



**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
METODE *PRELOADING – PREFABRICATED VERTICAL  
DRAIN* PADA PROYEK TOL MOJOKERTO – KERTOSONO  
STA. 17+350 – 17+700**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ade Prasetyo**

**NIM 131910301105**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
METODE *PRELOADING – PREFABRICATED VERTICAL  
DRAIN* PADA PROYEK TOL MOJOKERTO – KERTOSONO  
STA. 17+350 – 17+700**

**SKRIPSI**

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

**PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## PERSEMBAHAN

Setelah perjalanan yang panjang selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Jember. Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Anik Suprihatin yang senantiasa selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah yang saya tempuh.
2. M. Farid Ma'ruf, S.T.,M.T.,Ph.D dan Luthfi Amri Wicaksono, S.T, M.T yang dengan sabar dan sepenuh hati selalu membimbingku untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. PT. Utama Karya yang telah banyak memberi informasi beserta data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Guru – guruku sejak taman kanak – kanak sampai dengan perguruan tinggi.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTO

*Sesungguhnya Kami telah menjadikan apa yang di bumi sebagai perhiasan baginya, agar Kami menguji mereka siapakah di antara mereka yang terbaik perbuatannya.*

( Terjemahan Surat *Al-Kahfi* ayat 7)<sup>\*)</sup>

*Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?*

( Terjemahan Surat *Al-mulk* ayat 3)<sup>\*\*)</sup>

*Dan katakanlah (olehmu muhammad), “Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan*

( Terjemahan Surat *Thoha* ayat 114)<sup>\*\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumusdamoro Grafindo.

<sup>\*\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumusdamoro Grafindo.

<sup>\*\*\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumusdamoro Grafindo.

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ade Prasetyo

NIM : 131910301105

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode *Preloading – Prefabricated Vertical Drain* Pada Proyek Tol Mojokerto – Kertosono Sta. 17+350 – 17+700” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,

Ade Prasetyo  
131910301105

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
METODE *PRELOADING – PREFABRICATED VERTICAL  
DRAIN* PADA PROYEK TOL MOJOKERTO – KERTOSONO  
STA. 17+350 – 17+700**

Oleh

Ade Prasetyo  
NIM 131910301105

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Farid Ma'ruf, S.T.,M.T.,Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T, M.T



## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode *Preloading – Prefabricated Vertical Drain* Pada Proyek Tol Mojokerto – Kertosono Sta. 17+350 – 17+700” karya Ade Prasetyo telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 18 April 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

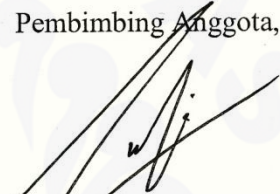
Tim Penguji:

Pembimbing Utama,



M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19721223 199803 1 002

Pembimbing Anggota,



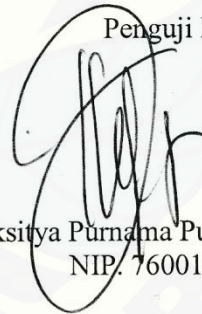
Luthfi Anam Wicaksono, S.T, M.T  
NIP. 760016771

Penguji I,



Januar Fery Irawan, ST., M.Eng  
NIP. 19760111 2000121 1 002

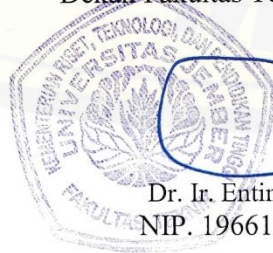
Penguji II,



Paksitya Purnama Putra S.T., M.T.  
NIP. 760016771

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE *PRELOADING – PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* PADA PROYEK TOL MOJOKERTO – KERTOSONO STA. 17+350 – 17+700;** Ade Prasetyo, 131910301105; 88 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Keadaan tanah sering kali menjadi permasalahan di sebuah pekerjaan konstruksi bangunan khususnya pada pembangunan jalan, terutama pada jalan tol. Karena pembangunan jalan tol di Indonesia sedang banyak proses pembangunan untuk mengurai kemacetan parah yang terjadi di jalanan Indonesia terutamanya pada jalan – jalan ibukota. Oleh karena itu pekerjaan timbunan tanah menjadi bagian yang sangat penting dalam pekerjaan konstruksi. Pada pekerjaan timbunan, tanah yang digunakan yaitu berupa tanah urug (*borrow*). Pemasalahan yang terjadi dalam timbunan tanah sering kali dikarenakan kondisi lapisan tanah yang lunak dan tingkat permeabilitas yang rendah. Lapisan tanah yang lunak juga menyebabkan berbagai kesulitan pelaksanaan, diantaranya ialah kehilangan material urugan (*borrow*) yang meresap ke tanah, kuat geser tanah yang tidak cukup untuk menahan beban tanah timbunan.

Perilaku tanah lempung, terutama kuat uji geser perlu diselidiki. Karena sebagian besar tanah yang ada di Indonesia termasuk dalam kategori tanah lempung. Salah satunya tanah yang berada di daerah Kedung Melati pembangunan Proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono Seksi 2. Pada penelitian ini menggunakan sistem *Preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* karena tanah pada tempat penelitian ini merupakan jenis tanah lunak yang umumnya memiliki daya dukung tanah rendah dan permeabilitas yang rendah. Dan metode ini dinilai sebagai metode yang cukup efektif dan efisien untuk meningkatkan daya dukung tanah lunak.



Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pola pemasangan, ukuran dan jarak PVD (Prefabricated Vertical Drain) yang paling optimal. Mengetahui perencanaan beban preloading yang dikombinasikan dengan PVD (Prefabricated Vertical Drain) untuk menghasilkan waktu perbaikan tanah yang paling cepat. Mengetahui pengaruh penggunaan kombinasi system preloading dan Prefabricated Vertical Drain dalam perbaikan tanah lempung terhadap waktu penurunan dan derajat konsolidasi.

1. Metode kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Preloading* pada tanah lunak Jalan Tol Mojokerto-Kertosono seksi 2, STA 17+350 sampai STA 17+700 memperoleh hasil yang paling optimal menurut faktor biaya dan waktu konsolidasi, yaitu :  
Pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,0 m dan menghabiskan biaya pengadaan PVD sebesar Rp. 751.905.000. Panjang PVD : 9 m
2. Dalam pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* pada pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,0 m dapat mempercepat waktu konsolidasi yang diperlukan untuk penurunan pada derajat konsolidasi 90% ( $U=90\%$ ) sebesar 2,129 m, dari waktu yang sebelum dipasang *Prefabricated Vertical Drain* membutuhkan selama 50,3 tahun (603,6 minggu) menjadi 22 minggu (154 hari).
3. Analisa stabilitas lereng pada keruntuhan *circular* pada tanah lempung dibawah timbunan *Preloading* bertahap, diperoleh angka keamanan (*Factor Safety* = 3,072) > 1. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Preloading* pada tanah lunak Jalan Tol Mojokerto-Kertosono seksi 2, STA 17+350 sampai STA 17+700 efisien menjadi alternatif perbaikan tanah dasar.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode *Preloading – Prefabricated Vertical Drain* Pada Proyek Tol Mojokerto – Kertosono Sta. 17+350 – 17+700”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak atas izin Allah SWT karena telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas;
2. M. Farid Ma'ruf, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Luthfi Amri Wicaksono, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna terselesaikannya skripsi ini;
3. Januar Fery Irawan, ST.,M.Eng selaku Dosen Penguji Utama, Paksitya Purnama Putra S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi in;
4. Januar Fery Irawan, ST.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama penulis menjalani masa studi;
5. Ibuku tercinta Anik Suprihatin, yang dengan senantiasa dan tiada henti selalu mendukung, mendoakan, mendidik, dan memberikan kasih sayang serta pengorbanan yang tidak akan pernah bisa digambarkan;
6. Kakakku tercinta dan terbanggakan Afrizal Prasadana yang selalu tak henti – henti nya memberikan dukungan moral serta contoh yang baik kepada saya;

7. Rizki Putri Aulia yang sudah memberikan semangat dan motivasi untuk skripsi ini;
8. Seluruh jajaran PT Utama Karya Proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2 yang membantu menyediakan data demi terselesaikannya tugas akhir ini;
9. Sahabat – sahabat tersayang dari keluarga besar Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2013 yang selalu menemani masa perkuliahan selama 4 tahun;
10. Teman-teman seperjuangan untuk belajar menjalani kehidupan bermasyarakat, yaitu teman-teman dari KKN 86.
11. Saudara – saudara seperjuangan dari IKMJJ (Ikatan Keluarga Mahasiswa Jombang Jember), Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Jember, Marka Lintas dan Badan Perwakilan Mahasiswa Universitas Jember yang selalu menemani dalam suka dan duka.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PEMBIMBING</b> .....	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMAARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Tanah</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Klasifikasi Tanah</b> .....	<b>6</b>
2.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan <i>Unified System</i> .....	<b>7</b>
2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Asalnya .....	<b>10</b>
2.2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Batuan Penyusun.....	<b>10</b>
2.2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO .....	<b>12</b>

<b>2.3 Tanah Lempung</b> .....	<b>14</b>
2.3.1 Sifat Tanah Lempung.....	14
<b>2.4 Stabilisasi Tanah dan Daya Dukung Tanah</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Konsolidasi Tanah Lempung</b> .....	<b>16</b>
2.5.1 Besar Penurunan Konsolidasi .....	16
2.5.2 Koefisien Konsolidasi Vertikal ( $C_v$ ) .....	20
2.5.3 Waktu Konsolidasi .....	20
2.5.4 Derajat Konsolidasi .....	20
<b>2.6 Tinggi Timbunan Awal (<math>H_{\text{inisial}}</math>)</b> .....	<b>21</b>
<b>2.7 Prefabricated Vertical Drain (PVD)</b> .....	<b>22</b>
<b>2.8 Preloading</b> .....	<b>26</b>
2.8.1 Penentuan Tinggi Kritis ( $H_{\text{cr}}$ ).....	26
2.8.2 Peningkatan Daya Dukung Tanah.....	26
<b>2.9 Analisa Stabilitas Timbunan</b> .....	<b>28</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1 Lokasi Penelitian</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2 Waktu Penelitian</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3 Data Penelitian</b> .....	<b>30</b>
3.3.1 Data Tanah .....	30
3.3.2 Data Timbunan.....	31
3.3.2 Data Spesifikasi Bahan.....	31
<b>3.4 Tahap – Tahap Penelitian</b> .....	<b>31</b>
3.4.1 Studi Literatur .....	33
3.4.2 Pengumpulan Data .....	33
3.4.3 Perencanaan Timbunan .....	33
3.4.4 Perencanaan <i>Preloading</i> .....	33
3.4.5 Perencanaan PVD.....	33
3.4.6 Waktu dan Besar Penurunan .....	34
3.4.7 Cek Stabilitas.....	35



3.5 Jadwal Penelitian .....	36
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Data Tanah .....	37
4.2 Data Timbunan .....	37
4.3 Data Spesifikasi Bahan .....	38
4.4 Data Beban .....	38
4.4.1 Beban Perkerasan .....	39
4.4.2 Beban Lalu Lintas .....	39
4.5 Tinggi Timbunan Preloading .....	40
4.6 Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) .....	40
4.6.1 Perhitungan Beban Timbunan .....	40
4.6.1.1 Akibat Beban Timbunan .....	41
4.6.2 Penentuan Tinggi Awal .....	42
4.6.2.1 Akibat Beban Timbunan .....	43
4.6.2.2 Akibat Beban Perkerasan .....	51
4.6.2.3 Perhitungan Untuk Menentukan $H_{\text{inisial}}$ dan $H_{\text{final}}$ .....	57
4.7 Waktu Konsolidasi .....	61
4.8 <i>Prefabricated Vertical Drain (PVD)</i> .....	64
4.8.1 Pemilihan Pola Pemasangan PVD .....	64
4.8.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal ( $U_v$ ) .....	64
4.8.3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horisontal ( $U_h$ ) .....	65
4.8.4 Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-rata ( $\bar{U}$ ) .....	69
4.8.5 Perhitungan Biaya PVD .....	71
4.9 Penimbunan Bertahap ( <i>Preloading</i> ) .....	74
4.10 Analisa OPTUM G2 .....	87
4.11 Metode Pelaksanaan .....	88
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>88</b>
5.1 Kesimpulan .....	92
5.2 Saran .....	93



**DAFTAR PUSTAKA..... 94**



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Sistem klasifikasi tanah <i>Unified System</i> ..... 9
2.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur ..... 11
2.3	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO ..... 13
2.4	Grafik untuk menentukan faktor pengaruh pada beban trapesium ..... 19
2.5	Grafik untuk menentukan faktor pengaruh pada beban segiempat ..... 20
2.6	Aliran air pori pada PVD ..... 25
2.7	Pola susunan PVD ..... 26
2.8	<i>Equivalent</i> Diameter ( $d_w$ ) untuk PVD ..... 26
3.1	Panjang Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2..... 31
3.2	Lay out Sta. 17+200 – 17+800 ..... 32
3.3	<i>Flowchat</i> Penelitian Tugas Akhir ..... 34
4.1	Geometri Timbunan ..... 40
4.2	Grafik hubungan antara tinggi timbunan dan beban lalu lintas ..... 41
4.3	Sketsa timbunan ..... 46
4.4	Sketsa timbunan dengan beban perkerasan..... 54
4.5	Grafik hubungan antara $H_{final}$ dan $H_{inisial}$ ..... 62
4.6	Grafik hubungan antara $H_{final}$ dan $S_c$ ..... 62
4.7	Grafik hubungan antara Derajat Konsolidasi dan Waktu PVD ..... 73
4.8	Tinggi Timbunan Preloading dan Data Tanah ..... 77
4.9	Grafik Hubungan Tinggi Timbunan, Penurunan dan Waktu ..... 87
4.10	Tahapan Preloading..... 88
4.11	Hasil analisa nilai SF dengan OPTUM G2 ..... 89

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sistem klasifikasi tanah <i>Unified System</i> .....	8
2.2 Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi .....	22
4.1 Berat Perkerasan .....	41
4.2 Parameter Tanah .....	46
4.3 Perhitungan penurunan akibat timbunan untuk tinggi timbunan 3 m .....	53
4.4 Perhitungan penurunan akibat perkerasan untuk tinggi timbunan 3 m .....	59
4.5 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ , $S_c$ total, $H_{surcharge}$ dan $H_{final}$ .....	61
4.6 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$ , $S_c$ total, $H_{surcharge}$ dan $H_{final}$ pada semua STA .....	63
4.7 Parameter Tanah untuk perhitungan waktu konsolidasi .....	64
4.8 Perhitungan $C_v$ gabungan .....	65
4.9 Perhitungan waktu konsolidasi .....	66
4.10 Nilai $F_{(n)}$ untuk pemasangan pola Segitiga .....	69
4.11 Nilai $F_{(n)}$ untuk pemasangan pola Bujursangkar .....	71
4.12 Perhitungan biaya setiap alternatif .....	75
4.13 Koefisien kekuatan relatif .....	76
4.14 Tahapan Preloading .....	88

## DAFTAR LAMPIRAN

Halaman



## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Keadaan tanah sering kali menjadi permasalahan di sebuah pekerjaan konstruksi bangunan khususnya pada pembangunan jalan, terutama pada jalan tol. Karena pembangunan jalan tol di Indonesia sedang banyak proses pembangunan untuk mengurai kemacetan parah yang terjadi di jalanan Indonesia terutamanya pada jalan – jalan ibukota. Oleh karena itu pekerjaan timbunan tanah menjadi bagian yang sangat penting dalam pekerjaan konstruksi. Pada pekerjaan timbunan, tanah yang digunakan yaitu berupa tanah urug (*borrow*). Pemasalahan yang terjadi dalam timbunan tanah sering kali dikarenakan kondisi lapisan tanah yang lunak dan tingkat permeabilitas yang rendah. Lapisan tanah yang lunak juga menyebabkan berbagai kesulitan pelaksanaan, diantaranya ialah kehilangan material urugan (*borrow*) yang meresap ke tanah, kuat geser tanah yang tidak cukup untuk menahan beban tanah timbunan.

Banyak sekali metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah, diantaranya ialah *Stone Coloumn*, Cerucuk Bambu atau *Corduroy*, *Geotextile*, dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). *Stone Coloumn* merupakan kolom – kolom vertikal dari kerikil, semacam tiang-tiang pancang tetapi dari bahan-bahan lepas yang dipadatkan. Kerikil – kerikil tersebut tidak diikat oleh bahan pengikat semen atau yang lainnya. Cerucuk Bambu atau *Corduroy* ialah pemasangan bantalan menggunakan bambu atau kayu yang bertujuan untuk saat timbunan tanah dihampar tidak tercampur dengan tanah asli dan tanah timbunan tersebut mengapung diatas tanah aslinya. *Geotextile* merupakan lembaran sistetis yang tipis, flexibel dan permeable yang dipasang diatas tanah asli sebelum tanah timbunan dihampar. PVD yaitu sistem drainase buatan yang dipasang vertikal di dalam lapisan tanah lunak (Hidayati dkk., 2008). Kjellman dari Swedia mengembangkan *Prefabricated Vertical*

*Drain* (PVD) yang terbuat dari bahan geosintetik pada tahun 1930-an, dan sejak itu PVD banyak dipakai dalam proyek-proyek di Eropa dan Jepang pada tahun 1940-an. (Christady. 2008). Penggunaan PVD yang memberikan keuntungan dengan mempercepat waktu penurunan dan proses konsolidasi tanah secara signifikan, membuat metode ini sangat diminati untuk perbaikan tanah dasar. Namun ada beberapa faktor yang mempengaruhi waktu penurunan dan proses konsolidasi, salah satunya ialah pengaruh *spasi* PVD tersebut.

Pada pembangunan proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2 ini, dari total panjang jalan 18,4 KM ada 2 KM yang memerlukan perhatian khusus didalam pekerjaan tanah, terutamanya di daerah Over Pass Kedung Melati 1-3. Daerah Kedung Melati 1 tepatnya di Sta. 17+350 – 17+700 menunjukkan tanah hitam/lempung yang bersifat lunak. Tanah ini umumnya mempunyai daya dukung rendah dan memiliki sifat kompresibel tinggi. Dengan demikian tanah tersebut berpotensi mengalami penurunan yang besar dan dalam waktu yang lama. Kondisi tanah dasar yang buruk berupa tanah lempung dengan konsistensi lunak sampai sedang inilah yang menyebabkan konstruksi jalan belum bisa dilaksanakan dengan mudah. Perlu dilakukan upaya perbaikan tanah dasar agar mampu mendukung beban konstruksi jalan dan tidak terjadi kerusakan pada jalan hingga umur rencana.

Perilaku tanah lempung, terutama kuat uji geser perlu diselidiki. Karena sebagian besar tanah yang ada di Indonesia termasuk dalam kategori tanah lempung. Salah satunya tanah yang berada di daerah Kedung Melati pembangunan Proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono Seksi 2. Pada penelitian ini menggunakan sistem *Preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* karena tanah pada tempat penelitian ini merupakan jenis tanah lunak yang umumnya memiliki daya dukung tanah rendah dan permeabilitas yang rendah. Dan metode ini dinilai sebagai metode yang cukup efektif dan efisien untuk meningkatkan daya dukung tanah lunak.



## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diketahui rumusan pemasalahan yang terdapat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pola pemasangan, ukuran dan jarak PVD (Prefabricated Vertical Drain) yang paling optimal?
2. Bagaimana perencanaan beban preloading yang dikombinasikan dengan PVD (Prefabricated Vertical Drain) ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan kombinasi system preloading dan Prefabricated Vertical Drain dalam perbaikan tanah lempung terhadap waktu penurunan dan derajat konsolidasi?

## 1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diketahui tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pola pemasangan, ukuran dan jarak PVD (Prefabricated Vertical Drain) yang paling optimal.
2. Mengetahui perencanaan beban preloading yang dikombinasikan dengan PVD (Prefabricated Vertical Drain) untuk menghasilkan waktu perbaikan tanah yang paling cepat
3. Mengetahui pengaruh penggunaan kombinasi system preloading dan Prefabricated Vertical Drain dalam perbaikan tanah lempung terhadap waktu penurunan dan derajat konsolidasi.

