
1.00	1.05	2.03	100.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00

C3. Jarak PVD 1.25 m

S	D	F (n)	t	Cv	Ch	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U _{tot} (%)
1.25	1.31	2.25	1.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.21	21.89
1.25	1.31	2.25	2.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.38	38.75
1.25	1.31	2.25	3.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.51	51.95
1.25	1.31	2.25	4.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.62	62.28
1.25	1.31	2.25	5.00	0.01	0.23	0.00	0.01	0.70	70.39
1.25	1.31	2.25	6.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.76	76.75
1.25	1.31	2.25	7.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.81	81.75
1.25	1.31	2.25	8.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.85	85.66
1.25	1.31	2.25	9.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.89	88.74
1.25	1.31	2.25	10.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.91	91.16
1.25	1.31	2.25	11.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.93	93.05
1.25	1.31	2.25	12.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.94	94.54
1.25	1.31	2.25	13.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.96	95.71
1.25	1.31	2.25	14.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.97	96.63
1.25	1.31	2.25	15.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.97	97.36
1.25	1.31	2.25	16.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.98	97.92

1.25	1.31	2.25	17.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.98	98.37
1.25	1.31	2.25	18.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.99	98.72
1.25	1.31	2.25	19.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.99	98.99
1.25	1.31	2.25	20.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.99	99.21
1.25	1.31	2.25	21.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.99	99.38
1.25	1.31	2.25	22.00	0.01	0.23	0.00	0.03	0.99	99.51
1.25	1.31	2.25	23.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.62
1.25	1.31	2.25	24.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.70
2.25	1.31	2.25	25.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.76
3.25	1.31	2.25	26.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.81
4.25	1.31	2.25	27.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.85
5.25	1.31	2.25	28.00	0.01	0.23	0.00	0.03	1.00	99.89
6.25	1.31	2.25	29.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.91
7.25	1.31	2.25	30.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.93
8.25	1.31	2.25	31.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.94
9.25	1.31	2.25	32.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.96
10.25	1.31	2.25	33.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.97
11.25	1.31	2.25	34.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.97
12.25	1.31	2.25	35.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.98
13.25	1.31	2.25	36.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.98
14.25	1.31	2.25	37.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.99
15.25	1.31	2.25	38.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.99
16.25	1.31	2.25	39.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.99
17.25	1.31	2.25	40.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.99
18.25	1.31	2.25	41.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	99.99
19.25	1.31	2.25	42.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
20.25	1.31	2.25	43.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
21.25	1.31	2.25	44.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
22.25	1.31	2.25	45.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
23.25	1.31	2.25	46.00	0.01	0.23	0.00	0.04	1.00	100.00
24.25	1.31	2.25	47.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
25.25	1.31	2.25	48.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
26.25	1.31	2.25	49.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
27.25	1.31	2.25	50.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
28.25	1.31	2.25	51.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
29.25	1.31	2.25	52.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
30.25	1.31	2.25	53.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
31.25	1.31	2.25	54.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
32.25	1.31	2.25	55.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
33.25	1.31	2.25	56.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
34.25	1.31	2.25	57.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
35.25	1.31	2.25	58.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00

36.25	1.31	2.25	59.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
37.25	1.31	2.25	60.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
38.25	1.31	2.25	61.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
39.25	1.31	2.25	62.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
40.25	1.31	2.25	63.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
41.25	1.31	2.25	64.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
42.25	1.31	2.25	65.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
43.25	1.31	2.25	66.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
44.25	1.31	2.25	67.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
45.25	1.31	2.25	68.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
46.25	1.31	2.25	69.00	0.01	0.23	0.00	0.05	1.00	100.00
47.25	1.31	2.25	70.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
48.25	1.31	2.25	71.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
49.25	1.31	2.25	72.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
50.25	1.31	2.25	73.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
51.25	1.31	2.25	74.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
52.25	1.31	2.25	75.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
53.25	1.31	2.25	76.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
54.25	1.31	2.25	77.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
55.25	1.31	2.25	78.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
56.25	1.31	2.25	79.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
57.25	1.31	2.25	80.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
58.25	1.31	2.25	81.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
59.25	1.31	2.25	82.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
60.25	1.31	2.25	83.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
61.25	1.31	2.25	84.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
62.25	1.31	2.25	85.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
63.25	1.31	2.25	86.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
64.25	1.31	2.25	87.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
65.25	1.31	2.25	88.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
66.25	1.31	2.25	89.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
67.25	1.31	2.25	90.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
68.25	1.31	2.25	91.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
69.25	1.31	2.25	92.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
70.25	1.31	2.25	93.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
71.25	1.31	2.25	94.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
72.25	1.31	2.25	95.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
73.25	1.31	2.25	96.00	0.01	0.23	0.00	0.06	1.00	100.00
74.25	1.31	2.25	97.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
75.25	1.31	2.25	98.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
76.25	1.31	2.25	99.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00
77.25	1.31	2.25	100.00	0.01	0.23	0.00	0.07	1.00	100.00

C.4 Jarak PVD 1.5 m

S	D	F (n)	t	Cv	Ch	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U _{tot} (%)
1.500	1.575	2.432	1.000	0.008	0.233	0.000	0.007	0.143	14.885
1.500	1.575	2.432	2.000	0.008	0.233	0.000	0.009	0.266	27.274
1.500	1.575	2.432	3.000	0.008	0.233	0.000	0.011	0.371	37.820
1.500	1.575	2.432	4.000	0.008	0.233	0.000	0.013	0.461	46.819
1.500	1.575	2.432	5.000	0.008	0.233	0.000	0.015	0.538	54.506
1.500	1.575	2.432	6.000	0.008	0.233	0.000	0.016	0.604	61.076
1.500	1.575	2.432	7.000	0.008	0.233	0.000	0.017	0.661	66.694
1.500	1.575	2.432	8.000	0.008	0.233	0.000	0.019	0.710	71.498
1.500	1.575	2.432	9.000	0.008	0.233	0.000	0.020	0.751	75.608
1.500	1.575	2.432	10.000	0.008	0.233	0.000	0.021	0.787	79.123
1.500	1.575	2.432	11.000	0.008	0.233	0.000	0.022	0.817	82.131
1.500	1.575	2.432	12.000	0.008	0.233	0.000	0.023	0.843	84.705
1.500	1.575	2.432	13.000	0.008	0.233	0.000	0.024	0.866	86.908
1.500	1.575	2.432	14.000	0.008	0.233	0.000	0.025	0.885	88.793
1.500	1.575	2.432	15.000	0.008	0.233	0.001	0.026	0.902	90.406
1.500	1.575	2.432	16.000	0.008	0.233	0.001	0.026	0.916	91.787
1.500	1.575	2.432	17.000	0.008	0.233	0.001	0.027	0.928	92.969
1.500	1.575	2.432	18.000	0.008	0.233	0.001	0.028	0.938	93.981
1.500	1.575	2.432	19.000	0.008	0.233	0.001	0.029	0.947	94.847
1.500	1.575	2.432	20.000	0.008	0.233	0.001	0.030	0.955	95.588
1.500	1.575	2.432	21.000	0.008	0.233	0.001	0.030	0.961	96.223
1.500	1.575	2.432	22.000	0.008	0.233	0.001	0.031	0.967	96.766
1.500	1.575	2.432	23.000	0.008	0.233	0.001	0.032	0.971	97.231
1.500	1.575	2.432	24.000	0.008	0.233	0.001	0.032	0.975	97.629
1.500	1.575	2.432	25.000	0.008	0.233	0.001	0.033	0.979	97.970
1.500	1.575	2.432	26.000	0.008	0.233	0.001	0.034	0.982	98.262
1.500	1.575	2.432	27.000	0.008	0.233	0.001	0.034	0.985	98.512
1.500	1.575	2.432	28.000	0.008	0.233	0.001	0.035	0.987	98.726
1.500	1.575	2.432	29.000	0.008	0.233	0.001	0.036	0.989	98.909
1.500	1.575	2.432	30.000	0.008	0.233	0.001	0.036	0.990	99.066
1.500	1.575	2.432	31.000	0.008	0.233	0.001	0.037	0.992	99.200
1.500	1.575	2.432	32.000	0.008	0.233	0.001	0.037	0.993	99.315
1.500	1.575	2.432	33.000	0.008	0.233	0.001	0.038	0.994	99.413
1.500	1.575	2.432	34.000	0.008	0.233	0.001	0.038	0.995	99.498
1.500	1.575	2.432	35.000	0.008	0.233	0.001	0.039	0.996	99.570
1.500	1.575	2.432	36.000	0.008	0.233	0.001	0.040	0.996	99.632
1.500	1.575	2.432	37.000	0.008	0.233	0.001	0.040	0.997	99.685
1.500	1.575	2.432	38.000	0.008	0.233	0.001	0.041	0.997	99.730
1.500	1.575	2.432	39.000	0.008	0.233	0.001	0.041	0.998	99.769
1.500	1.575	2.432	40.000	0.008	0.233	0.001	0.042	0.998	99.802
1.500	1.575	2.432	41.000	0.008	0.233	0.001	0.042	0.998	99.830
1.500	1.575	2.432	42.000	0.008	0.233	0.001	0.043	0.998	99.855