## 1.4. Manfaat Penelitian

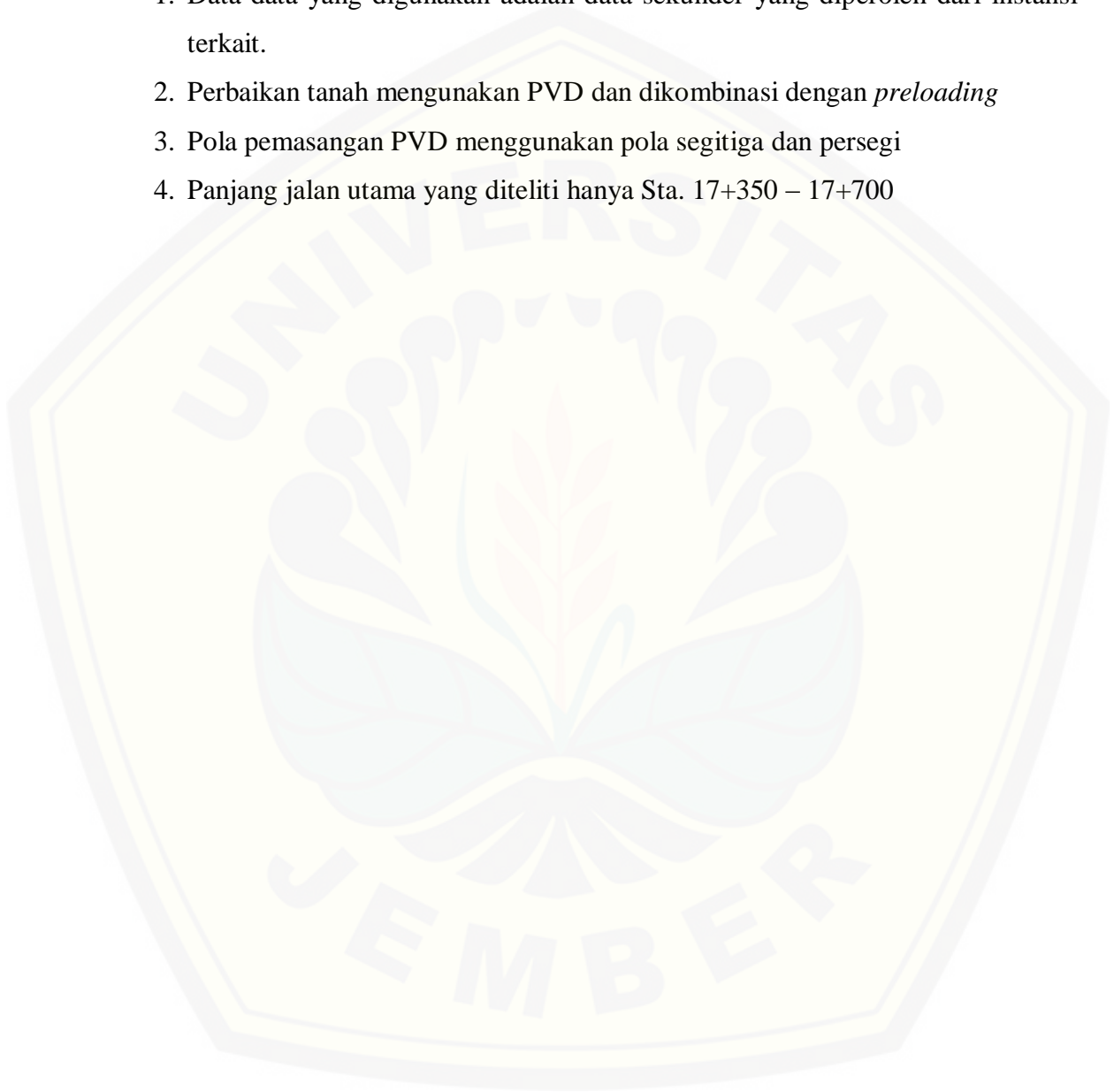
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan alternatif solusi dalam meningkatkan tambahan daya dukung tanah lunak untuk perencanaan kontruksi dan perbaikan tanah dasar Proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2.

## 1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Data-data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait.
2. Perbaikan tanah menggunakan PVD dan dikombinasi dengan *preloading*
3. Pola pemasangan PVD menggunakan pola segitiga dan persegi
4. Panjang jalan utama yang diteliti hanya Sta. 17+350 – 17+700



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah

Tanah dalam pandangan Teknik Sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2002). Menurut Craig (1991) tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut (Das, 1993).

Menurut Bowles (1997) tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
2. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.
4. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
5. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.

6. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1985)

## **2.2. Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1985)

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1997).

## 2.2.1. Klasifikasi tanah berdasarkan *Unified System*

Sistem klasifikasi tanah ini paling sering digunakan untuk pekerjaan teknik pondasi seperti bendungan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini sering digunakan sebagai desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Klasifikasi berdasarkan *Unified System* (Das, 1997), tanah dikelompokkan menjadi:

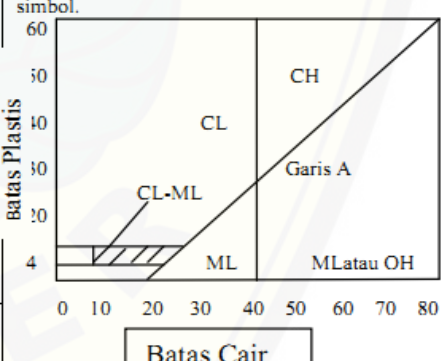
- a. Tanah berbutir kasar (*Coarse grained soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana  $< 50\%$  berat total contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah dimana  $> 50\%$  berat total contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Tabel 2.1 Sistem klasifikasi tanah *Unified System*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wl<50 %	L
Organik	O	Wl>50 %	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1997



Divisi Utama			Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah sirdaridida gramplastisitas, maka dipakai simbol I	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah sirdaridida gramplastisitas, maka dipakai simbol I	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutiran halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batas klasifikasi yang menggunakan dua simbol. 
				CL	Lempungan anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH		Lanau anorganik atau pasir halus dia tomoe, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
	CH		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )			
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
	Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Sumber : Hary Christady, 1996.

Gambar 2.1 Sistem klasifikasi tanah *Unified System* (Hary Christady, 1994)

### 2.2.2. Klasifikasi tanah berdasarkan asalnya

Tanah dapat diklasifikasikan secara luas berdasarkan asalnya menjadi :

- a. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
- b. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

### 2.2.3. Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran batuan penyusun

Menurut (Bowles,1997) dalam bukunya mengklasifikasikan tanah berdasarkan ukuran butiran penyusun atau jenis dari batuan tanah tertentu menjadi :

- a. Batuan dasar (*bedrock*)

Batuan pada tempat asalnya ,biasanya terbentang secara meluas dalam arah horizontal dan arah vertical. Bahan ini umumnya tertutup oleh tanah dengan berbagai kedalaman, jika terbuka mungkin bagian luar menjadi lapuk.

- b. Berangkal

Potongan bahan lebih kecil yang telah terpisah dari batuan dasar dn berukuran 250 mm smpai 300 mmatau lebih.

- c. Kerikil (*gravel*)

Istilah umum yang digunakan untuk potongan – potongan batuan yang berukuran maksimum 150 mm sampai kurang dari 5 mm. Bisa berupa batu pecah / split bila terbuat dari pabrik , berupa kerikil alamiah bila digali dari deposit yang terdapat secara alami , atau berupa kerikil ayakan jika kerikil tersebut telah disaring hingga ukuran 3 mm sampai 5 mm. Kerikil adalah bahan tak berkohesi, yaitu kerikil tidak mempunyai adhesi atau tarikan antar partikel.

d. Pasir

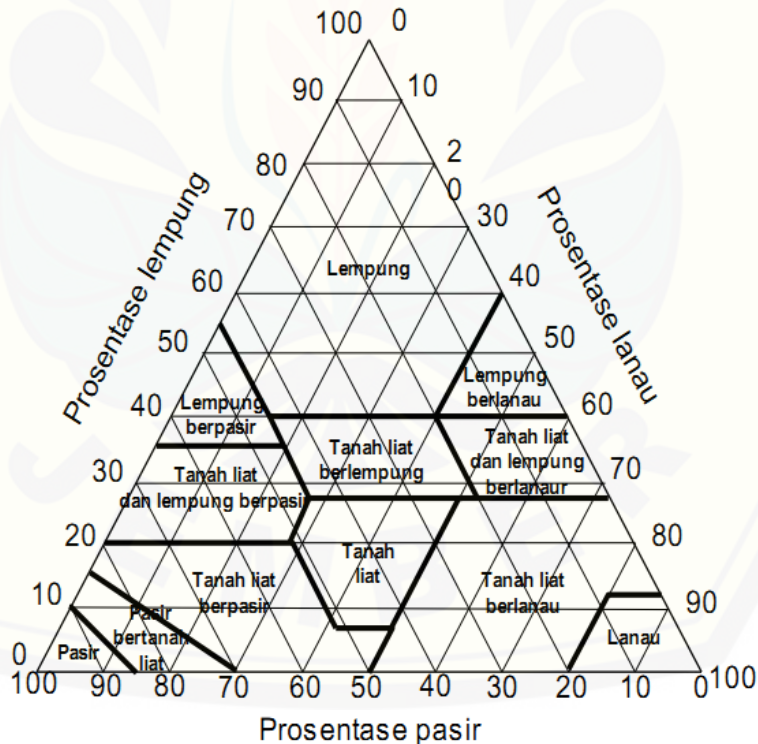
Partikel – partikel mineral yang lebih kecil dari kerikil tetapi lebih besar dari sekitar 0,05 sampai 0,075. Bisa berbentuk halus, sedang, atau kasar tergantung pada ukuran partikel terbanyak.

e. Lanau

Partikel – partikel mineral yang ukurannya berkisar antara maksimum 0,005 sampai 0,074 mm dan 0,002 sampai 0,006 mm.

f. Lempung

Partikel–partikel mineral yang ukurannya lebih kecil dari ukuran lanau, sekitar ukuran 0,002 mm atau lebih kecil. Tanah lempung mempunyai sifat plastisitas yang tinggi dan kohesif. Sifat–sifat tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung.



Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (sumber: Das, 1993)

#### 2.2.4. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, subbase, dan subgrade. Sistem ini awalnya membagi tanah kedalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk subkelompok. Sistem yang direvisi (*Proc. 25 th Annual Meeting of Highway Research Board, 1945*) mempertahankan delapan kelompok dasar tanah tadi tapi menambahkan dua subkelompok dalam A-1, empat kelompok dalam A-2, dan dua subkelompok dalam A-7. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawang yang ditentukan berdasarkan klasifikasi visual. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg (Bowles, 1984). Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

- a. Ukuran butir, dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Kerikil adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm. Pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,0075 mm. Lanau & Lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 0,0075 mm.
- b. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.
- c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.



Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5	A-6		A-7	
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11	
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah Berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Gambar 2.3 Sistem klasifikasi tanah AASHTO

Tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir (*granular*) dengan tidak lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200. Bahan khas dalam kelompok A-1 adalah campuran bergradasi baik dari kerikil, pasir kasar, pasir halus, dan suatu bahan pengikat (*binder*) yang mempunyai plastisitas sangat kecil atau tidak sama sekali ( $I_p \leq 6$ ). Kelompok A-3 terdiri dari campuran pasir halus, bergradasi buruk, dengan sebagian kecil pasir kasar dan kerikil, fraksi lanau yang merupakan bahan tidak plastis lolos saringan No.200. Kelompok A-2 juga merupakan bahan berbutir tetapi dengan jumlah bahan yang lolos saringan No.200 yang cukup banyak (tidak lebih dari 35 persen). Bahan ini terletak di antara bahan dalam kelompok A-1 dan A-3 dan bahan lanau – lempung dari kelompok A-4 sampai A-7. Kelompok A-4 sampai A-7 adalah tanah berbutir halus dengan lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200.

### 2.3. Tanah Lempung

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

DAS (1993) menyimpulkan bahwa, tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel – partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1997).

#### 2.3.1. Sifat Tanah Lempung

Tanah lempung memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.



- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1994).

#### **2.4. Stabilisasi Tanah dan Daya Dukung Tanah**

Bowles (1997) mengatakan, apabila tanah yang terdapat dilapangan mempunyai sifat – sifat yang tidak diinginkan seperti sangat lunak, compressible, kembang susut yang besar sehingga diatas tanah tersebut tidak dapat didirikan suatu konstruksi bangunan, maka untuk memperbaiki sifat tanah tersebut agar dapat dipakai dengan baik sebagai pendukung kostruksi diatasnya adalah dengan stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara :

- a. Menambah kerapatan tanah.
- b. Menambah material yang tidak aktif, sehingga mempertinggi kohesi dan tahanan geser yang timbul.
- c. Menambah material yang dapat menyebabkan perubahan – perubahan kimiawi dan fisis pada tanah tersebut.
- d. Merendahkan muka air ( drainase ).
- e. Mengganti tanah – tanah yang buruk.

#### **2.5. Konsolidasi Tanah Lempung**

Konsolidasi merupakan proses keluarnya air dari dalam pori-pori tanah yang menyebabkan terjadinya perubahan volume tanah (memampat). Peristiwa konsolidasi

umumnya dipicu oleh adanya beban/muatan diatas tanah. Muatan tersebut dapat berupa tanah atau konstruksi bangunan yang berdiri diatas tanah. Bila lapisan tanah mengalami beban diatasnya, maka air pori akan mengalir keluar dari lapisan tersebut dan volumenya akan berkurang atau dengan kata lain akan mengalami konsolidasi (Wesley, 1997). Pada umumnya konsolidasi akan berlangsung satu arah (one dimensional consolidation) yaitu pada arah vertikal saja, karena lapisan yang mengalami tambahan beban itu tidak dapat bergerak dalam jurusan horisontal karena ditahan oleh tanah disekitarnya (lateral pressure).

Penurunan tanah pada dasarnya disebabkan oleh pembebanan, penurunan dapat dibagi dalam dua kelompok besar yaitu :

1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) yaitu penurunan yang diakibatkan oleh perubahan volume tanah jenuh air akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah (Das, Braja M. 1991).
2. Penurunan segera (*immediate settlement*) yaitu penurunan yang diakibatkan oleh perubahan bentuk elastis tanah tanpa perubahan kadar air. Penurunan segera pada umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas (Das, Braja M. 1985).

#### 2.5.1. Besar Penurunan Konsolidasi

Menurut Braja M Das (1985) ada dua definisi dasar yang didasarkan pada sejarah tegangan :

1. Untuk tanah terkonsolidasi secara normal (*Normally Consolidated*), dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu.
2. Untuk tanah terlalu terkonsolidasi (*Over Consolidated*), dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya. Tekanan efektif overburden maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan prakonsolidasi (*preconsolidation pressure*).

Overconsolidation ratio (OCR) untuk suatu tanah dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$OCR = \frac{P_c'}{P_o'} \dots\dots\dots 2.1$$

$P_c'$  = tekanan prakonsolidasi efektif.

$P_o'$  = tekanan vertikal efektif pada saat tanah itu diselidiki.

Berdasarkan teori Terzaghi (1925) untuk perhitungan pemampatan pada tanah lempung adalah:

1. Tanah terkonsolidasi secara normal (*Normally Consolidated*)

Besarnya penurunan konsolidasi dapat dicari dengan persamaan :

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log\left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o}\right) \dots\dots\dots 2.2$$

2. Tanah terlalu terkonsolidasi (*Over Consolidated*) Sedangkan besarnya penurunan pada kondisi lempung yang terlalu terkonsolidasi adalah :

Apabila ( $P_o' + \Delta P$ ) <  $P_c'$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log\left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o}\right) \dots\dots\dots 2.3$$

Apabila ( $P_o' + \Delta P$ ) >  $P_c'$  dimana :

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log\left(\frac{p_o + \Delta p}{p_c}\right) \dots\dots\dots 2.4$$

dimana :

$S_c$  : pemampatan akibat proses konsolidasi (m).

$C_c$  : indeks kompresi tanah.

$C_s$  : indeks pengembangan tanah.

$P_o'$  : tegangan overburden efektif ( $t/m^2$ ).

$P_c'$  : tegangan prakonsolidasi efektif ( $t/m^2$ ).

$e_o$  : angka pori.

$H$  : tebal lapisan tanah sub-lapisan (m).

$\Delta p$  : penambahan tegangan vertikal ( $t/m^2$ ) pada lapisan yang ditinjau akibat beban

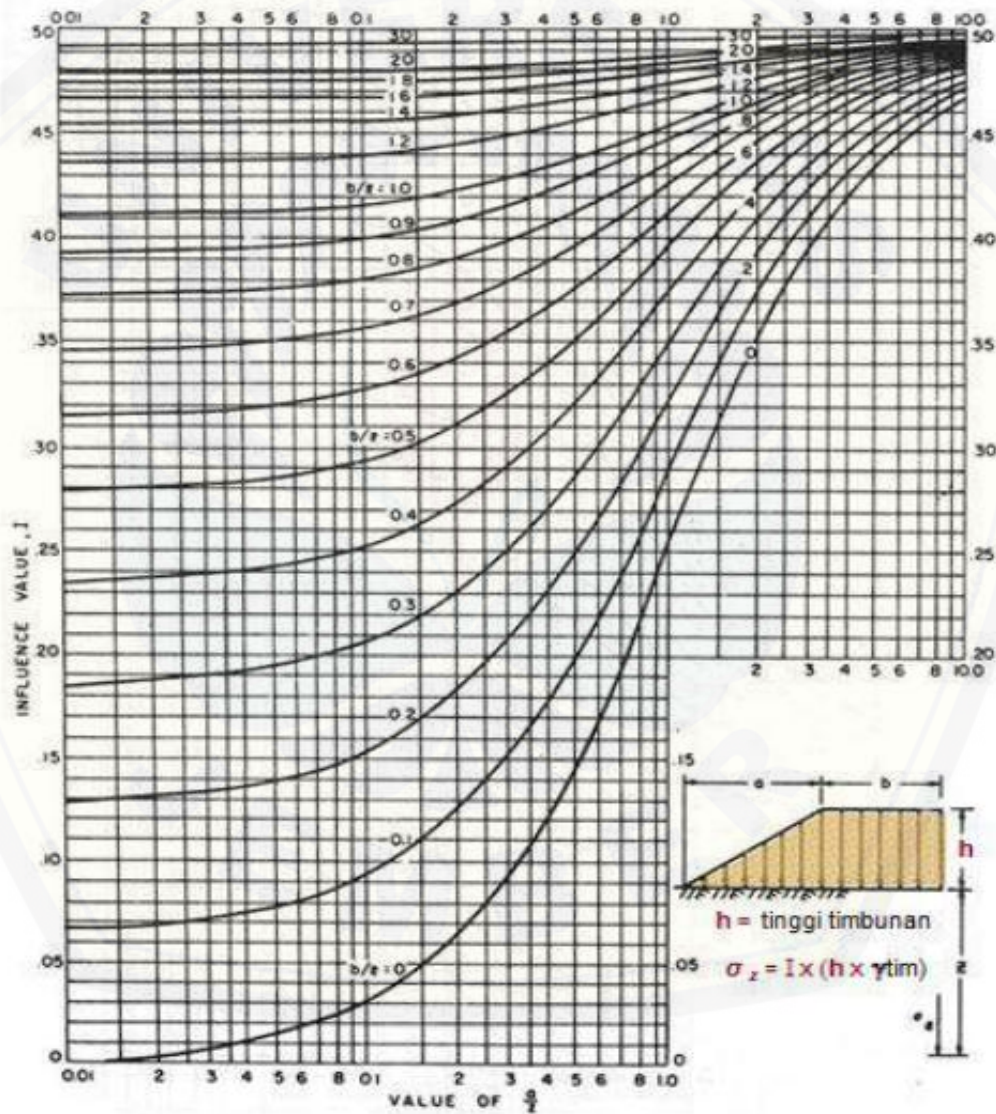
timbunan dihitung dengan persamaan :

$$\Delta p = I \times q \dots\dots\dots 2.5$$

dimana :

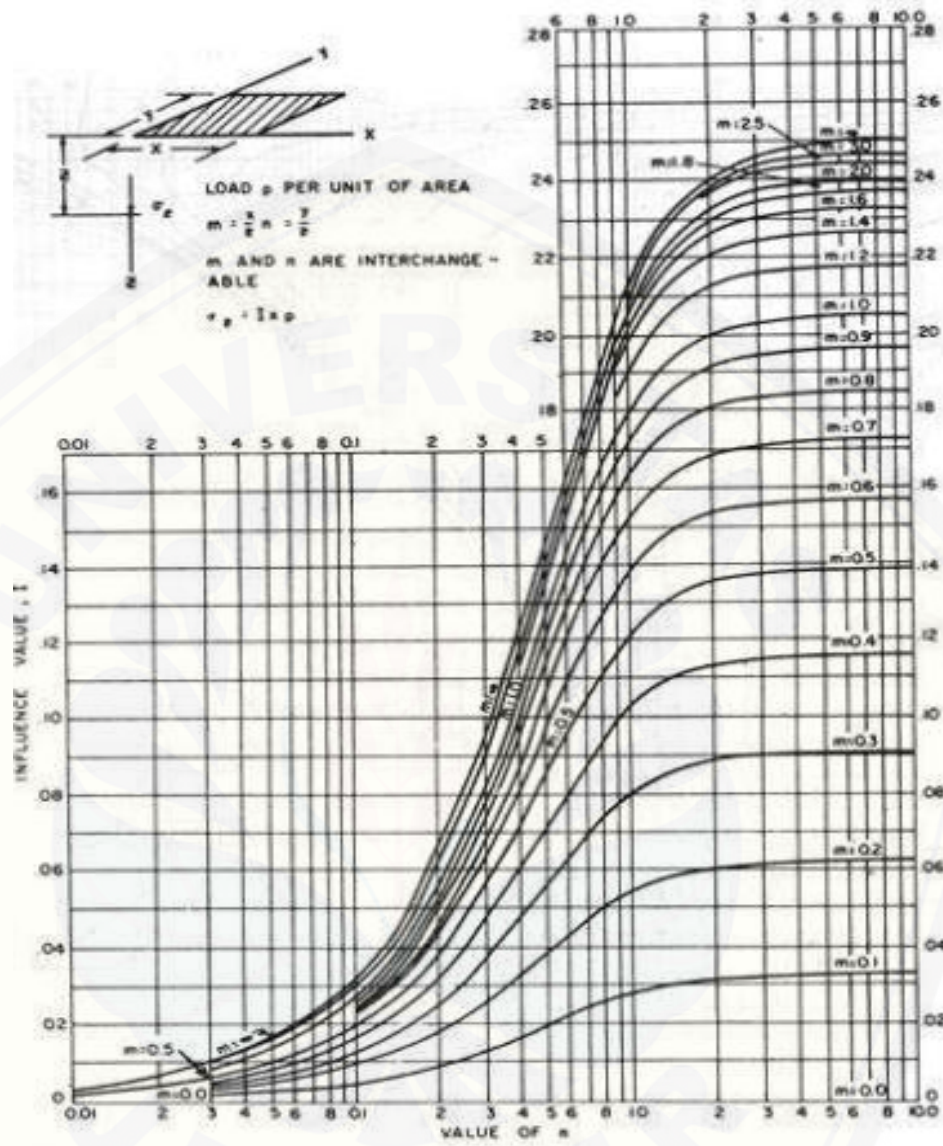
I : faktor pengaruh yang diperoleh dari grafik pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 (NAVFAC DM – 7, 1970)

q : tegangan vertikal efektif di permukaan tanah akibat beban.