1.500	1.575	2.432	43.000	0.008	0.233	0.001	0.043	0.999	99.876
1.500	1.575	2.432	44.000	0.008	0.233	0.002	0.044	0.999	99.893
1.500	1.575	2.432	45.000	0.008	0.233	0.002	0.044	0.999	99.909
1.500	1.575	2.432	46.000	0.008	0.233	0.002	0.045	0.999	99.922
1.500	1.575	2.432	47.000	0.008	0.233	0.002	0.045	0.999	99.933
1.500	1.575	2.432	48.000	0.008	0.233	0.002	0.046	0.999	99.943
1.500	1.575	2.432	49.000	0.008	0.233	0.002	0.046	0.999	99.951
1.500	1.575	2.432	50.000	0.008	0.233	0.002	0.047	1.000	99.958
1.500	1.575	2.432	51.000	0.008	0.233	0.002	0.047	1.000	99.964
1.500	1.575	2.432	52.000	0.008	0.233	0.002	0.048	1.000	99.969
1.500	1.575	2.432	53.000	0.008	0.233	0.002	0.048	1.000	99.974
1.500	1.575	2.432	54.000	0.008	0.233	0.002	0.049	1.000	99.977
1.500	1.575	2.432	55.000	0.008	0.233	0.002	0.049	1.000	99.981
1.500	1.575	2.432	56.000	0.008	0.233	0.002	0.049	1.000	99.983
1.500	1.575	2.432	57.000	0.008	0.233	0.002	0.050	1.000	99.986
1.500	1.575	2.432	58.000	0.008	0.233	0.002	0.050	1.000	99.988
1.500	1.575	2.432	59.000	0.008	0.233	0.002	0.051	1.000	99.990
1.500	1.575	2.432	60.000	0.008	0.233	0.002	0.051	1.000	99.991
1.500	1.575	2.432	61.000	0.008	0.233	0.002	0.052	1.000	99.992
1.500	1.575	2.432	62.000	0.008	0.233	0.002	0.052	1.000	99.993
1.500	1.575	2.432	63.000	0.008	0.233	0.002	0.052	1.000	99.994
1.500	1.575	2.432	64.000	0.008	0.233	0.002	0.053	1.000	99.995
1.500	1.575	2.432	65.000	0.008	0.233	0.002	0.053	1.000	99.996
1.500	1.575	2.432	66.000	0.008	0.233	0.002	0.054	1.000	99.996
1.500	1.575	2.432	67.000	0.008	0.233	0.002	0.054	1.000	99.997
1.500	1.575	2.432	68.000	0.008	0.233	0.002	0.054	1.000	99.997
1.500	1.575	2.432	69.000	0.008	0.233	0.002	0.055	1.000	99.998
1.500	1.575	2.432	70.000	0.008	0.233	0.002	0.055	1.000	99.998
1.500	1.575	2.432	71.000	0.008	0.233	0.002	0.056	1.000	99.998
1.500	1.575	2.432	72.000	0.008	0.233	0.002	0.056	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	73.000	0.008	0.233	0.002	0.056	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	74.000	0.008	0.233	0.003	0.057	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	75.000	0.008	0.233	0.003	0.057	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	76.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	77.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	78.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.999
1.500	1.575	2.432	79.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	80.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	81.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	82.000	0.008	0.233	0.003	0.060	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	83.000	0.008	0.233	0.003	0.060	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	84.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	85.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	86.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	87.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	88.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	100.000

1.500	1.575	2.432	89.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	90.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	91.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	92.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	93.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	94.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	95.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	96.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	97.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	98.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	99.000	0.008	0.233	0.003	0.066	1.000	100.000
1.500	1.575	2.432	100.000	0.008	0.233	0.003	0.066	1.000	100.000