Gambar 2.4 Grafik untuk menentukan faktor pengaruh pada beban trapesium (Sumber : NAVFAC DM – 7, 1970)





Gambar 2.5 Grafik untuk menentukan faktor pengaruh pada beban segitiga (Sumber : NAVFAC DM – 7, 1970)

2.5.2. Koefisien Konsolidasi Vertikal

Koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ) menentukan kecepatan pengaliran air pada arah vertikal dalam tanah. Karena pada umumnya konsolidasi berlangsung satu arah saja, yaitu arah vertikal, maka koefisien konsolidasi sangat berpengaruh terhadap kecepatan konsolidasi yang akan terjadi.

Harga  $C_v$  dapat dicari mempergunakan persamaan berikut ini :

$$C_v = \frac{T_v \cdot H^2}{t} \dots\dots\dots 2.6$$

dengan :

- $C_v$  = koefisien konsolidasi untuk aliran air pori arah vertikal (  $cm^2/dtk$  )
- $T_v$  = faktor waktu, tergantung dari derajat konsolidasi (U)
- t = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi U% (dtk)
- H = tebal tanah (cm)

2.5.3. Waktu Konsolidasi

Menurut Terzhagi dalam Braja M Das (1985), perhitungan lamanya waktu konsolidasi dilapangan dapat mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{C_v} \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

- $T_v$  = Faktor waktu, tergantung dari derajat konsolidasi (U)
- $H_{dr}$  = tebal lapisan yang mengalami konsolidasi (panjang maksimum lintasan drainase atau panjang aliran yang harus ditempuh air pori) (cm)
- $C_v$  = koefisien konsolidasi untuk aliran air pori arah vertikal (  $cm^2/dtk$  )
- t = waktu konsolidasi (dtk)

2.5.4. Derajat Konsolidasi

Derajat konsolidasi tanah (U) adalah perbandingan penurunan tanah pada waktu tertentu dengan penurunan tanah total.



Untuk  $U \leq 60\%$  maka :

$$\bar{U}_v = \left(2\sqrt{\frac{T_v}{\pi}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots 2.8$$

Untuk  $U > 60\%$  maka :

$$\bar{U}_v = 1,781 - 0,933 \log (100-U\%) \dots\dots\dots 2.9$$

Tabel 2.3 Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi

Derajat konsolidasi $U\%$	Faktor waktu $T_v$
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	$\infty$

\*  $U_v$  tetap untuk seluruh kedalaman lapisan.

Sumber: Das, 1993

**2.6. Tinggi Timbunan Awal ( $H_{inisial}$ )**

Agar terjadi penurunan pada tanah dasar maka dilakukan pemberian beban berupa beban timbunan umumnya disebut dengan *preloading*. Fungsinya sebagai beban untuk mempercepat pemampatan, mengisi ruang yang diakibatkan oleh pemampatan dan meningkatkan daya dukung tanah di bawahnya.

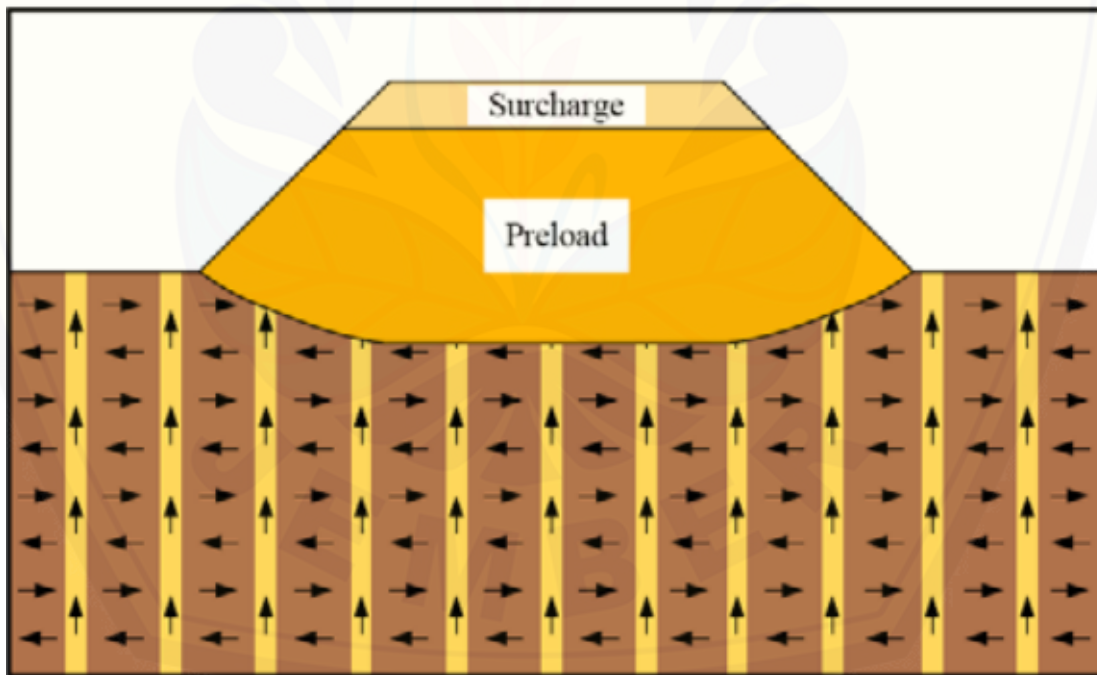
Penurunan konsolidasi tanah dasar yang terjadi akan menjadikan tinggi timbunan awal ( $H_{inisial}$ ) yang direncanakan sesuai dengan tinggi timbunan yang direncanakan ( $H_{final}$ ). Penentuan tinggi awal pada saat pelaksanaan (dengan memperhatikan penurunan), dapat hitung dengan persamaan berikut :

$$H_{\text{inisial}} = \frac{q_{\text{final}} + S_c \times \gamma_w}{\gamma_{\text{timb}}} \dots\dots\dots 2.10$$

$$H_{\text{final}} = (H_{\text{inisial}} - S_c \text{ timbunan} - H_{\text{surchage}} - S_c \text{ perkerasan}) + \text{tebal perkerasan} \dots\dots\dots 2.11$$

**2.7. Prevebricated Vertical Drain (PVD)**

Kecepatan konsolidasi yang rendah pada lempung jenuh dengan permeabilitas rendah dapat dinaikkan dengan menggunakan PVD (*prefebricated vertical drain*) yang memperpendek lintasan pengaliran dalam lempung. Kemudian konsolidasi yang diperhitungkan akibat pengaliran horizontal radial yang menyebabkan disipasi kelebihan tekanan air pori yang lebih cepat, sedangkan pengaliran vertikal sangat kecil pengaruhnya. Dalam teori, besar penurunan konsolidasi akhir adalah sama, hanya laju penurunannya yang berbeda-beda.



Gambar 2.6 Aliran air pori pada PVD

Menurut Barron (1948) besarnya waktu konsolidasi dapat dicari menggunakan persamaan :

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h}\right)2.F(n)\ln\left(\frac{1}{1-U_h}\right) \dots\dots\dots 2.12$$

dengan :

t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer.

D = diameter equivalen dari lingkaran tanah (cm) yang merupakan daerah pengaruh dari PVD.

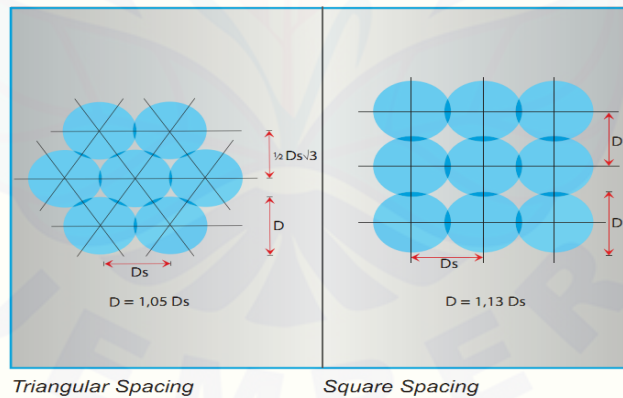
D = 1.13 x s untuk pola susunan bujur sangkar

D = 1.05 x s untuk pola susunan segitiga

C<sub>h</sub> = koefisien konsolidasi tanah horisontal (cm<sup>2</sup>/dtk)

U<sub>h</sub> = derajat konsolidasi tanah arah horisontal (%)

Menurut (Holtz dkk ., 1991), Pola susunan bujur sangkar lebih mudah untuk dijadikan lay out dan mudah untuk dikontrol di lapangan, namun pola susunan segitiga lebih banyak disukai karena memberikan konsolidasi yang lebih seragam antara drainase daripada pola susunan bujur sangkar.



Gambar 2.7 Pola susunan PVD

Fungsi F(n) adalah merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Menurut Hansbo (1979), harga F(n) didefenisikan dalam persamaan 2.13:

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2}\right)\left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2}\right)\right]$$

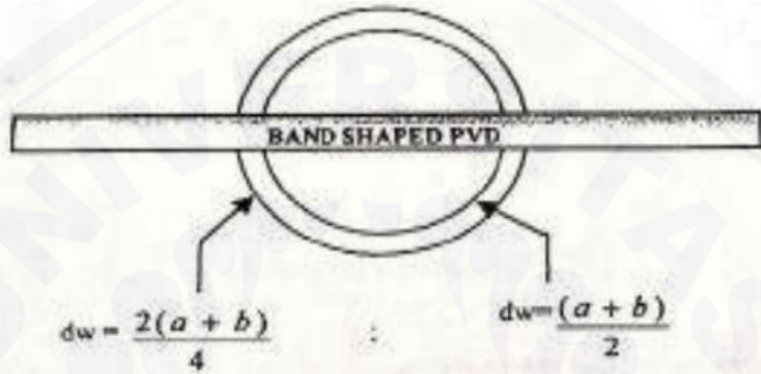
atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)\left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right] \dots\dots\dots 2.13$$

dimana :

n : D/d<sub>w</sub>

d<sub>w</sub> : diameter equivalen dari vertockal drain



Gambar 2.7 *Equivalent Diameter (dw)* untuk PVD

Umumnya, n > 20 sehingga dapat dianggap 1/n = 0 dan  $\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)$ ; jadi:

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4} \text{ atau}$$

$$F(n) = \ln\left(\frac{D}{d_w}\right) - \frac{3}{4} \dots\dots\dots 2.14$$

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h}\right)(F(n) + F_s + F_r) \ln\left(\frac{1}{1-U_h}\right) \dots\dots\dots 2.15$$

dimana :

t : waktu yang diperlukan untuk mencapai  $\bar{U}_h$ .

D : diameter equivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD.

- 1,13 x S untuk pola susunan bujur sangkar
- 1,05 x S untuk pola susunan segitiga

- S : jarak antara titik pusat PVD.
- $C_h$  : koefisien aliran horisontal =  $(K_h/K_v).C_v$
- $K_h/K_v$  : perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horisontal dan vertikal, untuk tanah lempung jenuh air berkisar antara 2 – 5.
- $F(n)$  : faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD.
- $F_r$  : faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri.
- $F_s$  : faktor hambatan tanah yang terganggu (disturbed)
- $\bar{U}_h$  : derajat konsolidasi tanah (arah horisontal)

Dengan memasukkan harga  $t$  tertentu, dapat dicari harga  $\bar{U}_h$  pada lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran pori arah horisontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air arah vertikal  $\bar{U}_v$ . Harga  $\bar{U}_v$  dicari dengan persamaan:

$$T_v = \frac{t.C_v}{H_{dr}^2} \dots\dots\dots 2.16$$

dimana :

- $H_{dr}$  : ketebalan lapisan tanah yang dipasang PVD.
- $C_v$  : harga  $C_v$  tanah pada lapisan setebal panjang PVD.
- $t$  : waktu konsolidasi yang dipilih.

Untuk nilai  $C_v$  yang berbeda di setiap lapisan tanah maka dihitung nilai  $C_v$  gabungan yang dicari dengan persamaan:

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(\Sigma h)^2}{\left(\left(\frac{h_1}{\sqrt{C_{v_1}}}\right) + \left(\frac{h_2}{\sqrt{C_{v_2}}}\right) \dots + \left(\frac{h_i}{\sqrt{C_{v_i}}}\right)\right)^2} \dots\dots\dots 2.17$$

Sedangkan untuk mencari  $\bar{U}_h$  menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{U}_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F_{(n)}}\right)}}\right)\right] \dots\dots\dots 2.18$$

Persamaan derajat konsolidasi pada tanah yang distabilisasi dengan menggunakan sistem PVD menurut Carrillo dalam Soedarmo G. D., dan S. J. Edy Purnomo, 1997 adalah sebagai berikut :

$$\bar{U} = [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \dots\dots\dots 2.19$$

dengan :

- U = derajat konsolidasi tanah akibat aliran vertikal dan radial.
- U<sub>h</sub> = derajat konsolidasi radial
- U<sub>v</sub> = derajat konsolidasi vertikal.

**2.8. Preloading**

2.8.1. Penentuan Tinggi Kritis (H<sub>cr</sub>)

Penentuan tinggi kritis digunakan sebagai beban awal preloading. Untuk muka air yang berada di atas muka tanah, tinggi timbunan kritis beban *preloading* dapat dihitung dengan persamaan dari Jie Han, 1964 sebagai berikut:

$$H_{cr} = \frac{C_u \cdot N_c}{SF \cdot \gamma_{timb}} \dots\dots\dots 2.20$$

Dimana:

- C<sub>u</sub> = kohesi tanah dasar (t/m<sup>2</sup>)
- γ<sub>timb</sub> = berat volume tanah timbunan (t/m<sup>2</sup>)
- N<sub>c</sub> = faktor daya dukung
- H<sub>cr</sub> = tinggi timbunan kritis (m)
- SF = faktor aman yang diambil antara 1,3 sampai 1,5

2.8.2. Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar meningkat karena adanya pemampatan tanah dasar sebagai akibat adanya beban timbunan yang diletakkan secara bertahap. Beban bertahap dapat diletakkan secara terus menerus sampai dengan tinggi timbunan kritis



( $H_{cr}$ ) dicapai. Kekuatan geser jenuh untuk tanah kohesif oleh Ladd, 1991 dalam Jie Han (2015) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{c_u}{\sigma'_z} = \lambda_f (OCR)^\wedge \dots\dots\dots 2.21$$

Dimana :

$C_u$  = *undrained shear strength*

$\lambda_f$  =  $0,22 \pm 0,03$  untuk sedimen lempung homogen atau  $\lambda = 0,25 \pm 0,03$  untuk lumpur atau tanah liat organik

OCR = *overconsolidation ratio*

$\wedge$  =  $0,88 (1 - C_r/C_c)$

$C_r$  = *recompression index*

$C_c$  = *compression index*

Kekuatan tanah setelah terjadinya konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta c_u = \lambda_f (OCR)^\wedge \Delta \sigma'_z = \lambda_f (OCR)^\wedge U_t \Delta \sigma_z \dots\dots\dots 2.22$$

Dimana :

$\Delta c_u$  = penambahan tegangan ( $t/m^2$ )

$\Delta \sigma'_z$  = penambahan tegangan efektif vertikal karena *preloading*

$\Delta \sigma_z$  = total penambahan tegangan vertikal karena *preloading*

$U_t$  = derajat konsolidasi berdasarkan waktu (t)

Karena tanah lunak sering dikonsolidasikan secara normal ( $OCR = 1$ ), nilai  $\lambda = 0,25$  biasanya digunakan. Ketika lebar area beban jauh lebih besar dari ketebalan tanah lunak persamaan 2.23 dapat disederhanakan menjadi :

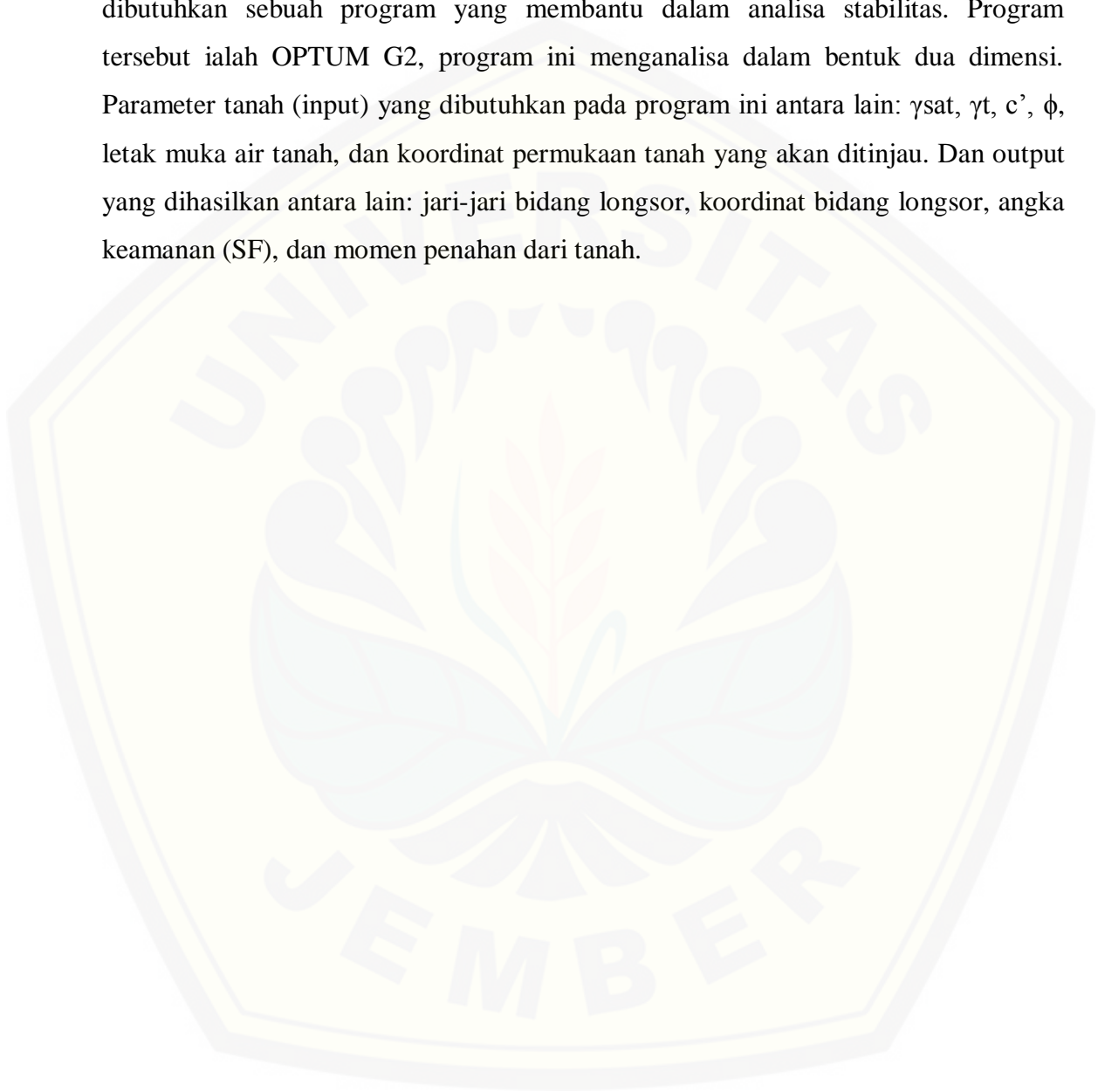
$$\Delta c_u = 0,25 U_t \cdot p \dots\dots\dots 2.23$$

dimana p = tekanan dari *preloading*. Total undrained shera strength setelah *preloading* adalah

$$c_{u1} = c_u + \Delta c_u \dots\dots\dots 2.24$$

## 2.9. Analisa Stabilitas Timbunan dengan bantuan software

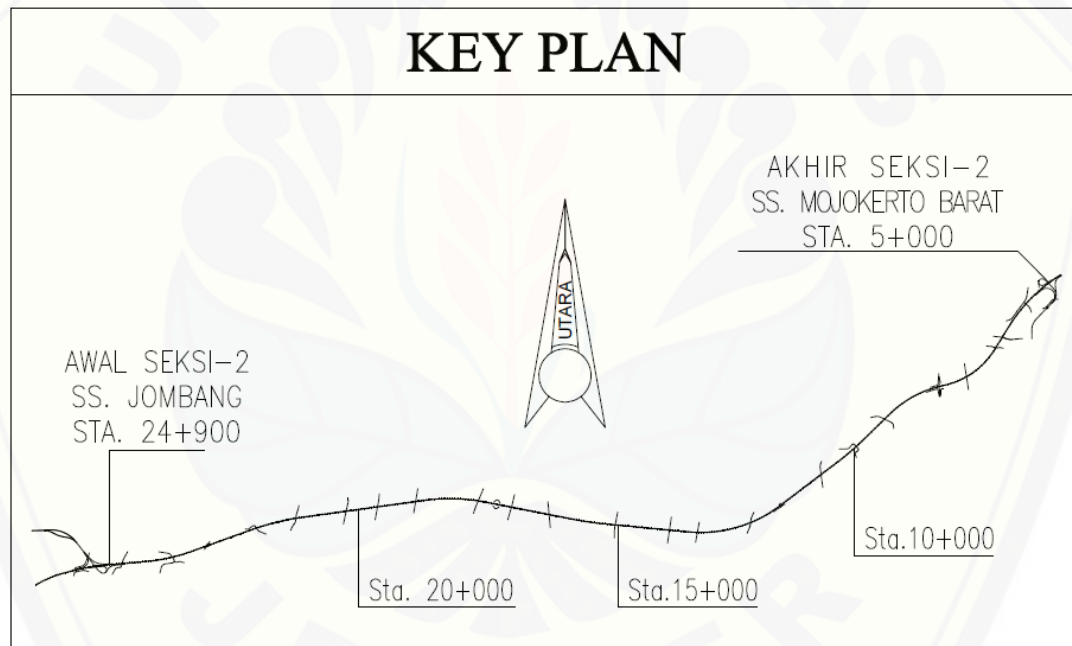
Dalam perencanaan ini diperlukan menganalisa kestabilan timbunan, maka dibutuhkan sebuah program yang membantu dalam analisa stabilitas. Program tersebut ialah OPTUM G2, program ini menganalisa dalam bentuk dua dimensi. Parameter tanah (input) yang dibutuhkan pada program ini antara lain:  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_t$ ,  $c'$ ,  $\phi$ , letak muka air tanah, dan koordinat permukaan tanah yang akan ditinjau. Dan output yang dihasilkan antara lain: jari-jari bidang longsor, koordinat bidang longsor, angka keamanan (SF), dan momen penahan dari tanah.



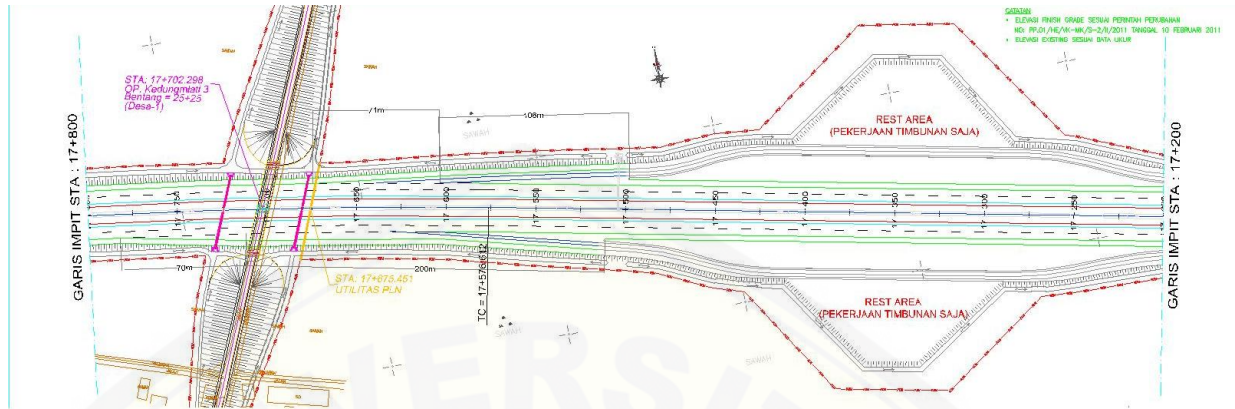
### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah Proyek Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2 yang memiliki panjang 18,4 KM yang terbentang dari Kecamatan Gedeg Kabupaten Mojokerto sampai Kecamatan Tembelang Kabupaten Jombang Jawa Timur, tepatnya lokasi yang akan digunakan penelitian berada di daerah Kedung Melati Sta. 17+350 – 17+700.



Gambar 3.1 Panjang Jalan Tol Mojokerto – Kertosono seksi 2



Gambar 3.2 Lay out Sta. 17+200 – 17+800

### 3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Februari sampai Juli 2017. Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap penelitian. Untuk lebih spesifik pelaksanaan penelitian ini maka dibuatlah penjadwalan penelitian. Adapun tujuan penjadwalan penelitian ini sebagai kontrol pelaksanaan penelitian agar tidak sampai mengalami keterlambatan. Adapun penjadwalan pada tabel 3.1.

### 3.3 Data Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Data tanah

- a) *Dynamic Cone Penetration Test (DCPT)*
- b) Bor Log
- c) *Physical Properties*
- d) *Atterberg Limit*
- e) *Triaxial Test*
- f) *Direct Shear Test*
- g) *Consolidation Test*
- h) *Volumetri – Gravimetri*

### 3.3.2 Data timbunan

*Preloading* atau pemberian beban awal dilakukan dengan cara memberikan beban yaitu berupa timbunan sehingga menyebabkan tanah lempung akan termampatkan sebelum konstruksi didirikan (Hidayati dkk., 2008). Data timbunan yang didapatkan, meliputi sifat fisik timbunan, dimensi timbunan dan jadwal tahapan timbunan.

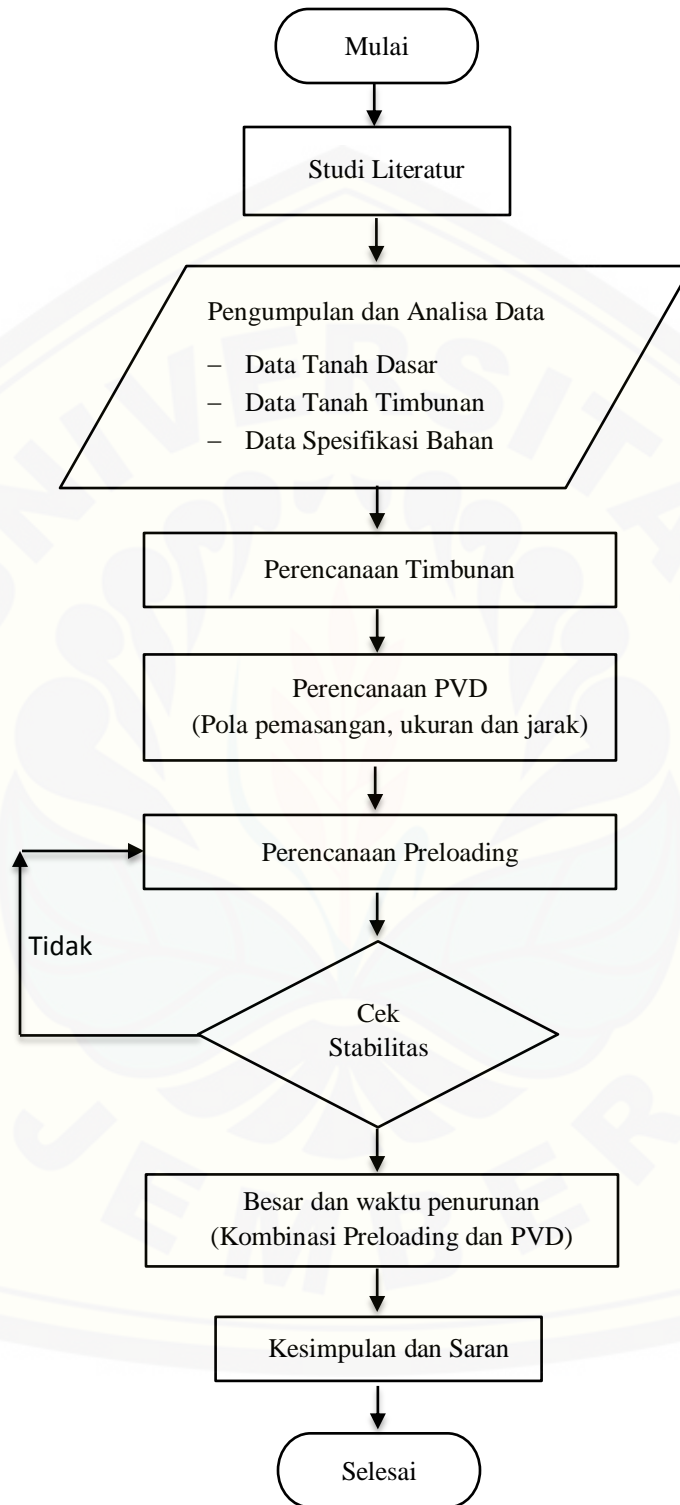
### 3.3.3 Data spesifikasi bahan

PVD (Prefabricated Vertical Drain) yang digunakan pada penelitian ini ialah tipe CeTau – Drain CT-D822 dengan spesifikasi :

- Weight = 75 g/m
- Thickness (a) = 100 mm
- Width (b) = 4 mm

### 3.4 Tahap – tahap penelitian

Dalam penelitian ini tahap – tahap yang akan digunakan terdapat pada gambar 3.3, yaitu:



Gambar 3.3 Flowchat Penelitian Tugas Akhir



#### 3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan tahap awal penelitian karena tahap ini ialah pencarian dan pengumpulan referensi – referensi yang ada

#### 3.4.2 Pengumpulan data

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data sekunder yang meliputi data topografi, data tanah timbunan, data tanah dasar, dan data spesifikasi bahan PVD.

#### 3.4.3 Perencanaan timbunan

Pekerjaan yang berkaitan dengan perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) adalah pekerjaan timbunan. Perhitungan penurunan dan waktu penurunan timbunan awal.

#### 3.4.4 Perencanaan *Preloading*

Perbaikan tanah dengan cara pemampatan awal (*preloading*) ini umumnya cocok untuk tanah-tanah lempung jenuh air yang lunak, tanah – tanah lanau yang compressible dan tanah lempung organik. Pada teknik pemampatan awal ini, beban yang diberikan dapat berupa beban tanah timbunan (*surchage*), beban air tangki air atau kolam air buatan atau beban luar lainnya yang diletakkan diatas tanah aslinya. Pemberian beban luar tersebut menyebabkan tanah dasar memampat. Untuk mempercepat waktu *preloading*, dapat digunakan drainase vertikal (*vertical drain*) untuk memperpendek aliran (*drainage path*) dari air pori.

#### 3.4.5 Perencanaan PVD

Dalam perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* umumnya menggunakan pendekatan – pendekatan :

- a. Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* harus bisa menanggulangi keterbatasan waktu pelaksanaan konstruksi suatu proyek dan sanggup memperkecil tingkat penurunan permukaan tanah setelah pelaksanaan pekerjaan selesai pada tingkat penurunan yang masih dalam batas toleransi yang tidak mengakibatkan kerusakan hasil pekerjaan.
- b. Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* harus didukung dengan data penyelidikan dan informasi tanah dasar yang lengkap dan detail agar besar dan lama waktu penurunan pekerjaan yang akan terjadi dapat diantisipasi dengan benar dan tepat.
- c. Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* harus merupakan serangkaian pekerjaan timbunan/embankment yang sehubungan dengan terbatasnya kemampuan daya dukung tanah dasar lunak dalam menerima beban timbunan (*embankment*) pekerjaan.
- d. Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* harus direncanakan dengan detail sehingga ekonomis dengan hasil guna yang sebesar – besarnya. Dalam penelitian ini harus dilakukan beberapa perbandingan hasil perencanaan pekerjaan PVD meliputi pola, jarak dan panjang pemasangan PVD serta tinggi beban tambahan. Pola pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* ada 2 cara, yaitu pola segitiga dan bujur sangkar.
- e. Penggunaan PVD yang dikombinasikan dengan preloading dapat mempercepat waktu konsolidasi; dengan memampatnya tanah, maka nilai  $C_u$  (*undrained shear strength*) pada tanah menjadi meningkat sehingga daya dukung tanah meningkat.

#### 3.4.6 Besar dan Waktu Penurunan

Penentuan waktu konsolidasi didasarkan teori aliran pasir vertikal menurut Barron (1948), menggunakan asumsi teori Terzhagi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori tersebut menetapkan hubungan antara waktu diameter drain, jarak

antara drain, koefisien konsolidasi dan rata – rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori Barron (1948) ialah :

$$t = \left( \frac{D^2}{8Ch} \right) 2. F(n) \ln \left( \frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right)$$

dengan :

t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer.

D = diameter equivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD.

D = 1.13 x s untuk pola susunan bujur sangkar

D = 1.05 x s untuk pola susunan segitiga

Ch = koefisien konsolidasi tanah horisontal

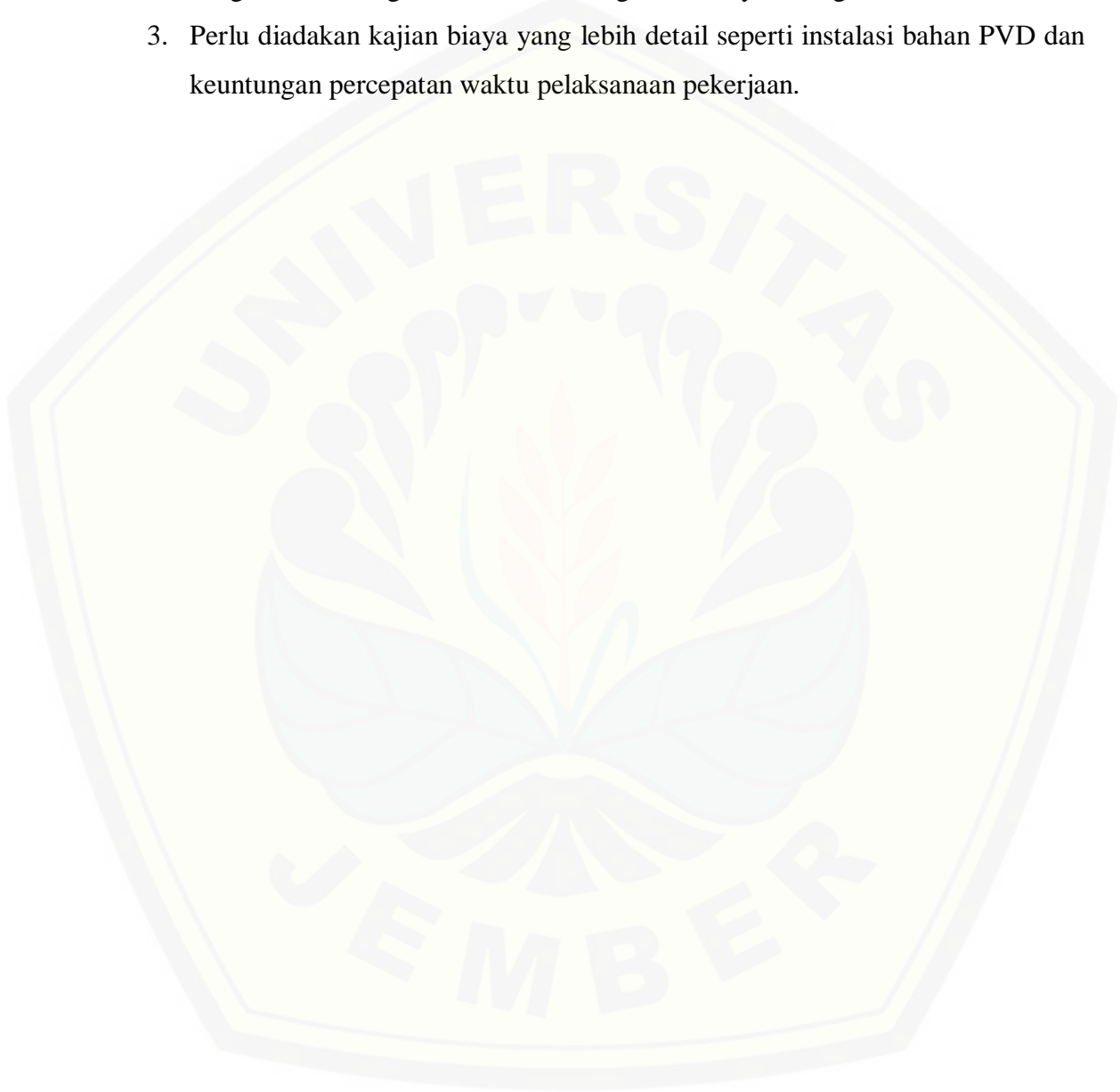
$\bar{U}_h$  = derajat konsolidasi tanah (arah horisontal)

### 3.4.7 Cek stabilitas

Dalam analisa ini stabilitas lereng terhadap keruntuhan circular diperhitungkan menggunakan aplikasi Optum G2 atau Plaxis.