C.5 Jarak PVD 1.75

S	D	F (n)	t	Cv	Ch	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U _{tot} (%)
1.75	1.838	2.585	1.000	0.008	0.233	0.000	0.007	0.101	10.724
1.75	1.838	2.585	2.000	0.008	0.233	0.000	0.009	0.192	19.988
1.75	1.838	2.585	3.000	0.008	0.233	0.000	0.011	0.274	28.246
1.75	1.838	2.585	4.000	0.008	0.233	0.000	0.013	0.348	35.630
1.75	1.838	2.585	5.000	0.008	0.233	0.000	0.015	0.414	42.242
1.75	1.838	2.585	6.000	0.008	0.233	0.000	0.016	0.473	48.168
1.75	1.838	2.585	7.000	0.008	0.233	0.000	0.017	0.527	53.480
1.75	1.838	2.585	8.000	0.008	0.233	0.000	0.019	0.574	58.244
1.75	1.838	2.585	9.000	0.008	0.233	0.000	0.020	0.618	62.517
1.75	1.838	2.585	10.000	0.008	0.233	0.000	0.021	0.656	66.351
1.75	1.838	2.585	11.000	0.008	0.233	0.000	0.022	0.691	69.791
1.75	1.838	2.585	12.000	0.008	0.233	0.000	0.023	0.722	72.878
1.75	1.838	2.585	13.000	0.008	0.233	0.000	0.024	0.751	75.649
1.75	1.838	2.585	14.000	0.008	0.233	0.000	0.025	0.776	78.136
1.75	1.838	2.585	15.000	0.008	0.233	0.001	0.026	0.799	80.368
1.75	1.838	2.585	16.000	0.008	0.233	0.001	0.026	0.819	82.372
1.75	1.838	2.585	17.000	0.008	0.233	0.001	0.027	0.837	84.171
1.75	1.838	2.585	18.000	0.008	0.233	0.001	0.028	0.854	85.786
1.75	1.838	2.585	19.000	0.008	0.233	0.001	0.029	0.869	87.236
1.75	1.838	2.585	20.000	0.008	0.233	0.001	0.030	0.882	88.538
1.75	1.838	2.585	21.000	0.008	0.233	0.001	0.030	0.894	89.707
1.75	1.838	2.585	22.000	0.008	0.233	0.001	0.031	0.905	90.756
1.75	1.838	2.585	23.000	0.008	0.233	0.001	0.032	0.914	91.699
1.75	1.838	2.585	24.000	0.008	0.233	0.001	0.032	0.923	92.545
1.75	1.838	2.585	25.000	0.008	0.233	0.001	0.033	0.931	93.305
1.75	1.838	2.585	26.000	0.008	0.233	0.001	0.034	0.938	93.987
1.75	1.838	2.585	27.000	0.008	0.233	0.001	0.034	0.944	94.600
1.75	1.838	2.585	28.000	0.008	0.233	0.001	0.035	0.950	95.150

1.75	1.838	2.585	29.000	0.008	0.233	0.001	0.036	0.955	95.644
1.75	1.838	2.585	30.000	0.008	0.233	0.001	0.036	0.959	96.088
1.75	1.838	2.585	31.000	0.008	0.233	0.001	0.037	0.964	96.486
1.75	1.838	2.585	32.000	0.008	0.233	0.001	0.037	0.967	96.844
1.75	1.838	2.585	33.000	0.008	0.233	0.001	0.038	0.971	97.166
1.75	1.838	2.585	34.000	0.008	0.233	0.001	0.038	0.974	97.454
1.75	1.838	2.585	35.000	0.008	0.233	0.001	0.039	0.976	97.713
1.75	1.838	2.585	36.000	0.008	0.233	0.001	0.040	0.979	97.946
1.75	1.838	2.585	37.000	0.008	0.233	0.001	0.040	0.981	98.155
1.75	1.838	2.585	38.000	0.008	0.233	0.001	0.041	0.983	98.343
1.75	1.838	2.585	39.000	0.008	0.233	0.001	0.041	0.984	98.512
1.75	1.838	2.585	40.000	0.008	0.233	0.001	0.042	0.986	98.663
1.75	1.838	2.585	41.000	0.008	0.233	0.001	0.042	0.987	98.799
1.75	1.838	2.585	42.000	0.008	0.233	0.001	0.043	0.989	98.922
1.75	1.838	2.585	43.000	0.008	0.233	0.001	0.043	0.990	99.031
1.75	1.838	2.585	44.000	0.008	0.233	0.002	0.044	0.991	99.130
1.75	1.838	2.585	45.000	0.008	0.233	0.002	0.044	0.992	99.218
1.75	1.838	2.585	46.000	0.008	0.233	0.002	0.045	0.993	99.298
1.75	1.838	2.585	47.000	0.008	0.233	0.002	0.045	0.993	99.369
1.75	1.838	2.585	48.000	0.008	0.233	0.002	0.046	0.994	99.434
1.75	1.838	2.585	49.000	0.008	0.233	0.002	0.046	0.995	99.491
1.75	1.838	2.585	50.000	0.008	0.233	0.002	0.047	0.995	99.543
1.75	1.838	2.585	51.000	0.008	0.233	0.002	0.047	0.996	99.589
1.75	1.838	2.585	52.000	0.008	0.233	0.002	0.048	0.996	99.631
1.75	1.838	2.585	53.000	0.008	0.233	0.002	0.048	0.997	99.669
1.75	1.838	2.585	54.000	0.008	0.233	0.002	0.049	0.997	99.702
1.75	1.838	2.585	55.000	0.008	0.233	0.002	0.049	0.997	99.733
1.75	1.838	2.585	56.000	0.008	0.233	0.002	0.049	0.997	99.760
1.75	1.838	2.585	57.000	0.008	0.233	0.002	0.050	0.998	99.784
1.75	1.838	2.585	58.000	0.008	0.233	0.002	0.050	0.998	99.806
1.75	1.838	2.585	59.000	0.008	0.233	0.002	0.051	0.998	99.826
1.75	1.838	2.585	60.000	0.008	0.233	0.002	0.051	0.998	99.844
1.75	1.838	2.585	61.000	0.008	0.233	0.002	0.052	0.999	99.860
1.75	1.838	2.585	62.000	0.008	0.233	0.002	0.052	0.999	99.874
1.75	1.838	2.585	63.000	0.008	0.233	0.002	0.052	0.999	99.887
1.75	1.838	2.585	64.000	0.008	0.233	0.002	0.053	0.999	99.898
1.75	1.838	2.585	65.000	0.008	0.233	0.002	0.053	0.999	99.909
1.75	1.838	2.585	66.000	0.008	0.233	0.002	0.054	0.999	99.918
1.75	1.838	2.585	67.000	0.008	0.233	0.002	0.054	0.999	99.926
1.75	1.838	2.585	68.000	0.008	0.233	0.002	0.054	0.999	99.934
1.75	1.838	2.585	69.000	0.008	0.233	0.002	0.055	0.999	99.940
1.75	1.838	2.585	70.000	0.008	0.233	0.002	0.055	0.999	99.947
1.75	1.838	2.585	71.000	0.008	0.233	0.002	0.056	0.999	99.952
1.75	1.838	2.585	72.000	0.008	0.233	0.002	0.056	1.000	99.957
1.75	1.838	2.585	73.000	0.008	0.233	0.002	0.056	1.000	99.961
1.75	1.838	2.585	74.000	0.008	0.233	0.003	0.057	1.000	99.965

1.75	1.838	2.585	75.000	0.008	0.233	0.003	0.057	1.000	99.969
1.75	1.838	2.585	76.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.972
1.75	1.838	2.585	77.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.975
1.75	1.838	2.585	78.000	0.008	0.233	0.003	0.058	1.000	99.977
1.75	1.838	2.585	79.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	99.980
1.75	1.838	2.585	80.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	99.982
1.75	1.838	2.585	81.000	0.008	0.233	0.003	0.059	1.000	99.984
1.75	1.838	2.585	82.000	0.008	0.233	0.003	0.060	1.000	99.985
1.75	1.838	2.585	83.000	0.008	0.233	0.003	0.060	1.000	99.987
1.75	1.838	2.585	84.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	99.988
1.75	1.838	2.585	85.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	99.989
1.75	1.838	2.585	86.000	0.008	0.233	0.003	0.061	1.000	99.990
1.75	1.838	2.585	87.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	99.991
1.75	1.838	2.585	88.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	99.992
1.75	1.838	2.585	89.000	0.008	0.233	0.003	0.062	1.000	99.993
1.75	1.838	2.585	90.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	99.994
1.75	1.838	2.585	91.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	99.994
1.75	1.838	2.585	92.000	0.008	0.233	0.003	0.063	1.000	99.995
1.75	1.838	2.585	93.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	99.995
1.75	1.838	2.585	94.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	99.996
1.75	1.838	2.585	95.000	0.008	0.233	0.003	0.064	1.000	99.996
1.75	1.838	2.585	96.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	99.997
1.75	1.838	2.585	97.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	99.997
1.75	1.838	2.585	98.000	0.008	0.233	0.003	0.065	1.000	99.997
1.75	1.838	2.585	99.000	0.008	0.233	0.003	0.066	1.000	99.998
1.75	1.838	2.585	100.000	0.008	0.233	0.003	0.066	1.000	99.998

Lampiran D. *Settlement* dengan Variasi H

Htimb	1	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	1.600	t/m ²
Hinisial	1.0006	m

No	H	Hi	Z	Δp	$2\Delta p$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$\Delta p + Po$	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	0.800	1.600	0.405	2.405	2.0050	0.001	0.001	
2	1	1.9	1.9	0.800	1.600	1.610	3.610	3.2096	-	-	
3	1	2.9	2.9	0.799	1.598	2.410	4.410	4.0085	-	-	
4	1	3.9	3.9	0.798	1.596	3.210	5.210	4.8063	-	-	
5	1	4.9	4.9	0.796	1.593	4.010	6.010	5.6029	-	-	
6	0.5	5.4	5.4	0.795	1.591	4.410	6.410	6.0006	-	-	
7	1	6.4	5.9	0.794	1.588	4.810	6.810	6.3979	0.000	0.001	
8	0.9	7.3	6.85	0.791	1.582	5.570	7.570	7.1516	0.000	0.001	
9	1	8.3	7.8	0.787	1.574	6.380	8.380	7.9537	0.000	0.001	
10	1	9.3	8.8	0.782	1.564	7.280	9.280	8.8435	0.000	0.001	
11	0.7	10	9.65	0.777	1.554	8.045	10.045	9.5985	0.000	0.001	
									Sc Kum	0.001	m
										0.87	mm

D. 2 H setinggi 3 m

Htimb	3	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	4.800	t/m ²
Hinisial	3.0014	m