2. Perlu diadakan studi perbandingan alternatif perbaikan tanah dasar tidak hanya PVD dan Preloading saja tapi juga beberapa lainnya seperti Geotekstil dengan Preloading untuk lebih meningkatkan daya dukung tanah.
3. Perlu diadakan kajian biaya yang lebih detail seperti instalasi bahan PVD dan keuntungan percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Barron, R. A. 1948. Consolidation of fine-grained soils by drain wells. *Transactions ASCE*, 113(2346): 718-724.
- Bergado, D. T., Balasubramaniam, A. S., Fannin, R. J. and Holtz, R. D. 2002. Prefabricated vertical drains (PVDs) in soft Bangkok clay: A case study of the new Bangkok International Airport Project, *Can. Geotech. J.*, 39: 304-315.
- Bowles, 1997, *Analisis dan Desain Pondasi*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Bowles (2002), Joseph. E. *Foundation Analysis and Design*. Singapore: McGraw Hill.
- Craig, R. F. 1986. *Mekanika Tanah*. Terjemahan oleh Budi Susilo Soepandji. Jakarta : Erlangga.
- Das, B.M. 1985. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga.
- Das, B.M. 1985. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta. Erlangga.
- Das, 1993, *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid I. Jakarta : Erlangga.
- Das, B.M. 2007. *Principle of Foundation Engineering Sixth Edition*. United States: Thomson
- Hansbo, S., 1979. *Consolidation of Clay by Band – shaped Prefabricated Drains, Grounds Engineering*, Vol.12.
- Han, Jie., *Principle and Practice of Ground Improvement*, 2015. 432 pp. Hardback. ISBN: 9781118259917
- Hardiyatmo, H.C. 1994 *Mekanika Tanah 1*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1994 *Mekanika Tanah 2*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah 1 edisi ketiga*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah 2 edisi ketiga*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya Edisi Pertama*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Hidayati, A.M., dan Ardana, M.D.W. 2008. Kombinasi *Preloading* dan Penggunaan *Pre-Fabricated Vertical Drains* Untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak (Studi Kasus Tanah Lempung Suwung Kangin). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 12(2): 187-195
- Holtz, R. D., et al. 1991. *Prefabricated Vertical Drains: Design and Performance*, CIRIA ground engineering report: ground improvement. Oxford: Butterworth – Heinemann Ltd.
- Soedarmo G. D., dan Purnomo, S.J.E. 1997. *Mekanika Tanah 1 dan Mekanika Tanah 2*, Penerbit Kanisius.
- Terzaghi, Karl., B. Peck., Ralph. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Terjemahan oleh Bagus Witjaksono dan Benny Krisna R. Jakarta : Erlangga.
- Universitas Jember, 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember
- Wesley, L.D. 1997. *Mekanika Tanah*. Cetakan VI. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

# UPT Perpustakaan Universitas Jember

17+702,146 (Abutment)																		
Kedalaman (m)	Konsistensi Tanah	Jenis Tanah	SPT	eo	yd	yt	Wc	Gs	n	PI	LL	PL	φ	c	Cv	Cc	Cu	Sr
			(blows)		(kg/cm2)	(kg/cm2)	%			%	%	°	(kg/cm2)	(cm2/sec)	(kg/cm2)			
0-2	Medium stiff	Lempung Berlanau	8	1,408	1,049	1,586	51,22	2,525	58,5	38,7	73,53	34,83	4,1	0,316	0,00049	0,639	*	91,9
2-4	Medium stiff	Lempung Berlanau	10	1,386	1,086	1,612	48,37	2,592	58,1	42,39	76,3	33,91	5,2	0,376	0,000566	0,701	*	90,5
4-6	Medium stiff	Lempung Berlanau	15	1,364	1,098	1,647	49,96	2,596	57,7	48,58	83,25	34,67	4,2	0,469	0,000346	0,78	*	95,1
6-8	Medium stiff	Lempung Berlanau	19	1,324	1,134	1,669	47,19	2,635	57	48,54	84,33	35,79	4,7	0,559	0,000374	0,643	*	93,9
8-10	Medium stiff	Lempung Berlanau	24	1,26	1,183	1,724	45,76	2,673	55,8	31,29	62,41	31,12	4,7	0,638	*	*	*	97,1
10-12	Stiff	Lanau Berlempung (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	28,14	59,05	30,91	*	*	*	*	*	*
12-14	Stiff	Lanau Berlempung (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	25,91	54,92	29,01	*	*	*	*	*	*
14-16	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	22,67	51,69	29,02	*	*	*	*	*	*
16-18	Hard	Pasir Berkerikil Berbatu	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*
18-20	Very Dense	Pasir Berkerikil Berlanau Berlempung	>60	*	*	*	*	*	*	21,87	50,79	28,92	*	*	*	*	*	*
20-22	Hard	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil	>60	*	*	*	*	*	*	21,4	47,63	26,23	*	*	*	*	*	*
22-24	Hard	Lanau Berlempung Berpasir (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	19,77	46,79	27,02	*	*	*	*	*	*
24-26	Very Dense	Pasir Berlanau (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*
26-28	Very Dense	Pasir Berlanau (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*
28-30	Very Dense	Lanau Berpasir (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*

17+702,146 (Pier)																			
Kedalaman (m)	Konsistensi Tanah	Jenis Tanah	SPT	eo	yd	yt	Wc	Gs	n	PI	LL	PL	φ	c	Cv	Cc	Cu	Sr	
			(blows)		(kg/cm2)	(kg/cm2)	%			%	%	°	(kg/cm2)	(cm2/sec)	(kg/cm2)				
0-2	Medium stiff	Lempung Berlanau	9	1,499	1,023	1,528	49,32	2,557	60	42,95	76,83	33,88	4,5	0,349	0,000631	0,631	*	84,1	
2-4	Medium stiff	Lempung Berlanau	11	1,513	1,025	1,561	52,27	2,576	60,2	40,88	73,15	32,27	5,3	0,348	0,000496	0,698	*	89	
4-6	Medium stiff	Lempung Berlanau	12	1,403	1,076	1,588	47,65	2,584	58,4	47,98	80,77	32,79	4,9	0,369	0,000634	0,708	*	87,8	
6-8	Medium stiff	Lempung Berlanau	35	1,346	1,119	1,64	46,62	2,624	57,4	47,02	77,93	30,91	4,9	0,86	0,000634	*	*	90,9	
8-10	Medium stiff	Lempung Berlanau	>60	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	93,4
10-12	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	20	1,297	1,158	1,685	43,53	2,659	56,5	27,84	57,7	29,86	4,3	0,587	*	*	*	*	
12-14	Stiff	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*	
14-16	Very Dense	Pasir Berlanau Berkerikil	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*	
16-18	Very Dense	Pasir Berlanau Berkerikil	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*	
18-20	Very Dense	Pasir Berbatu Berlanau	>60	*	*	*	*	*	*	27,37	58,19	30,82	*	*	*	*	*	*	
20-22	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	45	1,006	1,367	1,805	32,07	2,741	50,1	NP	NP	NP	4,9	1,033	*	*	*	87,4	
22-24	Very Dense	Lanau Berpasir Berkerikil	39	1,075	1,254	1,737	38,49	2,603	51,8	39,58	72,57	32,99	4,9	0,821	*	*	*	93,2	
24-26	Hard	Lanau Berlempung Berpasir	39	1,13	1,225	1,713	39,86	2,609	53,1	39,22	70,78	31,56	4,7	0,913	*	*	*	92	
26-28	Hard	Lanau Berlempung Berpasir	47	0,982	1,373	1,853	34,95	2,722	49,6	35,49	68,12	32,63	6	1,049	*	*	*	96,8	
28-30	Hard	Lanau Berlempung Berpasir	26	1,196	1,191	1,657	39,18	2,614	54,5	34,62	67,17	32,55	4,4	0,7	*	*	*	85,7	

# UPT Perpustakaan Universitas Jember

17+058,216 (Abutment)																		
Kedalaman (m)	Konsistensi Tanah	Jenis Tanah	SPT	e <sub>o</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>t</sub>	W <sub>c</sub>	G <sub>s</sub>	n	PI	LL	PL	φ	c	C <sub>v</sub>	C <sub>c</sub>	Cu	Sr
			(blows)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	%			%	%	°	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> /sec)	(kg/cm <sup>2</sup> )			
0-2	Loose	Lempung Berlanau	10	1,501	1,023	1,555	52,01	2,558	60	28,19	55,5	27,31	4,7	0,351	0,000424	0,619	*	100
2-4	Loose	Lempung Berlanau Berpasir	7	1,071	1,299	1,722	32,52	2,691	51,7	NP	NP	NP	*	*	0,000574	0,701	*	100
4-6	Loose	Pasir Berlanau	5	1,06	1,264	1,694	34,03	2,604	51,5	NP	NP	NP	*	*	0,000346	0,78	*	100
6-8	Loose	Pasir Berlanau	11	1,054	1,305	1,743	33,52	2,681	51,3	NP	NP	NP	*	*	0,000382	0,643	*	100
8-10	Stiff	Lempung Berlanau Berpasir	37	1,279	1,168	1,693	44,9	2,663	56,1	35,1	62,41	27,31	5,9	0,841	*	*	*	100
10-12	Hard	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil	31	1,18	1,204	1,712	42,24	2,624	54,1	29,76	57,88	28,12	4,2	0,78	*	*	*	100
12-14	Hard	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil	>60	*	*	*	*	*	*	NP	NP	NP	*	*	*	*	*	*
14-16	Very Dense	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	25,67	52,59	26,92	*	*	*	*	*	*
16-18	Hard	Lanau Berlempung Berpasir (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	25,87	54,49	28,62	*	*	*	*	*	*
18-20	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	37	1,067	1,292	1,78	37,75	2,671	51,6	29,5	58,52	29,02	6,4	1,07	*	*	*	100
20-22	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	26,64	55,07	28,43	*	*	*	*	*	*
22-24	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	23,4	50,53	27,13	*	*	*	*	*	*
24-26	Hard	Lempung Berlanau Berpasir	>60	*	*	*	*	*	*	18,96	47,21	28,25	*	*	*	*	*	*
26-28	Hard	Lanau Berlempung Berpasir (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	19,73	46,45	26,72	*	*	*	*	*	*
28-30	Hard	Lanau Berlempung Berpasir (Padas)	>60	*	*	*	*	*	*	18,54	44,97	26,43	*	*	*	*	*	*

Titik Bor		B-XVII		Sta. 17+7002.146 (Abt)		0,71125	1,71125											0,07675	0,69075						
Kedalaman (m)	H (m)	z (m)	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ' (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>w</sub> (t/m <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	e <sub>o</sub>	P <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	I	q	Δ <sub>p</sub>	Sci	OCR = $\frac{P_c}{p}$								
A	B	C	D	E	F	G=F-E	H	I	J=E+C	H	I	J	K	L	M	N	di mana:								
2	3	1,5	1,622	0,651	1,651	1	2,524	1,341	0,977	0,501	0,639	0,09	0,5	5,55	5,55	0,6756	p <sub>c</sub> = tekanan prakonsolidasi.								
4	2	4	1,705	0,71	1,71	1	2,616	1,275	2,840	0,571	0,701	0,076	0,5	5,55	5,55	0,2899	p = tekanan vertikal efektif pada saat tanah itu di								
6	2	6	1,729	0,729	1,729	1	2,644	1,255	4,374	0,802	0,780	0,077	0,5	5,55	5,55	0,2461									
8	2	8	1,794	0,755	1,755	1	2,671	1,214	6,040	0,568	0,643	0,064	0,49	5,55	5,439	0,1620									
							I	0,5 NAVFAC DM - 7, 1970							OCR		Kedalaman								
Over Consolidated																2M	0,513057	NC							
																4M	0,201056	NC							
																6M	0,183356	NC							
																8M	0,09404	NC							
																Σ	1,3736								
														ΔP		5,55									
														Cv											
														-1,50		0,000525	0,000500	0,000525	0,000475	0,000480	0,000450	0,000475	0,000490	300	
														-3,00		0,000650	0,000550	0,000550	0,000600	0,000575	0,000525	0,000510	0,000566	200	
														-4,00		0,000338	0,000363	0,000338	0,000350	0,000338	0,000375	0,000313	0,000345	200	
														-5,00		0,000425	0,000400	0,000413	0,000350	0,000338	0,000375	0,000388	0,000384	200	
														-6,00							Cv pakai	0,000446			
														-7,00							H	9	900		
														-8,00							Tv 90%	0,848			
														-9,00							tahun	31104000			
														Σs		1,376055 m	NC								
																0,167248	OC								
																2,959091	OC								
																					t = $\frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$	1539843074 detik			
																						49,50627168 tahun			
																						1563706130			
																						50,27347384			



Apabila  $p_o + \Delta p > p_c$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

$$S = \frac{C_v \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

# UPT Perpustakaan Universitas Jember

Titik Bor		B-XVII Sta. 17+7002.146 (Abt)																															
Kedalaman (m)	H (m)	z (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )	Gs (t/m <sup>3</sup> )	e <sub>0</sub>	P <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	I	q	$\Delta_p$	Sci																	
A	B	C	D	E	F	G=F-E	H	I	J=E*C	H	I	J	K	L	M	N																	
2	3	1,5	1,622	0,651	1,651	1	2,524	1,341	0,977	0,501	0,639	0,09	0,5	7,4	7,4	0,764335																	
4	2	4	1,705	0,71	1,71	1	2,616	1,275	2,840	0,571	0,701	0,076	0,5	7,4	7,4	0,343248																	
6	2	6	1,729	0,729	1,729	1	2,644	1,255	4,374	0,802	0,780	0,077	0,5	7,4	7,4	0,297504																	
8	2	8	1,794	0,755	1,755	1	2,671	1,214	6,040	0,568	0,643	0,064	0,49	7,4	7,252	0,198972																	
										I		0,5 NAVFAC DM - 7, 1970				OCR		Kedalaman															
Over Consolidated										4m						$\Delta P$		7,4															
										$\pm 0,00$						Cv																	
Apabila $p_o + \Delta p > p_c$										$S = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right)$						$\pm 1,50$																	
$S = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$										0,764335 m		- 3,00				0,000525		0,000500		0,000525		0,000475		0,000480		0,000450		0,000475		0,000490		300	
										0,107653		- 4,00				0,000650		0,000550		0,000550		0,000600		0,000575		0,000525		0,000510		0,000566		200	
										0,968247		- 5,00				0,000338		0,000363		0,000338		0,000350		0,000338		0,000375		0,000313		0,000345		200	
										0,343248 m		- 7,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,037214		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,72604		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,297504 m		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,029369		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,756841		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,201765 m		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,020082		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										0,738759		- 9,00				0,000425		0,000400		0,000413		0,000350		0,000338		0,000375		0,000388		0,000384		200	
										$\Sigma s$		NC				1,54E+09		detik		9		0,848		31104000		900							
										0,194318		OC				49,50627		tahun		1,56E+09		50,27347		tahun		0,848		31104000		900			
										3,189888		OC				1,56E+09		50,27347		tahun		1,56E+09		50,27347		tahun		0,848		31104000		900	





Titik Bor B-XVII Sta. 17+7002.146 (Abt)																	
Kedalaman (m)	H (m)	z (m)	$\gamma$ (t/m3)	$\gamma'$ (t/m3)	$\gamma_{sat}$ (t/m3)	$\gamma_w$ (t/m3)	Gs (t/m3)	e0	Po (t/m2)	Pc (t/m2)	Cc	Cs	I	q	$\Delta_p$	Sci	
A	B	C	D	E	F	G=F-E	H	I	J=E°C	H	I	J	K	L	M	N	
2	3	1,5	1,622	0,651	1,651	1	2,524	1,341	0,977	0,501	0,639	0,09	0,5	14,8	14,8	0,989485	
4	2	4	1,705	0,71	1,71	1	2,616	1,275	2,840	0,571	0,701	0,076	0,5	14,8	14,8	0,488808	
6	2	6	1,729	0,729	1,729	1	2,644	1,255	4,374	0,802	0,780	0,077	0,5	14,8	14,8	0,444018	
8	2	8	1,794	0,755	1,755	1	2,671	1,214	6,040	0,568	0,643	0,064	0,49	14,8	14,504	0,308807	
										I		0,5 NAVFAC DM - 7, 1970		OCR		Kedalaman	
Over Consolidated																	
8m																	
<p>Apabila <math>p_o + \Delta p &gt; p_c</math></p> $S = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$\sum s$																	
$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$																	
<p>Cv pakai H 9 900 Tv 90% 0,848 tahun 31104000</p>																	
<p>1,54E+09 detik 49,50627 tahun 1,56E+09 50,27347</p>																	
Titik Bor B-XVII Sta. 17+7002.146 (Abt)																	
Kedalaman (m)	H (m)	z (m)	$\gamma$ (t/m3)	$\gamma'$ (t/m3)	$\gamma_{sat}$ (t/m3)	$\gamma_w$ (t/m3)	Gs (t/m3)	e0	Po (t/m2)	Pc (t/m2)	Cc	Cs	I	q	$\Delta_p$	Sci	
A	B	C	D	E	F	G=F-E	H	I	J=E°C	H	I	J	K	L	M	N	
2	3	1,5	1,622	0,651	1,651	1	2,524	1,341	0,977	0,501	0,639	0,09	0,5	16,65	16,65	1,028919	
4	2	4	1,705	0,71	1,71	1	2,616	1,275	2,840	0,571	0,701	0,076	0,5	16,65	16,65	0,515501	
6	2	6	1,729	0,729	1,729	1	2,644	1,255	4,374	0,802	0,780	0,077	0,5	16,65	16,65	0,471692	
8	2	8	1,794	0,755	1,755	1	2,671	1,214	6,040	0,568	0,643	0,064	0,49	16,65	16,317	0,330141	
										I		0,5 NAVFAC DM - 7, 1970		OCR		Kedalaman	
Over Consolidated																	
9m																	
<p>Apabila <math>p_o + \Delta p &gt; p_c</math></p> $S = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$s = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$																	
$\sum s$																	
$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$																	
<p>Cv pakai H 9 900 Tv 90% 0,848 tahun 31104000</p>																	
<p>1,54E+09 detik 49,50627 tahun 1,56E+09 50,27347</p>																	



## Perhitungan Hinisial

17+702.146 (Abutment)																		
Parameter Tanah								Kedalaman (m)	$\gamma$	$\gamma'$	$\gamma_{sat}$	$\gamma_w$	Gs	e0	Po	Pc/Pp	Cc	Cs
No. Lapisan	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan	Z (m)	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cc	eo	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	2	1,622	0,651	1,651	1	2,524	1,341	0,124	0,501	0,639	0,09
1	0-3	3	1,5	1,651	0,639	1,408		4	1,705	0,71	1,71	1	2,616	1,275	0,282	0,571	0,701	0,076
2	3-8	5	5,5	1,755	0,643	1,26		6	1,729	0,729	1,729	1	2,644	1,255	0,437	0,802	0,78	0,077
								8	1,794	0,755	1,755	1	2,671	1,214	0,635	0,568	0,643	0,064
								<b>rata-rata</b>	<b>1,7125</b>	<b>0,71125</b>	<b>1,7113</b>	<b>1</b>	<b>2,6138</b>	<b>1,27125</b>	<b>0,3695</b>	<b>0,6105</b>	<b>0,69075</b>	<b>0,07675</b>

TANAH TIMBUNAN			
<b>Tegangan overburden efektif (Po')</b>		<b>Penambahan tegangan (<math>\Delta p</math>)</b>	
<b>Lapisan Pertama</b>		<b>Lapisan Pertama</b>	
h	3 m	Lebar jalan	33,1 m
z	1,5 m	a	16,6 m (tinggi timbunan)
$\gamma_w$	1,0 t/m <sup>3</sup>	b	16,55 m (1/2 lebar jalan)
$\gamma_{sat}$ tanah	1,651 t/m <sup>3</sup>	z	1,5 m
$\gamma'1$	0,7 t/m <sup>3</sup>	I	0,5
Po'1	$(\gamma_{sat} \text{ tanah}1 - \gamma_w) \times (1/2 \times h1)$	h	8 m
	0,9765 t/m <sup>2</sup>	q	5,55 t/m <sup>2</sup>
		$\Delta p$	$2 \times q \times I$
			5,55 t/m <sup>2</sup>
<b>Lapisan Kedua</b>		<b>Lapisan Kedua</b>	
h	8 m	Lebar jalan	33,1 m
z	5,5 m	a	m (tinggi timbunan)
$\gamma_w$	1,0 t/m <sup>3</sup>	b	16,55 m (1/2 lebar jalan)
$\gamma_{sat}$ tanah	1,755 t/m <sup>3</sup>	z	5,5 m
$\gamma'2$	0,8 t/m <sup>3</sup>	I	0,5
Po'2	$Po'1 + \gamma'1 \times (1/2 \times h1) + \gamma'2 \times (1/2 \times h2)$	h	8 m
	4,973 t/m <sup>2</sup>	q	5,55 t/m <sup>2</sup>
		$\Delta p$	$2 \times q \times I$
			5,55 t/m <sup>2</sup>