No	H	Hi	Z	Δp	$2\Delta p$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$\Delta p + Po$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	2.400	4.800	0.405	2.405	5.2050	0.011	0.011
2	1	1.9	1.9	2.399	4.799	1.610	3.610	6.4090	-	-
3	1	2.9	2.9	2.398	4.796	2.410	4.410	7.2064	-	-
4	1	3.9	3.9	2.396	4.791	3.210	5.210	8.0013	-	-
5	1	4.9	4.9	2.392	4.783	4.010	6.010	8.7930	-	-
6	0.5	5.4	5.4	2.389	4.777	4.410	6.410	9.1875	-	-
7	1	6.4	5.9	2.385	4.771	4.810	6.810	9.5810	0.004	0.015
8	0.9	7.3	6.85	2.378	4.756	5.570	7.570	10.3257	0.004	0.019
9	1	8.3	7.8	2.368	4.736	6.380	8.380	11.1164	0.004	0.023
10	1	9.3	8.8	2.356	4.712	7.280	9.280	11.9915	0.003	0.026
11	0.7	10	9.65	2.343	4.687	8.045	10.045	12.7318	0.002	0.028
Sc Kum									0.026	m
									26.11	mm

D. 3 H setinggi 5 m

Htimb	5	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	8.000	t/m ²
Hinisial	5.0025	m

No	H	Hi	Δp	$2\Delta p$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$\Delta p + Po$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	4.000	8.000	0.405	2.405	8.4050	0.016	0.016
2	1	1.9	3.999	7.999	1.610	3.610	9.6086	-	-
3	1	2.9	3.998	7.995	2.410	4.410	10.4050	-	-
4	1	3.9	3.994	7.988	3.210	5.210	11.1980	-	-
5	1	4.9	3.988	7.977	4.010	6.010	11.9866	-	-
6	0.5	5.4	3.985	7.969	4.410	6.410	12.3790	-	-
7	1	6.4	3.980	7.960	4.810	6.810	12.7700	0.008	0.023
8	0.9	7.3	3.969	7.939	5.570	7.570	13.5088	0.006	0.030
9	1	8.3	3.956	7.912	6.380	8.380	14.2919	0.007	0.036
10	1	9.3	3.939	7.877	7.280	9.280	15.1571	0.006	0.042
11	0.7	10	3.921	7.842	8.045	10.045	15.8873	0.004	0.046
Sc Kum								0.042	m
								42.69	mm

D. 4 H setinggi 7 m

Htimb	7	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	11.200	t/m ²
Hinisial	7.0031	m

No	H	Hi	Z	Δp	$2\Delta p$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$\Delta p + Po$	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	5.600	11.200	0.405	2.405	11.6047	0.019	0.019	
2	1	1.9	1.9	5.590	11.180	1.610	3.610	12.7899	-	-	
3	1	2.9	2.9	5.566	11.133	2.410	4.410	13.5425	-	-	
4	1	3.9	3.9	5.524	11.048	3.210	5.210	14.2583	-	-	
5	1	4.9	4.9	5.463	10.926	4.010	6.010	14.9356	-	-	
6	0.5	5.4	5.4	5.425	10.851	4.410	6.410	15.2606	-	-	
7	1	6.4	5.9	5.384	10.767	4.810	6.810	15.5774	0.010	0.029	
8	0.9	7.3	6.85	5.295	10.589	5.570	7.570	16.1591	0.008	0.037	
9	1	8.3	7.8	5.194	10.389	6.380	8.380	16.7689	0.008	0.045	
10	1	9.3	8.8	5.080	10.160	7.280	9.280	17.4403	0.008	0.053	
11	0.7	10	9.65	4.978	9.956	8.045	10.045	18.0008	0.005	0.058	
									Sc Kum	0.053	m
										53.12	mm

D. 5 H setinggi 10 m

Htimb	10	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	16.000	t/m ²
Hinisial	10.0045	m

No	H	Hi	Z	Δp	$2\Delta p$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$\Delta p + Po$	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	8.000	16.000	0.405	2.405	16.4050	0.023	0.023	
2	1	1.9	1.9	7.999	15.998	1.610	3.610	17.6081	-	-	
3	1	2.9	2.9	7.997	15.993	2.410	4.410	18.4032	-	-	
4	1	3.9	3.9	7.992	15.984	3.210	5.210	19.1936	-	-	
5	1	4.9	4.9	7.984	15.968	4.010	6.010	19.9779	-	-	
6	0.5	5.4	5.4	7.979	15.957	4.410	6.410	20.3674	-	-	
7	1	6.4	5.9	7.972	15.945	4.810	6.810	20.7550	0.013	0.036	
8	0.9	7.3	6.85	7.958	15.916	5.570	7.570	21.4855	0.011	0.046	
9	1	8.3	7.8	7.939	15.878	6.380	8.380	22.2580	0.012	0.058	
10	1	9.3	8.8	7.915	15.829	7.280	9.280	23.1092	0.011	0.069	
11	0.7	10	9.65	7.890	15.780	8.045	10.045	23.8251	0.007	0.076	
									Sc Kum	0.063	m
										63.20	mm