$H_{inisial} = \frac{q_{final} + Sc \times (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}}$				
Titik Bor	B-XVII	Sta. 17+7002.146 (Abt)		
Hinisial	Timbunan 3m		Hinisial	Timbunan 7m
qfinal	5,55 t/m <sup>2</sup>		qfinal	12,95 t/m <sup>2</sup>
Sc	1,3736 m		Sc	2,1033 m
$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>
$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>
Hinisial	3,7425		Hinisial	8,1369
Hinisial	Timbunan 4m		Hinisial	Timbunan 8m
qfinal	7,4 t/m <sup>2</sup>		qfinal	14,8 t/m <sup>2</sup>
Sc	1,6041 m		Sc	2,2311 m
$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>
$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>
Hinisial	4,8671		Hinisial	9,2060
Hinisial	Timbunan 5m		Hinisial	Timbunan 9m
qfinal	9,25 t/m <sup>2</sup>		qfinal	16,65 t/m <sup>2</sup>
Sc	1,7956 m		Sc	2,3463 m
$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>
$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>
Hinisial	5,9706		Hinisial	10,2682
Hinisial	Timbunan 6m		Hinisial	Timbunan 10m
qfinal	11,1 t/m <sup>2</sup>		qfinal	18,5 t/m <sup>2</sup>
Sc	1,9597 m		Sc	2,4510 m
$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma_{timb}$	1,85 t/m <sup>3</sup>
$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>		$\gamma'_{timb}$	0,85 t/m <sup>3</sup>
Hinisial	7,0593		Hinisial	11,3249

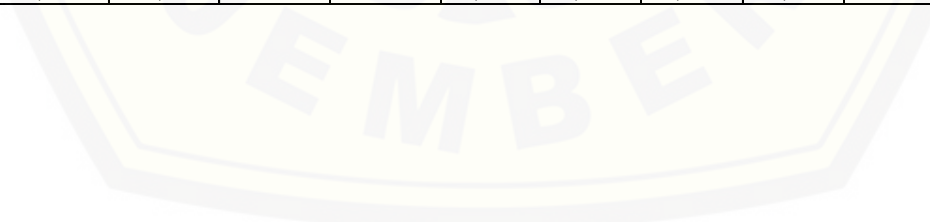


# UPT Perpustakaan Universitas Jember

## Perhitungan alternatif pola pemasangan segitiga PVD

0,6 m						0,8 m						1,0 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,3037	31,7910	1	604800	0,0003	0,0204	0,1571	17,4301	1	604800	0,0003	0,0204	0,0927	11,1206
2	1209600	0,0007	0,0289	0,5151	52,9150	2	1209600	0,0007	0,0289	0,2895	31,0011	2	1209600	0,0007	0,0289	0,1767	20,0532
3	1814400	0,0010	0,0354	0,6624	67,4330	3	1814400	0,0010	0,0354	0,4011	42,2279	3	1814400	0,0010	0,0354	0,2530	27,9463
4	2419200	0,0013	0,0409	0,7649	77,4516	4	2419200	0,0013	0,0409	0,4951	51,5788	4	2419200	0,0013	0,0409	0,3222	34,9940
5	3024000	0,0016	0,0457	0,8363	84,3780	5	3024000	0,0016	0,0457	0,5744	59,3897	5	3024000	0,0016	0,0457	0,3850	41,3142
6	3628800	0,0020	0,0501	0,8860	89,1718	6	3628800	0,0020	0,0501	0,6413	65,9249	6	3628800	0,0020	0,0501	0,4420	46,9954
7	4233600	0,0023	0,0541	0,9206	92,4919	7	4233600	0,0023	0,0541	0,6976	71,3984	7	4233600	0,0023	0,0541	0,4937	52,1099
8	4838400	0,0026	0,0578	0,9447	94,7926	8	4838400	0,0026	0,0578	0,7451	75,9861	8	4838400	0,0026	0,0578	0,5406	56,7189
9	5443200	0,0030	0,0613	0,9615	96,3874	9	5443200	0,0030	0,0613	0,7852	79,8333	9	5443200	0,0030	0,0613	0,5832	60,8755
10	6048000	0,0033	0,0646	0,9732	97,4934	10	6048000	0,0033	0,0646	0,8189	83,0610	10	6048000	0,0033	0,0646	0,6218	64,6262
11	6652800	0,0036	0,0678	0,9813	98,2605	11	6652800	0,0036	0,0678	0,8473	85,7698	11	6652800	0,0036	0,0678	0,6569	68,0122
12	7257600	0,0039	0,0708	0,9870	98,7926	12	7257600	0,0039	0,0708	0,8713	88,0438	12	7257600	0,0039	0,0708	0,6887	71,0700
13	7862400	0,0043	0,0737	0,9910	99,1619	13	7862400	0,0043	0,0737	0,8915	89,9531	13	7862400	0,0043	0,0737	0,7175	73,8323
14	8467200	0,0046	0,0765	0,9937	99,4182	14	8467200	0,0046	0,0765	0,9086	91,5566	14	8467200	0,0046	0,0765	0,7437	76,3283
15	9072000	0,0049	0,0792	0,9956	99,5960	15	9072000	0,0049	0,0792	0,9229	92,9035	15	9072000	0,0049	0,0792	0,7674	78,5842
16	9676800	0,0052	0,0818	0,9969	99,7195	16	9676800	0,0052	0,0818	0,9350	94,0350	16	9676800	0,0052	0,0818	0,7890	80,6233
17	10281600	0,0056	0,0843	0,9979	99,8052	17	10281600	0,0056	0,0843	0,9452	94,9857	17	10281600	0,0056	0,0843	0,8085	82,4669
18	10886400	0,0059	0,0867	0,9985	99,8647	18	10886400	0,0059	0,0867	0,9538	95,7846	18	10886400	0,0059	0,0867	0,8263	84,1340
19	11491200	0,0062	0,0891	0,9990	99,9061	19	11491200	0,0062	0,0891	0,9611	96,4560	19	11491200	0,0062	0,0891	0,8424	85,6416
20	12096000	0,0066	0,0914	0,9993	99,9347	20	12096000	0,0066	0,0914	0,9672	97,0202	20	12096000	0,0066	0,0914	0,8570	87,0051
21	12700800	0,0069	0,0937	0,9995	99,9547	21	12700800	0,0069	0,0937	0,9724	97,4945	21	12700800	0,0069	0,0937	0,8702	88,2385
22	13305600	0,0072	0,0959	0,9997	99,9685	22	13305600	0,0072	0,0959	0,9767	97,8932	22	13305600	0,0072	0,0959	0,8823	89,3543
23	13910400	0,0075	0,0980	0,9998	99,9781	23	13910400	0,0075	0,0980	0,9804	98,2283	23	13910400	0,0075	0,0980	0,8932	90,3637
24	14515200	0,0079	0,1001	0,9998	99,9848	24	14515200	0,0079	0,1001	0,9834	98,5101	24	14515200	0,0079	0,1001	0,9031	91,2771
25	15120000	0,0082	0,1022	0,9999	99,9894	25	15120000	0,0082	0,1022	0,9860	98,7470	25	15120000	0,0082	0,1022	0,9120	92,1035
26	15724800	0,0085	0,1042	0,9999	99,9927	26	15724800	0,0085	0,1042	0,9882	98,9462	26	15724800	0,0085	0,1042	0,9202	92,8513
27	16329600	0,0089	0,1062	0,9999	99,9949	27	16329600	0,0089	0,1062	0,9901	99,1137	27	16329600	0,0089	0,1062	0,9276	93,5281
28	16934400	0,0092	0,1082	1,0000	99,9965	28	16934400	0,0092	0,1082	0,9916	99,2545	28	16934400	0,0092	0,1082	0,9343	94,1406
29	17539200	0,0095	0,1101	1,0000	99,9975	29	17539200	0,0095	0,1101	0,9930	99,3730	29	17539200	0,0095	0,1101	0,9404	94,6949
30	18144000	0,0098	0,1120	1,0000	99,9983	30	18144000	0,0098	0,1120	0,9941	99,4726	30	18144000	0,0098	0,1120	0,9459	95,1967

31	18748800	0,0102	0,1138	1,0000	99,9988	31	18748800	0,0102	0,1138	0,9950	99,5563	31	18748800	0,0102	0,1138	0,9509	95,6508
32	19353600	0,0105	0,1156	1,0000	99,9992	32	19353600	0,0105	0,1156	0,9958	99,6268	32	19353600	0,0105	0,1156	0,9555	96,0619
33	19958400	0,0108	0,1174	1,0000	99,9994	33	19958400	0,0108	0,1174	0,9964	99,6861	33	19958400	0,0108	0,1174	0,9596	96,4341
34	20563200	0,0112	0,1192	1,0000	99,9996	34	20563200	0,0112	0,1192	0,9970	99,7359	34	20563200	0,0112	0,1192	0,9633	96,7710
35	21168000	0,0115	0,1209	1,0000	99,9997	35	21168000	0,0115	0,1209	0,9975	99,7778	35	21168000	0,0115	0,1209	0,9667	97,0760
36	21772800	0,0118	0,1226	1,0000	99,9998	36	21772800	0,0118	0,1226	0,9979	99,8131	36	21772800	0,0118	0,1226	0,9698	97,3521
37	22377600	0,0121	0,1243	1,0000	99,9999	37	22377600	0,0121	0,1243	0,9982	99,8427	37	22377600	0,0121	0,1243	0,9726	97,6021
38	22982400	0,0125	0,1260	1,0000	99,9999	38	22982400	0,0125	0,1260	0,9985	99,8677	38	22982400	0,0125	0,1260	0,9752	97,8284
39	23587200	0,0128	0,1277	1,0000	99,9999	39	23587200	0,0128	0,1277	0,9987	99,8887	39	23587200	0,0128	0,1277	0,9775	98,0333
40	24192000	0,0131	0,1293	1,0000	100,0000	40	24192000	0,0131	0,1293	0,9989	99,9063	40	24192000	0,0131	0,1293	0,9795	98,2189
41	24796800	0,0134	0,1309	1,0000	100,0000	41	24796800	0,0134	0,1309	0,9991	99,9212	41	24796800	0,0134	0,1309	0,9814	98,3869
42	25401600	0,0138	0,1325	1,0000	100,0000	42	25401600	0,0138	0,1325	0,9992	99,9337	42	25401600	0,0138	0,1325	0,9832	98,5390
43	26006400	0,0141	0,1340	1,0000	100,0000	43	26006400	0,0141	0,1340	0,9994	99,9442	43	26006400	0,0141	0,1340	0,9847	98,6768
44	26611200	0,0144	0,1356	1,0000	100,0000	44	26611200	0,0144	0,1356	0,9995	99,9531	44	26611200	0,0144	0,1356	0,9861	98,8016
45	27216000	0,0148	0,1371	1,0000	100,0000	45	27216000	0,0148	0,1371	0,9995	99,9605	45	27216000	0,0148	0,1371	0,9874	98,9145
46	27820800	0,0151	0,1386	1,0000	100,0000	46	27820800	0,0151	0,1386	0,9996	99,9668	46	27820800	0,0151	0,1386	0,9886	99,0169
47	28425600	0,0154	0,1401	1,0000	100,0000	47	28425600	0,0154	0,1401	0,9997	99,9720	47	28425600	0,0154	0,1401	0,9896	99,1095
48	29030400	0,0157	0,1416	1,0000	100,0000	48	29030400	0,0157	0,1416	0,9997	99,9765	48	29030400	0,0157	0,1416	0,9906	99,1934
49	29635200	0,0161	0,1431	1,0000	100,0000	49	29635200	0,0161	0,1431	0,9998	99,9802	49	29635200	0,0161	0,1431	0,9915	99,2694
50	30240000	0,0164	0,1445	1,0000	100,0000	50	30240000	0,0164	0,1445	0,9998	99,9833	50	30240000	0,0164	0,1445	0,9923	99,3382
51	30844800	0,0167	0,1460	1,0000	100,0000	51	30844800	0,0167	0,1460	0,9998	99,9860	51	30844800	0,0167	0,1460	0,9930	99,4005
52	31449600	0,0171	0,1474	1,0000	100,0000	52	31449600	0,0171	0,1474	0,9999	99,9882	52	31449600	0,0171	0,1474	0,9936	99,4570
53	32054400	0,0174	0,1488	1,0000	100,0000	53	32054400	0,0174	0,1488	0,9999	99,9901	53	32054400	0,0174	0,1488	0,9942	99,5081
54	32659200	0,0177	0,1502	1,0000	100,0000	54	32659200	0,0177	0,1502	0,9999	99,9916	54	32659200	0,0177	0,1502	0,9948	99,5544
55	33264000	0,0180	0,1516	1,0000	100,0000	55	33264000	0,0180	0,1516	0,9999	99,9930	55	33264000	0,0180	0,1516	0,9952	99,5964
56	33868800	0,0184	0,1530	1,0000	100,0000	56	33868800	0,0184	0,1530	0,9999	99,9941	56	33868800	0,0184	0,1530	0,9957	99,6344
57	34473600	0,0187	0,1543	1,0000	100,0000	57	34473600	0,0187	0,1543	0,9999	99,9950	57	34473600	0,0187	0,1543	0,9961	99,6688
58	35078400	0,0190	0,1557	1,0000	100,0000	58	35078400	0,0190	0,1557	1,0000	99,9958	58	35078400	0,0190	0,1557	0,9964	99,7000
59	35683200	0,0194	0,1570	1,0000	100,0000	59	35683200	0,0194	0,1570	1,0000	99,9965	59	35683200	0,0194	0,1570	0,9968	99,7282
60	36288000	0,0197	0,1583	1,0000	100,0000	60	36288000	0,0197	0,1583	1,0000	99,9970	60	36288000	0,0197	0,1583	0,9971	99,7538
61	36892800	0,0200	0,1596	1,0000	100,0000	61	36892800	0,0200	0,1596	1,0000	99,9975	61	36892800	0,0200	0,1596	0,9973	99,7769
62	37497600	0,0203	0,1609	1,0000	100,0000	62	37497600	0,0203	0,1609	1,0000	99,9979	62	37497600	0,0203	0,1609	0,9976	99,7979
63	38102400	0,0207	0,1622	1,0000	100,0000	63	38102400	0,0207	0,1622	1,0000	99,9982	63	38102400	0,0207	0,1622	0,9978	99,8169
64	38707200	0,0210	0,1635	1,0000	100,0000	64	38707200	0,0210	0,1635	1,0000	99,9985	64	38707200	0,0210	0,1635	0,9980	99,8341
65	39312000	0,0213	0,1648	1,0000	100,0000	65	39312000	0,0213	0,1648	1,0000	99,9987	65	39312000	0,0213	0,1648	0,9982	99,8497



# UPT Perpustakaan Universitas Jember

1,2 m						1,5 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,0600	7,9254	1	604800	0,0003	0,0204	0,0353	5,5051
2	1209600	0,0007	0,0289	0,1165	14,2017	2	1209600	0,0007	0,0289	0,0694	9,6317
3	1814400	0,0010	0,0354	0,1695	19,8926	3	1814400	0,0010	0,0354	0,1023	13,4079
4	2419200	0,0013	0,0409	0,2194	25,1298	4	2419200	0,0013	0,0409	0,1340	16,9417
5	3024000	0,0016	0,0457	0,2663	29,9791	5	3024000	0,0016	0,0457	0,1646	20,2795
6	3628800	0,0020	0,0501	0,3103	34,4841	6	3628800	0,0020	0,0501	0,1941	23,4478
7	4233600	0,0023	0,0541	0,3517	38,6778	7	4233600	0,0023	0,0541	0,2226	26,4645
8	4838400	0,0026	0,0578	0,3906	42,5872	8	4838400	0,0026	0,0578	0,2501	29,3427
9	5443200	0,0030	0,0613	0,4272	46,2351	9	5443200	0,0030	0,0613	0,2766	32,0929
10	6048000	0,0033	0,0646	0,4616	49,6418	10	6048000	0,0033	0,0646	0,3021	34,7237
11	6652800	0,0036	0,0678	0,4939	52,8250	11	6652800	0,0036	0,0678	0,3268	37,2425
12	7257600	0,0039	0,0708	0,5243	55,8008	12	7257600	0,0039	0,0708	0,3506	39,6557
13	7862400	0,0043	0,0737	0,5529	58,5838	13	7862400	0,0043	0,0737	0,3735	41,9689
14	8467200	0,0046	0,0765	0,5797	61,1874	14	8467200	0,0046	0,0765	0,3957	44,1875
15	9072000	0,0049	0,0792	0,6050	63,6238	15	9072000	0,0049	0,0792	0,4170	46,3160
16	9676800	0,0052	0,0818	0,6287	65,9042	16	9676800	0,0052	0,0818	0,4376	48,3588
17	10281600	0,0056	0,0843	0,6510	68,0392	17	10281600	0,0056	0,0843	0,4575	50,3199
18	10886400	0,0059	0,0867	0,6719	70,0383	18	10886400	0,0059	0,0867	0,4766	52,2031
19	11491200	0,0062	0,0891	0,6916	71,9105	19	11491200	0,0062	0,0891	0,4951	54,0119
20	12096000	0,0066	0,0914	0,7101	73,6641	20	12096000	0,0066	0,0914	0,5130	55,7495
21	12700800	0,0069	0,0937	0,7275	75,3068	21	12700800	0,0069	0,0937	0,5302	57,4190
22	13305600	0,0072	0,0959	0,7439	76,8459	22	13305600	0,0072	0,0959	0,5468	59,0234
23	13910400	0,0075	0,0980	0,7593	78,2879	23	13910400	0,0075	0,0980	0,5628	60,5654
24	14515200	0,0079	0,1001	0,7737	79,6392	24	14515200	0,0079	0,1001	0,5782	62,0477
25	15120000	0,0082	0,1022	0,7873	80,9056	25	15120000	0,0082	0,1022	0,5931	63,4727
26	15724800	0,0085	0,1042	0,8001	82,0925	26	15724800	0,0085	0,1042	0,6075	64,8427
27	16329600	0,0089	0,1062	0,8121	83,2050	27	16329600	0,0089	0,1062	0,6214	66,1601
28	16934400	0,0092	0,1082	0,8234	84,2478	28	16934400	0,0092	0,1082	0,6348	67,4269
29	17539200	0,0095	0,1101	0,8340	85,2254	29	17539200	0,0095	0,1101	0,6477	68,6453
30	18144000	0,0098	0,1120	0,8439	86,1418	30	18144000	0,0098	0,1120	0,6601	69,8171
31	18748800	0,0102	0,1138	0,8533	87,0010	31	18748800	0,0102	0,1138	0,6721	70,9442
32	19353600	0,0105	0,1156	0,8621	87,8066	32	19353600	0,0105	0,1156	0,6837	72,0284
33	19958400	0,0108	0,1174	0,8704	88,5619	33	19958400	0,0108	0,1174	0,6949	73,0714
34	20563200	0,0112	0,1192	0,8782	89,2702	34	20563200	0,0112	0,1192	0,7057	74,0748
35	21168000	0,0115	0,1209	0,8855	89,9343	35	21168000	0,0115	0,1209	0,7161	75,0403
36	21772800	0,0118	0,1226	0,8924	90,5571	36	21772800	0,0118	0,1226	0,7261	75,9691
37	22377600	0,0121	0,1243	0,8988	91,1412	37	22377600	0,0121	0,1243	0,7358	76,8629
38	22982400	0,0125	0,1260	0,9049	91,6890	38	22982400	0,0125	0,1260	0,7451	77,7229
39	23587200	0,0128	0,1277	0,9106	92,2027	39	23587200	0,0128	0,1277	0,7541	78,5506
40	24192000	0,0131	0,1293	0,9160	92,6845	40	24192000	0,0131	0,1293	0,7628	79,3470
41	24796800	0,0134	0,1309	0,9210	93,1364	41	24796800	0,0134	0,1309	0,7712	80,1135
42	25401600	0,0138	0,1325	0,9258	93,5603	42	25401600	0,0138	0,1325	0,7793	80,8511
43	26006400	0,0141	0,1340	0,9302	93,9579	43	26006400	0,0141	0,1340	0,7871	81,5611
44	26611200	0,0144	0,1356	0,9344	94,3308	44	26611200	0,0144	0,1356	0,7946	82,2444
45	27216000	0,0148	0,1371	0,9384	94,6806	45	27216000	0,0148	0,1371	0,8019	82,9021
46	27820800	0,0151	0,1386	0,9421	95,0088	46	27820800	0,0151	0,1386	0,8089	83,5352
47	28425600	0,0154	0,1401	0,9455	95,3166	47	28425600	0,0154	0,1401	0,8156	84,1446
48	29030400	0,0157	0,1416	0,9488	95,6054	48	29030400	0,0157	0,1416	0,8221	84,7312
49	29635200	0,0161	0,1431	0,9519	95,8763	49	29635200	0,0161	0,1431	0,8284	85,2958
50	30240000	0,0164	0,1445	0,9548	96,1305	50	30240000	0,0164	0,1445	0,8345	85,8394
51	30844800	0,0167	0,1460	0,9575	96,3689	51	30844800	0,0167	0,1460	0,8403	86,3627
52	31449600	0,0171	0,1474	0,9600	96,5926	52	31449600	0,0171	0,1474	0,8460	86,8665
53	32054400	0,0174	0,1488	0,9624	96,8025	53	32054400	0,0174	0,1488	0,8514	87,3515
54	32659200	0,0177	0,1502	0,9647	96,9994	54	32659200	0,0177	0,1502	0,8567	87,8184
55	33264000	0,0180	0,1516	0,9668	97,1842	55	33264000	0,0180	0,1516	0,8617	88,2680
56	33868800	0,0184	0,1530	0,9688	97,3575	56	33868800	0,0184	0,1530	0,8666	88,7008
57	34473600	0,0187	0,1543	0,9707	97,5202	57	34473600	0,0187	0,1543	0,8713	89,1175
58	35078400	0,0190	0,1557	0,9724	97,6728	58	35078400	0,0190	0,1557	0,8759	89,5188
59	35683200	0,0194	0,1570	0,9741	97,8160	59	35683200	0,0194	0,1570	0,8802	89,9051
60	36288000	0,0197	0,1583	0,9756	97,9503	60	36288000	0,0197	0,1583	0,8845	90,2771
61	36892800	0,0200	0,1596	0,9771	98,0764	61	36892800	0,0200	0,1596	0,8886	90,6353
62	37497600	0,0203	0,1609	0,9785	98,1947	62	37497600	0,0203	0,1609	0,8925	90,9802
63	38102400	0,0207	0,1622	0,9798	98,3057	63	38102400	0,0207	0,1622	0,8963	91,3123
64	38707200	0,0210	0,1635	0,9810	98,4099	64	38707200	0,0210	0,1635	0,9000	91,6321
65	39312000	0,0213	0,1648	0,9821	98,5076	65	39312000	0,0213	0,1648	0,9035	91,9400