Lampiran E. Tahapan Timbunan

E. 1 Tahap 1

TAHAP 1

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	0.800	t/m ²
Hinisial	0.5102	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	Po (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$P1 = Po + \Delta P$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	0.405	3.205	1.2050	0.007	0.007
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	1.610	4.410	2.4098	0.000	-
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	2.410	5.209	3.2092	0.000	-
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	3.210	6.008	4.0080	0.000	
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	4.010	6.806	4.8062	0.000	
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	4.410	7.205	5.2050	0.000	
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	4.810	7.604	5.6036	0.003	0.009
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	5.570	8.360	6.3602	0.002	0.011
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	6.380	9.166	7.1660	0.002	0.013
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	7.280	10.061	8.0607	0.002	0.015
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	8.045	10.820	8.8204	0.001	0.016
Sc Kum									0.016	m
									16.36	mm

E. 2 Tahap 2

TAHAP 2

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	0.800	t/m ²
Hinisial	0.5088	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P1 (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$P2 = P1 + \Delta P$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	1.205	4.005	2.0050	0.005	0.005
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	2.410	5.210	3.2095	0.000	-
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	3.209	6.008	4.0084	0.000	-
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	4.008	6.806	4.8061	0.000	
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	4.806	7.602	5.6024	0.000	
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	5.205	8.000	6.0000	0.000	
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	5.604	8.397	6.3971	0.002	0.007
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	6.360	9.150	7.1504	0.002	0.009
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	7.166	9.952	7.9520	0.002	0.011
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	8.061	10.841	8.8413	0.002	0.013
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	8.820	11.596	9.5958	0.001	0.014
Sc Kum									0.014	m
									14.01	mm

E. 3 Tahap 3

TAHAP 3

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	0.800	t/m ²
Hinisial	0.4930	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P2 (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	P3 = P2 + ΔP	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	2.005	4.805	2.8050	-0.004	-0.004	
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	3.210	5.210	4.0093	0.000	-	
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	4.008	6.808	4.8076	0.000	-	
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	4.806	7.604	5.6041	0.000		
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	5.602	8.399	6.3986	0.000		
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	6.000	8.795	6.7950	0.000		
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	6.397	9.191	7.1907	-0.002	-0.006	
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	7.150	9.941	7.9406	-0.002	-0.008	
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	7.952	10.738	8.7381	-0.002	-0.010	
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	8.841	11.622	9.6220	-0.002	-0.011	
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	9.596	12.371	10.3711	-0.001	-0.012	
									Sc Kum	-0.011	m
										-11.17	mm

E. 4 Tahap 4

TAHAP 4

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	0.800	t/m ²
Hinisial	0.4963	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P3 (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	P4 = P3 + ΔP	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	2.805	4.805	3.6050	-0.002	-0.002	
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	4.009	6.009	4.8091	0.000	-	
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	4.808	6.808	5.6067	0.000	-	
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	5.604	7.604	6.4022	0.000		
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	6.399	8.399	7.1949	0.000		
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	6.795	8.795	7.5900	0.000		
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	7.191	9.191	7.9843	-0.001	-0.003	
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	7.941	9.941	8.7309	-0.001	-0.004	
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	8.738	10.738	9.5241	-0.001	-0.005	
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	9.622	11.622	10.4027	-0.001	-0.006	
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	10.371	12.371	11.1465	-0.001	-0.007	
									Sc Kum	-0.006	m
										-5.93	mm

E. 5 Tahap 5

TAHAP 5

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m3
q	0.800	t/m2
Hinisial	0.4967	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P4 (t/m2)	Pc' (t/m2)	P5 = P4 + ΔP	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	3.605	5.605	4.4050	-0.002	-0.002	
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	4.809	6.809	5.6088	0.000	-	
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	5.607	7.607	6.4059	0.000	-	
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	6.402	8.402	7.2002	0.000		
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	7.195	9.195	7.9911	0.000		
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	7.590	9.590	8.3850	0.000		
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	7.984	9.984	8.7778	-0.001	-0.003	
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	8.731	10.731	9.5211	-0.001	-0.004	
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	9.524	11.524	10.3101	-0.001	-0.004	
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	10.403	12.403	11.1833	-0.001	-0.005	
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	11.147	13.147	11.9219	-0.001	-0.006	
									Sc Kum	-0.005	m
										-5.33	mm

E. 6 Tahap 6

TAHAP 6

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m3
q	0.800	t/m2
Hinisial	0.4970	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P5 (t/m2)	Pc' (t/m2)	$P6 = P5 + \Delta P$	Sc (m)	Sc Kum (m)	
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	4.405	6.405	5.2050	-0.001	-0.001	
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	5.609	7.609	6.4086	0.000	-	
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	6.406	8.406	7.2051	0.000	-	
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	7.200	9.200	7.9983	0.000		
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	7.991	9.991	8.7873	0.000		
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	8.385	10.385	9.1800	0.000		
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	8.778	10.778	9.5714	-0.001	-0.002	
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	9.521	11.521	10.3113	-0.001	-0.003	
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	10.310	12.310	11.0961	-0.001	-0.004	
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	11.183	13.183	11.9640	-0.001	-0.005	
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	11.922	13.922	12.6973	-0.001	-0.005	
									Sc Kum	-0.005	m
										-4.85	mm

E. 7 Tahap 7

TAHAP 7

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m3
q	0.800	t/m2
Hinisial	0.4972	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P_6 (t/m ²)	P_c' (t/m ²)	$P_7 = P_3 +$ ΔP	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	5.205	7.205	6.0050	-0.001	-0.001
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	6.409	8.409	7.2084	0.000	-
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	7.205	9.205	8.0043	0.000	-
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	7.998	9.998	8.7963	0.000	
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	8.787	10.787	9.5835	0.000	
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	9.180	11.180	9.9750	0.000	
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	9.571	11.571	10.3649	-0.001	-0.002
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	10.311	12.311	11.1015	-0.001	-0.003
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	11.096	13.096	11.8821	-0.001	-0.004
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	11.964	13.964	12.7447	-0.001	-0.004
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	12.697	14.697	13.4726	-0.001	-0.005
Sc Kum									-0.004	m
									-4.46	mm

E. 8 Tahap 8

TAHAP 8

Htimb	0.5	m
Gamma Timb	1.6	t/m3
q	0.800	t/m2
Hinisial	0.4974	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P7 (t/m2)	Pc' (t/m2)	$P8 = P7 + \Delta P$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	0.400	0.800	6.005	8.005	6.8050	-0.001	-0.001
2	1	1.9	1.9	0.400	0.800	7.208	9.208	8.0081	0.000	-
3	1	2.9	2.9	0.400	0.799	8.004	10.004	8.8035	0.000	-
4	1	3.9	3.9	0.399	0.798	8.796	10.796	9.5944	0.000	
5	1	4.9	4.9	0.398	0.796	9.583	11.583	10.3797	0.000	
6	0.5	5.4	5.4	0.397	0.795	9.975	11.975	10.7700	0.000	
7	1	6.4	5.9	0.397	0.794	10.365	12.365	11.1585	-0.001	-0.002
8	0.9	7.3	6.85	0.395	0.790	11.102	13.102	11.8917	-0.001	-0.003
9	1	8.3	7.8	0.393	0.786	11.882	13.882	12.6681	-0.001	-0.003
10	1	9.3	8.8	0.390	0.781	12.745	14.745	13.5253	-0.001	-0.004
11	0.7	10	9.65	0.388	0.775	13.473	15.473	14.2480	0.000	-0.005
Sc Kum									-0.004	m
									-4.13	mm

E. 9 Tahap 9

TAHAP 9

Htimb	0.3094	m
Gamma Timb	1.6	t/m ³
q	0.495	t/m ²
Hinisial	0.3061	m

No	H	Hi	Z	ΔP	$2\Delta P$	P8 (t/m ²)	Pc' (t/m ²)	$P9 = P8 + \Delta P$	Sc (m)	Sc Kum (m)
1	0.9	0.9	0.45	0.248	0.495	6.805	8.805	7.3000	-0.001	-0.001
2	1	1.9	1.9	0.247	0.495	8.008	10.008	8.5030	0.000	-
3	1	2.9	2.9	0.247	0.495	8.803	10.803	9.2980	0.000	-
4	1	3.9	3.9	0.247	0.494	9.594	11.594	10.0882	0.000	
5	1	4.9	4.9	0.246	0.493	10.380	12.380	10.8724	0.000	
6	0.5	5.4	5.4	0.246	0.492	10.770	12.770	11.2619	0.000	
7	1	6.4	5.9	0.246	0.491	11.159	13.159	11.6496	-0.001	-0.003
8	0.9	7.3	6.85	0.244	0.489	11.892	13.892	12.3807	-0.001	-0.003
9	1	8.3	7.8	0.243	0.486	12.668	14.668	13.1545	-0.001	-0.004
10	1	9.3	8.8	0.242	0.483	13.525	15.525	14.0084	-0.001	-0.005
11	0.7	10	9.65	0.240	0.480	14.248	16.248	14.7278	-0.001	-0.006
Sc Kum									-0.005	m
									-5.28	mm