1,7 m						2,0 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,0263	4,6180	1	604800	0,0003	0,0204	0,0179	3,7995
2	1209600	0,0007	0,0289	0,0519	7,9271	2	1209600	0,0007	0,0289	0,0355	6,3401
3	1814400	0,0010	0,0354	0,0768	10,9462	3	1814400	0,0010	0,0354	0,0528	8,6339
4	2419200	0,0013	0,0409	0,1010	13,7786	4	2419200	0,0013	0,0409	0,0698	10,7808
5	3024000	0,0016	0,0457	0,1247	16,4666	5	3024000	0,0016	0,0457	0,0864	12,8205
6	3628800	0,0020	0,0501	0,1477	19,0334	6	3628800	0,0020	0,0501	0,1028	14,7742
7	4233600	0,0023	0,0541	0,1701	21,4938	7	4233600	0,0023	0,0541	0,1189	16,6550
8	4838400	0,0026	0,0578	0,1919	23,8585	8	4838400	0,0026	0,0578	0,1347	18,4717
9	5443200	0,0030	0,0613	0,2131	26,1352	9	5443200	0,0030	0,0613	0,1502	20,2308
10	6048000	0,0033	0,0646	0,2338	28,3302	10	6048000	0,0033	0,0646	0,1654	21,9371
11	6652800	0,0036	0,0678	0,2539	30,4488	11	6652800	0,0036	0,0678	0,1804	23,5947
12	7257600	0,0039	0,0708	0,2735	32,4954	12	7257600	0,0039	0,0708	0,1951	25,2066
13	7862400	0,0043	0,0737	0,2926	34,4737	13	7862400	0,0043	0,0737	0,2095	26,7755
14	8467200	0,0046	0,0765	0,3112	36,3872	14	8467200	0,0046	0,0765	0,2237	28,3037
15	9072000	0,0049	0,0792	0,3293	38,2387	15	9072000	0,0049	0,0792	0,2376	29,7932
16	9676800	0,0052	0,0818	0,3469	40,0312	16	9676800	0,0052	0,0818	0,2512	31,2458
17	10281600	0,0056	0,0843	0,3641	41,7669	17	10281600	0,0056	0,0843	0,2647	32,6630
18	10886400	0,0059	0,0867	0,3808	43,4484	18	10886400	0,0059	0,0867	0,2778	34,0462
19	11491200	0,0062	0,0891	0,3971	45,0777	19	11491200	0,0062	0,0891	0,2908	35,3967
20	12096000	0,0066	0,0914	0,4129	46,6567	20	12096000	0,0066	0,0914	0,3035	36,7156
21	12700800	0,0069	0,0937	0,4283	48,1874	21	12700800	0,0069	0,0937	0,3160	38,0041
22	13305600	0,0072	0,0959	0,4433	49,6716	22	13305600	0,0072	0,0959	0,3282	39,2632
23	13910400	0,0075	0,0980	0,4580	51,1108	23	13910400	0,0075	0,0980	0,3403	40,4938
24	14515200	0,0079	0,1001	0,4722	52,5068	24	14515200	0,0079	0,1001	0,3521	41,6969
25	15120000	0,0082	0,1022	0,4861	53,8608	25	15120000	0,0082	0,1022	0,3637	42,8731
26	15724800	0,0085	0,1042	0,4996	55,1745	26	15724800	0,0085	0,1042	0,3751	44,0233
27	16329600	0,0089	0,1062	0,5127	56,4491	27	16329600	0,0089	0,1062	0,3863	45,1483
28	16934400	0,0092	0,1082	0,5255	57,6859	28	16934400	0,0092	0,1082	0,3973	46,2488
29	17539200	0,0095	0,1101	0,5380	58,8862	29	17539200	0,0095	0,1101	0,4081	47,3254
30	18144000	0,0098	0,1120	0,5501	60,0512	30	18144000	0,0098	0,1120	0,4187	48,3787
31	18748800	0,0102	0,1138	0,5620	61,1820	31	18748800	0,0102	0,1138	0,4291	49,4095
32	19353600	0,0105	0,1156	0,5735	62,2797	32	19353600	0,0105	0,1156	0,4394	50,4182
33	19958400	0,0108	0,1174	0,5847	63,3453	33	19958400	0,0108	0,1174	0,4494	51,4055
34	20563200	0,0112	0,1192	0,5956	64,3799	34	20563200	0,0112	0,1192	0,4593	52,3718
35	21168000	0,0115	0,1209	0,6062	65,3843	35	21168000	0,0115	0,1209	0,4690	53,3177
36	21772800	0,0118	0,1226	0,6166	66,3597	36	21772800	0,0118	0,1226	0,4785	54,2438
37	22377600	0,0121	0,1243	0,6266	67,3068	37	22377600	0,0121	0,1243	0,4878	55,1504
38	22982400	0,0125	0,1260	0,6365	68,2265	38	22982400	0,0125	0,1260	0,4970	56,0381
39	23587200	0,0128	0,1277	0,6460	69,1197	39	23587200	0,0128	0,1277	0,5060	56,9073
40	24192000	0,0131	0,1293	0,6553	69,9872	40	24192000	0,0131	0,1293	0,5149	57,7585
41	24796800	0,0134	0,1309	0,6644	70,8298	41	24796800	0,0134	0,1309	0,5236	58,5920
42	25401600	0,0138	0,1325	0,6732	71,6481	42	25401600	0,0138	0,1325	0,5321	59,4083
43	26006400	0,0141	0,1340	0,6818	72,4430	43	26006400	0,0141	0,1340	0,5405	60,2078
44	26611200	0,0144	0,1356	0,6901	73,2151	44	26611200	0,0144	0,1356	0,5487	60,9908
45	27216000	0,0148	0,1371	0,6983	73,9651	45	27216000	0,0148	0,1371	0,5568	61,7578
46	27820800	0,0151	0,1386	0,7062	74,6938	46	27820800	0,0151	0,1386	0,5648	62,5091
47	28425600	0,0154	0,1401	0,7139	75,4016	47	28425600	0,0154	0,1401	0,5726	63,2450
48	29030400	0,0157	0,1416	0,7214	76,0893	48	29030400	0,0157	0,1416	0,5802	63,9659
49	29635200	0,0161	0,1431	0,7288	76,7574	49	29635200	0,0161	0,1431	0,5877	64,6722
50	30240000	0,0164	0,1445	0,7359	77,4065	50	30240000	0,0164	0,1445	0,5951	65,3641
51	30844800	0,0167	0,1460	0,7428	78,0371	51	30844800	0,0167	0,1460	0,6024	66,0420
52	31449600	0,0171	0,1474	0,7496	78,6499	52	31449600	0,0171	0,1474	0,6095	66,7062
53	32054400	0,0174	0,1488	0,7562	79,2453	53	32054400	0,0174	0,1488	0,6165	67,3569
54	32659200	0,0177	0,1502	0,7626	79,8238	54	32659200	0,0177	0,1502	0,6234	67,9945
55	33264000	0,0180	0,1516	0,7688	80,3860	55	33264000	0,0180	0,1516	0,6301	68,6193
56	33868800	0,0184	0,1530	0,7749	80,9323	56	33868800	0,0184	0,1530	0,6368	69,2315
57	34473600	0,0187	0,1543	0,7808	81,4631	57	34473600	0,0187	0,1543	0,6433	69,8314
58	35078400	0,0190	0,1557	0,7866	81,9790	58	35078400	0,0190	0,1557	0,6497	70,4193
59	35683200	0,0194	0,1570	0,7922	82,4803	59	35683200	0,0194	0,1570	0,6559	70,9954
60	36288000	0,0197	0,1583	0,7976	82,9674	60	36288000	0,0197	0,1583	0,6621	71,5599
61	36892800	0,0200	0,1596	0,8030	83,4409	61	36892800	0,0200	0,1596	0,6682	72,1132
62	37497600	0,0203	0,1609	0,8081	83,9010	62	37497600	0,0203	0,1609	0,6741	72,6554
63	38102400	0,0207	0,1622	0,8132	84,3482	63	38102400	0,0207	0,1622	0,6799	73,1868
64	38707200	0,0210	0,1635	0,8181	84,7828	64	38707200	0,0210	0,1635	0,6857	73,7077
65	39312000	0,0213	0,1648	0,8229	85,2052	65	39312000	0,0213	0,1648	0,6913	74,2181

# UPT Perpustakaan Universitas Jember

## Perhitungan alternatif pola pemasangan segitiga PVD

0,6 m						0,8 m						1,0 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,2577	27,2832	1	604800	0,0003	0,0204	0,1321	14,9877	1	604800	0,0003	0,0204	0,0778	9,6659
2	1209600	0,0007	0,0289	0,4489	46,4859	2	1209600	0,0007	0,0289	0,2468	26,8587	2	1209600	0,0007	0,0289	0,1496	17,4147
3	1814400	0,0010	0,0354	0,5909	60,5400	3	1814400	0,0010	0,0354	0,3463	36,9481	3	1814400	0,0010	0,0354	0,2157	24,3500
4	2419200	0,0013	0,0409	0,6963	70,8735	4	2419200	0,0013	0,0409	0,4327	45,5903	4	2419200	0,0013	0,0409	0,2768	30,6324
5	3024000	0,0016	0,0457	0,7746	78,4870	5	3024000	0,0016	0,0457	0,5077	53,0174	5	3024000	0,0016	0,0457	0,3330	36,3516
6	3628800	0,0020	0,0501	0,8327	84,1030	6	3628800	0,0020	0,0501	0,5727	59,4119	6	3628800	0,0020	0,0501	0,3849	41,5723
7	4233600	0,0023	0,0541	0,8758	88,2488	7	4233600	0,0023	0,0541	0,6292	64,9239	7	4233600	0,0023	0,0541	0,4328	46,3460
8	4838400	0,0026	0,0578	0,9078	91,3110	8	4838400	0,0026	0,0578	0,6782	69,6789	8	4838400	0,0026	0,0578	0,4769	50,7161
9	5443200	0,0030	0,0613	0,9315	93,5738	9	5443200	0,0030	0,0613	0,7207	73,7834	9	5443200	0,0030	0,0613	0,5176	54,7200
10	6048000	0,0033	0,0646	0,9492	95,2464	10	6048000	0,0033	0,0646	0,7576	77,3280	10	6048000	0,0033	0,0646	0,5552	58,3907
11	6652800	0,0036	0,0678	0,9623	96,4831	11	6652800	0,0036	0,0678	0,7896	80,3902	11	6652800	0,0036	0,0678	0,5898	61,7577
12	7257600	0,0039	0,0708	0,9720	97,3977	12	7257600	0,0039	0,0708	0,8174	83,0364	12	7257600	0,0039	0,0708	0,6217	64,8473
13	7862400	0,0043	0,0737	0,9792	98,0742	13	7862400	0,0043	0,0737	0,8416	85,3237	13	7862400	0,0043	0,0737	0,6511	67,6834
14	8467200	0,0046	0,0765	0,9846	98,5747	14	8467200	0,0046	0,0765	0,8625	87,3013	14	8467200	0,0046	0,0765	0,6783	70,2874
15	9072000	0,0049	0,0792	0,9885	98,9450	15	9072000	0,0049	0,0792	0,8807	89,0113	15	9072000	0,0049	0,0792	0,7033	72,6789
16	9676800	0,0052	0,0818	0,9915	99,2191	16	9676800	0,0052	0,0818	0,8964	90,4902	16	9676800	0,0052	0,0818	0,7264	74,8758
17	10281600	0,0056	0,0843	0,9937	99,4219	17	10281600	0,0056	0,0843	0,9101	91,7694	17	10281600	0,0056	0,0843	0,7477	76,8941
18	10886400	0,0059	0,0867	0,9953	99,5720	18	10886400	0,0059	0,0867	0,9220	92,8760	18	10886400	0,0059	0,0867	0,7673	78,7488
19	11491200	0,0062	0,0891	0,9965	99,6831	19	11491200	0,0062	0,0891	0,9323	93,8335	19	11491200	0,0062	0,0891	0,7854	80,4534
20	12096000	0,0066	0,0914	0,9974	99,7653	20	12096000	0,0066	0,0914	0,9412	94,6619	20	12096000	0,0066	0,0914	0,8021	82,0201
21	12700800	0,0069	0,0937	0,9981	99,8262	21	12700800	0,0069	0,0937	0,9490	95,3788	21	12700800	0,0069	0,0937	0,8175	83,4602
22	13305600	0,0072	0,0959	0,9986	99,8713	22	13305600	0,0072	0,0959	0,9557	95,9992	22	13305600	0,0072	0,0959	0,8317	84,7843
23	13910400	0,0075	0,0980	0,9989	99,9047	23	13910400	0,0075	0,0980	0,9616	96,5361	23	13910400	0,0075	0,0980	0,8448	86,0016
24	14515200	0,0079	0,1001	0,9992	99,9294	24	14515200	0,0079	0,1001	0,9667	97,0008	24	14515200	0,0079	0,1001	0,8569	87,1210
25	15120000	0,0082	0,1022	0,9994	99,9477	25	15120000	0,0082	0,1022	0,9711	97,4031	25	15120000	0,0082	0,1022	0,8680	88,1503
26	15724800	0,0085	0,1042	0,9996	99,9613	26	15724800	0,0085	0,1042	0,9749	97,7513	26	15724800	0,0085	0,1042	0,8783	89,0970
27	16329600	0,0089	0,1062	0,9997	99,9713	27	16329600	0,0089	0,1062	0,9782	98,0528	27	16329600	0,0089	0,1062	0,8878	89,9676
28	16934400	0,0092	0,1082	0,9998	99,9788	28	16934400	0,0092	0,1082	0,9811	98,3138	28	16934400	0,0092	0,1082	0,8965	90,7684
29	17539200	0,0095	0,1101	0,9998	99,9843	29	17539200	0,0095	0,1101	0,9836	98,5397	29	17539200	0,0095	0,1101	0,9045	91,5050
30	18144000	0,0098	0,1120	0,9999	99,9883	30	18144000	0,0098	0,1120	0,9858	98,7354	30	18144000	0,0098	0,1120	0,9120	92,1825



31	18748800	0,0102	0,1138	0,9999	99,9914	31	18748800	0,0102	0,1138	0,9876	98,9048	31	18748800	0,0102	0,1138	0,9188	92,8058
32	19353600	0,0105	0,1156	0,9999	99,9936	32	19353600	0,0105	0,1156	0,9893	99,0514	32	19353600	0,0105	0,1156	0,9251	93,3792
33	19958400	0,0108	0,1174	0,9999	99,9953	33	19958400	0,0108	0,1174	0,9907	99,1784	33	19958400	0,0108	0,1174	0,9310	93,9067
34	20563200	0,0112	0,1192	1,0000	99,9965	34	20563200	0,0112	0,1192	0,9919	99,2884	34	20563200	0,0112	0,1192	0,9363	94,3921
35	21168000	0,0115	0,1209	1,0000	99,9974	35	21168000	0,0115	0,1209	0,9930	99,3837	35	21168000	0,0115	0,1209	0,9413	94,8387
36	21772800	0,0118	0,1226	1,0000	99,9981	36	21772800	0,0118	0,1226	0,9939	99,4662	36	21772800	0,0118	0,1226	0,9459	95,2495
37	22377600	0,0121	0,1243	1,0000	99,9986	37	22377600	0,0121	0,1243	0,9947	99,5376	37	22377600	0,0121	0,1243	0,9501	95,6276
38	22982400	0,0125	0,1260	1,0000	99,9989	38	22982400	0,0125	0,1260	0,9954	99,5995	38	22982400	0,0125	0,1260	0,9540	95,9755
39	23587200	0,0128	0,1277	1,0000	99,9992	39	23587200	0,0128	0,1277	0,9960	99,6530	39	23587200	0,0128	0,1277	0,9575	96,2956
40	24192000	0,0131	0,1293	1,0000	99,9994	40	24192000	0,0131	0,1293	0,9965	99,6994	40	24192000	0,0131	0,1293	0,9608	96,5902
41	24796800	0,0134	0,1309	1,0000	99,9996	41	24796800	0,0134	0,1309	0,9970	99,7396	41	24796800	0,0134	0,1309	0,9639	96,8614
42	25401600	0,0138	0,1325	1,0000	99,9997	42	25401600	0,0138	0,1325	0,9974	99,7745	42	25401600	0,0138	0,1325	0,9667	97,1108
43	26006400	0,0141	0,1340	1,0000	99,9998	43	26006400	0,0141	0,1340	0,9977	99,8046	43	26006400	0,0141	0,1340	0,9693	97,3405
44	26611200	0,0144	0,1356	1,0000	99,9998	44	26611200	0,0144	0,1356	0,9980	99,8307	44	26611200	0,0144	0,1356	0,9717	97,5518
45	27216000	0,0148	0,1371	1,0000	99,9999	45	27216000	0,0148	0,1371	0,9983	99,8534	45	27216000	0,0148	0,1371	0,9739	97,7463
46	27820800	0,0151	0,1386	1,0000	99,9999	46	27820800	0,0151	0,1386	0,9985	99,8730	46	27820800	0,0151	0,1386	0,9759	97,9253
47	28425600	0,0154	0,1401	1,0000	99,9999	47	28425600	0,0154	0,1401	0,9987	99,8899	47	28425600	0,0154	0,1401	0,9778	98,0900
48	29030400	0,0157	0,1416	1,0000	99,9999	48	29030400	0,0157	0,1416	0,9989	99,9046	48	29030400	0,0157	0,1416	0,9795	98,2417
49	29635200	0,0161	0,1431	1,0000	100,0000	49	29635200	0,0161	0,1431	0,9990	99,9174	49	29635200	0,0161	0,1431	0,9811	98,3813
50	30240000	0,0164	0,1445	1,0000	100,0000	50	30240000	0,0164	0,1445	0,9992	99,9284	50	30240000	0,0164	0,1445	0,9826	98,5098
51	30844800	0,0167	0,1460	1,0000	100,0000	51	30844800	0,0167	0,1460	0,9993	99,9380	51	30844800	0,0167	0,1460	0,9839	98,6280
52	31449600	0,0171	0,1474	1,0000	100,0000	52	31449600	0,0171	0,1474	0,9994	99,9463	52	31449600	0,0171	0,1474	0,9852	98,7369
53	32054400	0,0174	0,1488	1,0000	100,0000	53	32054400	0,0174	0,1488	0,9995	99,9534	53	32054400	0,0174	0,1488	0,9863	98,8371
54	32659200	0,0177	0,1502	1,0000	100,0000	54	32659200	0,0177	0,1502	0,9995	99,9597	54	32659200	0,0177	0,1502	0,9874	98,9293
55	33264000	0,0180	0,1516	1,0000	100,0000	55	33264000	0,0180	0,1516	0,9996	99,9651	55	33264000	0,0180	0,1516	0,9884	99,0143
56	33868800	0,0184	0,1530	1,0000	100,0000	56	33868800	0,0184	0,1530	0,9996	99,9697	56	33868800	0,0184	0,1530	0,9893	99,0924
57	34473600	0,0187	0,1543	1,0000	100,0000	57	34473600	0,0187	0,1543	0,9997	99,9738	57	34473600	0,0187	0,1543	0,9901	99,1644
58	35078400	0,0190	0,1557	1,0000	100,0000	58	35078400	0,0190	0,1557	0,9997	99,9773	58	35078400	0,0190	0,1557	0,9909	99,2306
59	35683200	0,0194	0,1570	1,0000	100,0000	59	35683200	0,0194	0,1570	0,9998	99,9803	59	35683200	0,0194	0,1570	0,9916	99,2916
60	36288000	0,0197	0,1583	1,0000	100,0000	60	36288000	0,0197	0,1583	0,9998	99,9829	60	36288000	0,0197	0,1583	0,9923	99,3478
61	36892800	0,0200	0,1596	1,0000	100,0000	61	36892800	0,0200	0,1596	0,9998	99,9852	61	36892800	0,0200	0,1596	0,9929	99,3995
62	37497600	0,0203	0,1609	1,0000	100,0000	62	37497600	0,0203	0,1609	0,9998	99,9872	62	37497600	0,0203	0,1609	0,9934	99,4470
63	38102400	0,0207	0,1622	1,0000	100,0000	63	38102400	0,0207	0,1622	0,9999	99,9889	63	38102400	0,0207	0,1622	0,9939	99,4908
64	38707200	0,0210	0,1635	1,0000	100,0000	64	38707200	0,0210	0,1635	0,9999	99,9904	64	38707200	0,0210	0,1635	0,9944	99,5312
65	39312000	0,0213	0,1648	1,0000	100,0000	65	39312000	0,0213	0,1648	0,9999	99,9917	65	39312000	0,0213	0,1648	0,9948	99,5683

# UPT Perpustakaan Universitas Jember

1,2 m						1,5 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,0504	6,9826	1	604800	0,0003	0,0204	0,0297	4,9527
2	1209600	0,0007	0,0289	0,0983	12,4357	2	1209600	0,0007	0,0289	0,0585	8,5722
3	1814400	0,0010	0,0354	0,1438	17,4066	3	1814400	0,0010	0,0354	0,0865	11,8806
4	2419200	0,0013	0,0409	0,1869	22,0160	4	2419200	0,0013	0,0409	0,1136	14,9827
5	3024000	0,0016	0,0457	0,2279	26,3202	5	3024000	0,0016	0,0457	0,1399	17,9222
6	3628800	0,0020	0,0501	0,2668	30,3547	6	3628800	0,0020	0,0501	0,1654	20,7235
7	4233600	0,0023	0,0541	0,3038	34,1453	7	4233600	0,0023	0,0541	0,1902	23,4024
8	4838400	0,0026	0,0578	0,3389	37,7123	8	4838400	0,0026	0,0578	0,2143	25,9702
9	5443200	0,0030	0,0613	0,3722	41,0728	9	5443200	0,0030	0,0613	0,2376	28,4359
10	6048000	0,0033	0,0646	0,4039	44,2414	10	6048000	0,0033	0,0646	0,2602	30,8063
11	6652800	0,0036	0,0678	0,4339	47,2311	11	6652800	0,0036	0,0678	0,2822	33,0874
12	7257600	0,0039	0,0708	0,4625	50,0536	12	7257600	0,0039	0,0708	0,3035	35,2842
13	7862400	0,0043	0,0737	0,4896	52,7193	13	7862400	0,0043	0,0737	0,3242	37,4013
14	8467200	0,0046	0,0765	0,5153	55,2379	14	8467200	0,0046	0,0765	0,3443	39,4425
15	9072000	0,0049	0,0792	0,5397	57,6181	15	9072000	0,0049	0,0792	0,3637	41,4115
16	9676800	0,0052	0,0818	0,5629	59,8684	16	9676800	0,0052	0,0818	0,3826	43,3115
17	10281600	0,0056	0,0843	0,5850	61,9961	17	10281600	0,0056	0,0843	0,4010	45,1455
18	10886400	0,0059	0,0867	0,6059	64,0084	18	10886400	0,0059	0,0867	0,4188	46,9164
19	11491200	0,0062	0,0891	0,6258	65,9119	19	11491200	0,0062	0,0891	0,4360	48,6267
20	12096000	0,0066	0,0914	0,6446	67,7127	20	12096000	0,0066	0,0914	0,4528	50,2788
21	12700800	0,0069	0,0937	0,6626	69,4167	21	12700800	0,0069	0,0937	0,4690	51,8751
22	13305600	0,0072	0,0959	0,6796	71,0292	22	13305600	0,0072	0,0959	0,4848	53,4177
23	13910400	0,0075	0,0980	0,6957	72,5554	23	13910400	0,0075	0,0980	0,5001	54,9086
24	14515200	0,0079	0,1001	0,7111	74,0000	24	14515200	0,0079	0,1001	0,5149	56,3499
25	15120000	0,0082	0,1022	0,7256	75,3675	25	15120000	0,0082	0,1022	0,5293	57,7432
26	15724800	0,0085	0,1042	0,7395	76,6621	26	15724800	0,0085	0,1042	0,5433	59,0904
27	16329600	0,0089	0,1062	0,7526	77,8878	27	16329600	0,0089	0,1062	0,5569	60,3931
28	16934400	0,0092	0,1082	0,7651	79,0484	28	16934400	0,0092	0,1082	0,5700	61,6530
29	17539200	0,0095	0,1101	0,7769	80,1474	29	17539200	0,0095	0,1101	0,5828	62,8716
30	18144000	0,0098	0,1120	0,7882	81,1882	30	18144000	0,0098	0,1120	0,5952	64,0502
31	18748800	0,0102	0,1138	0,7988	82,1738	31	18748800	0,0102	0,1138	0,6072	65,1904
32	19353600	0,0105	0,1156	0,8090	83,1073	32	19353600	0,0105	0,1156	0,6189	66,2935
33	19958400	0,0108	0,1174	0,8186	83,9915	33	19958400	0,0108	0,1174	0,6302	67,3607
34	20563200	0,0112	0,1192	0,8278	84,8290	34	20563200	0,0112	0,1192	0,6412	68,3932
35	21168000	0,0115	0,1209	0,8364	85,6224	35	21168000	0,0115	0,1209	0,6518	69,3923
36	21772800	0,0118	0,1226	0,8447	86,3739	36	21772800	0,0118	0,1226	0,6622	70,3591
37	22377600	0,0121	0,1243	0,8525	87,0858	37	22377600	0,0121	0,1243	0,6722	71,2948
38	22982400	0,0125	0,1260	0,8600	87,7603	38	22982400	0,0125	0,1260	0,6819	72,2002
39	23587200	0,0128	0,1277	0,8670	88,3992	39	23587200	0,0128	0,1277	0,6914	73,0765
40	24192000	0,0131	0,1293	0,8737	89,0046	40	24192000	0,0131	0,1293	0,7005	73,9247
41	24796800	0,0134	0,1309	0,8801	89,5782	41	24796800	0,0134	0,1309	0,7094	74,7456
42	25401600	0,0138	0,1325	0,8861	90,1217	42	25401600	0,0138	0,1325	0,7181	75,5403
43	26006400	0,0141	0,1340	0,8919	90,6367	43	26006400	0,0141	0,1340	0,7264	76,3095
44	26611200	0,0144	0,1356	0,8973	91,1247	44	26611200	0,0144	0,1356	0,7345	77,0541
45	27216000	0,0148	0,1371	0,9025	91,5871	45	27216000	0,0148	0,1371	0,7424	77,7749
46	27820800	0,0151	0,1386	0,9074	92,0253	46	27820800	0,0151	0,1386	0,7501	78,4727
47	28425600	0,0154	0,1401	0,9121	92,4405	47	28425600	0,0154	0,1401	0,7575	79,1483
48	29030400	0,0157	0,1416	0,9165	92,8340	48	29030400	0,0157	0,1416	0,7647	79,8023
49	29635200	0,0161	0,1431	0,9207	93,2069	49	29635200	0,0161	0,1431	0,7717	80,4356
50	30240000	0,0164	0,1445	0,9247	93,5603	50	30240000	0,0164	0,1445	0,7785	81,0487
51	30844800	0,0167	0,1460	0,9285	93,8953	51	30844800	0,0167	0,1460	0,7850	81,6424
52	31449600	0,0171	0,1474	0,9321	94,2127	52	31449600	0,0171	0,1474	0,7914	82,2172
53	32054400	0,0174	0,1488	0,9355	94,5136	53	32054400	0,0174	0,1488	0,7976	82,7738
54	32659200	0,0177	0,1502	0,9388	94,7987	54	32659200	0,0177	0,1502	0,8036	83,3127
55	33264000	0,0180	0,1516	0,9419	95,0690	55	33264000	0,0180	0,1516	0,8095	83,8346
56	33868800	0,0184	0,1530	0,9448	95,3252	56	33868800	0,0184	0,1530	0,8151	84,3400
57	34473600	0,0187	0,1543	0,9476	95,5680	57	34473600	0,0187	0,1543	0,8206	84,8294
58	35078400	0,0190	0,1557	0,9502	95,7982	58	35078400	0,0190	0,1557	0,8259	85,3033
59	35683200	0,0194	0,1570	0,9527	96,0163	59	35683200	0,0194	0,1570	0,8311	85,7623
60	36288000	0,0197	0,1583	0,9551	96,2231	60	36288000	0,0197	0,1583	0,8361	86,2068
61	36892800	0,0200	0,1596	0,9574	96,4191	61	36892800	0,0200	0,1596	0,8410	86,6373
62	37497600	0,0203	0,1609	0,9595	96,6049	62	37497600	0,0203	0,1609	0,8457	87,0542
63	38102400	0,0207	0,1622	0,9616	96,7811	63	38102400	0,0207	0,1622	0,8503	87,4579
64	38707200	0,0210	0,1635	0,9635	96,9480	64	38707200	0,0210	0,1635	0,8547	87,8490
65	39312000	0,0213	0,1648	0,9654	97,1063	65	39312000	0,0213	0,1648	0,8590	88,2277

1,7 m						2,0 m					
T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū	T (minggu)	Tv (detik)	Tv	Uv	Uh	Ū
1	604800	0,0003	0,0204	0,0221	4,2087	1	604800	0,0003	0,0204	0,0151	3,5218
2	1209600	0,0007	0,0289	0,0437	7,1352	2	1209600	0,0007	0,0289	0,0299	5,7986
3	1814400	0,0010	0,0354	0,0648	9,7949	3	1814400	0,0010	0,0354	0,0446	7,8405
4	2419200	0,0013	0,0409	0,0855	12,2891	4	2419200	0,0013	0,0409	0,0590	9,7462
5	3024000	0,0016	0,0457	0,1057	14,6589	5	3024000	0,0016	0,0457	0,0732	11,5550
6	3628800	0,0020	0,0501	0,1255	16,9263	6	3628800	0,0020	0,0501	0,0872	13,2875
7	4233600	0,0023	0,0541	0,1448	19,1051	7	4233600	0,0023	0,0541	0,1009	14,9563
8	4838400	0,0026	0,0578	0,1637	21,2050	8	4838400	0,0026	0,0578	0,1145	16,5700
9	5443200	0,0030	0,0613	0,1822	23,2331	9	5443200	0,0030	0,0613	0,1279	18,1345
10	6048000	0,0033	0,0646	0,2003	25,1948	10	6048000	0,0033	0,0646	0,1410	19,6544
11	6652800	0,0036	0,0678	0,2179	27,0946	11	6652800	0,0036	0,0678	0,1540	21,1334
12	7257600	0,0039	0,0708	0,2352	28,9362	12	7257600	0,0039	0,0708	0,1667	22,5744
13	7862400	0,0043	0,0737	0,2521	30,7228	13	7862400	0,0043	0,0737	0,1793	23,9798
14	8467200	0,0046	0,0765	0,2686	32,4572	14	8467200	0,0046	0,0765	0,1917	25,3515
15	9072000	0,0049	0,0792	0,2848	34,1418	15	9072000	0,0049	0,0792	0,2039	26,6914
16	9676800	0,0052	0,0818	0,3006	35,7787	16	9676800	0,0052	0,0818	0,2159	28,0009
17	10281600	0,0056	0,0843	0,3161	37,3700	17	10281600	0,0056	0,0843	0,2277	29,2814
18	10886400	0,0059	0,0867	0,3312	38,9174	18	10886400	0,0059	0,0867	0,2394	30,5341
19	11491200	0,0062	0,0891	0,3460	40,4226	19	11491200	0,0062	0,0891	0,2509	31,7601
20	12096000	0,0066	0,0914	0,3604	41,8872	20	12096000	0,0066	0,0914	0,2622	32,9604
21	12700800	0,0069	0,0937	0,3745	43,3126	21	12700800	0,0069	0,0937	0,2733	34,1358
22	13305600	0,0072	0,0959	0,3884	44,7001	22	13305600	0,0072	0,0959	0,2842	35,2872
23	13910400	0,0075	0,0980	0,4019	46,0510	23	13910400	0,0075	0,0980	0,2950	36,4154
24	14515200	0,0079	0,1001	0,4151	47,3665	24	14515200	0,0079	0,1001	0,3057	37,5210
25	15120000	0,0082	0,1022	0,4280	48,6477	25	15120000	0,0082	0,1022	0,3162	38,6048
26	15724800	0,0085	0,1042	0,4407	49,8957	26	15724800	0,0085	0,1042	0,3265	39,6673
27	16329600	0,0089	0,1062	0,4530	51,1116	27	16329600	0,0089	0,1062	0,3366	40,7092
28	16934400	0,0092	0,1082	0,4651	52,2962	28	16934400	0,0092	0,1082	0,3466	41,7310
29	17539200	0,0095	0,1101	0,4769	53,4505	29	17539200	0,0095	0,1101	0,3565	42,7333
30	18144000	0,0098	0,1120	0,4885	54,5754	30	18144000	0,0098	0,1120	0,3662	43,7165
31	18748800	0,0102	0,1138	0,4998	55,6718	31	18748800	0,0102	0,1138	0,3758	44,6811
32	19353600	0,0105	0,1156	0,5108	56,7404	32	19353600	0,0105	0,1156	0,3852	45,6276
33	19958400	0,0108	0,1174	0,5217	57,7821	33	19958400	0,0108	0,1174	0,3945	46,5564
34	20563200	0,0112	0,1192	0,5322	58,7977	34	20563200	0,0112	0,1192	0,4036	47,4680
35	21168000	0,0115	0,1209	0,5426	59,7878	35	21168000	0,0115	0,1209	0,4126	48,3627
36	21772800	0,0118	0,1226	0,5527	60,7531	36	21772800	0,0118	0,1226	0,4215	49,2410
37	22377600	0,0121	0,1243	0,5626	61,6944	37	22377600	0,0121	0,1243	0,4302	50,1031
38	22982400	0,0125	0,1260	0,5722	62,6123	38	22982400	0,0125	0,1260	0,4388	50,9496
39	23587200	0,0128	0,1277	0,5817	63,5074	39	23587200	0,0128	0,1277	0,4472	51,7806
40	24192000	0,0131	0,1293	0,5909	64,3803	40	24192000	0,0131	0,1293	0,4556	52,5966
41	24796800	0,0134	0,1309	0,6000	65,2317	41	24796800	0,0134	0,1309	0,4638	53,3978
42	25401600	0,0138	0,1325	0,6088	66,0621	42	25401600	0,0138	0,1325	0,4719	54,1846
43	26006400	0,0141	0,1340	0,6174	66,8720	43	26006400	0,0141	0,1340	0,4799	54,9574
44	26611200	0,0144	0,1356	0,6259	67,6621	44	26611200	0,0144	0,1356	0,4877	55,7163
45	27216000	0,0148	0,1371	0,6342	68,4327	45	27216000	0,0148	0,1371	0,4954	56,4616
46	27820800	0,0151	0,1386	0,6422	69,1845	46	27820800	0,0151	0,1386	0,5030	57,1938
47	28425600	0,0154	0,1401	0,6502	69,9179	47	28425600	0,0154	0,1401	0,5105	57,9129
48	29030400	0,0157	0,1416	0,6579	70,6334	48	29030400	0,0157	0,1416	0,5179	58,6193
49	29635200	0,0161	0,1431	0,6654	71,3315	49	29635200	0,0161	0,1431	0,5252	59,3133
50	30240000	0,0164	0,1445	0,6728	72,0125	50	30240000	0,0164	0,1445	0,5324	59,9950
51	30844800	0,0167	0,1460	0,6801	72,6770	51	30844800	0,0167	0,1460	0,5394	60,6648
52	31449600	0,0171	0,1474	0,6871	73,3253	52	31449600	0,0171	0,1474	0,5464	61,3228
53	32054400	0,0174	0,1488	0,6941	73,9580	53	32054400	0,0174	0,1488	0,5532	61,9693
54	32659200	0,0177	0,1502	0,7008	74,5753	54	32659200	0,0177	0,1502	0,5599	62,6045
55	33264000	0,0180	0,1516	0,7074	75,1776	55	33264000	0,0180	0,1516	0,5666	63,2287
56	33868800	0,0184	0,1530	0,7139	75,7654	56	33868800	0,0184	0,1530	0,5731	63,8420
57	34473600	0,0187	0,1543	0,7202	76,3390	57	34473600	0,0187	0,1543	0,5796	64,4447
58	35078400	0,0190	0,1557	0,7264	76,8987	58	35078400	0,0190	0,1557	0,5859	65,0369
59	35683200	0,0194	0,1570	0,7324	77,4450	59	35683200	0,0194	0,1570	0,5922	65,6188
60	36288000	0,0197	0,1583	0,7384	77,9780	60	36288000	0,0197	0,1583	0,5983	66,1907
61	36892800	0,0200	0,1596	0,7441	78,4983	61	36892800	0,0200	0,1596	0,6044	66,7528
62	37497600	0,0203	0,1609	0,7498	79,0061	62	37497600	0,0203	0,1609	0,6103	67,3051
63	38102400	0,0207	0,1622	0,7553	79,5016	63	38102400	0,0207	0,1622	0,6162	67,8480
64	38707200	0,0210	0,1635	0,7607	79,9853	64	38707200	0,0210	0,1635	0,6220	68,3815
65	39312000	0,0213	0,1648	0,7660	80,4574	65	39312000	0,0213	0,1648	0,6277	68,9059



# CeTeau-Drain CT-D822

## Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

## Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	□□□□□□□□
	Material	-	PP
	Colour	-	white
Filter Jacket	Material	-	PET
	Colour	-	grey
Assembled Drain	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D822
<b>Filter Jacket</b>				
Grab Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	ε	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	$Q_{10}$	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	k	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 <sup>4</sup>
<b>Assembled Drain</b>				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4595	kN	2.2
Elongation at 1 kN tensile strength	ε	ASTM D4595	%	1.5
Discharge capacity at 100 kPa	Q <sub>1</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	158 x 10 <sup>4</sup>
Discharge capacity at 150 kPa	Q <sub>2</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	157 x 10 <sup>4</sup>
Discharge capacity at 200 kPa	Q <sub>3</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	155 x 10 <sup>4</sup>
Discharge capacity at 250 kPa	Q <sub>4</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	150 x 10 <sup>4</sup>
Discharge capacity at 300 kPa	Q <sub>5</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	141 x 10 <sup>4</sup>
Discharge capacity at 350 kPa	Q <sub>6</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	135 x 10 <sup>4</sup>

Transport details	Unit	CT-D822
Roll length	m	250
Outside diameter roll	m	1.10
Inside diameter roll	m	0.15
Weight roll	kg	20
40ft container	m	125,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 12% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

### PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor  
 Jl. Rangka Industri Raya No.18 Surabaya 60293  
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063  
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id







