

SKRIPSI

**STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN ABU
TEMPURUNG KELAPA DAN SEMEN PORTLAND**

Oleh :

JOSHUA AGASINTON MANULLANG
NIM. DAB 116 075



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKARAYA
PALANGKARAYA
2021

SKRIPSI

STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN
SEMEN PORTLAND

oleh

JOSHUA AGASINTON MANULLANG
NIM. DAB 116 075

Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi
dan Berita Acara Ujian Skripsi

Palangka Raya, Desember 2021

Pembimbing Utama



Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.
NIP. 19570706 198701 1 002

Pembimbing Pendamping



Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.
NIP. 19720219 199702 2 001

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua



Dr. RUDI WALUYO S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN SEMEN PORTLAND

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :


JOSHUA AGASINTON MANULLANG
NIM. DAB 116 075

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

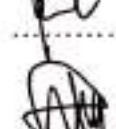
Hari/Tanggal : Kamis, 02 Desember 2021
Waktu : 09.00 – 11.00 WIB
Tempat : Ruang Audiovisual (offline)

Tim Penguji :


1. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**
NIP. 19570706 198701 1 002

 (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)

2. **Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**
NIP. 19720219 199702 2 001

 (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. **M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.**
NIP. 19710225 199802 1 001

 (Penguji 3)

4. **OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**
NIP. 19751001 200604 1 003

 (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan

Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.
NIP. 19611119 199302 1 001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua,


Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Joshua Agasinton Manullang
NIM : DAB 116 075
Tempat, Tanggal Lahir : Buntok, 16 Agustus 1998
Status : Belum Menikah
Agama : Kristen Protestan
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. Wortel No. 16
No. Telp Rumah : -
Alamat Asal : Jl. Wortel No. 16
Email : josuamanullang88888@gmail.com
No.Hp : 0821 5862 2359
No.Wa : 0821 5862 2359
Facebook : -
Instagram : -
Line : -
Nama Ayah : Rachman Manullang
Pekerjaan Ayah : Pensiun
Alamat : Jl. Wortel No. 16
No.Hp : 0813 4915 9059
Nama Ibu : Junita Manurung
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat : Jl. Wortel No. 16
No.Hp : -
Wali : -



Riwayat Pendidikan*)

- SD : SD Negeri Percobaan Palangka Raya (2004-2010)
- SLTP : SMP Negeri 2 Palangka Raya (2010-2013)
- SLTA : SMA Negeri 1 Palangka Raya (2013-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2016

Palangka Raya, 08 November 2021
Yang membuat pernyataan

Joshua Agasinton Manullang
NIM. DAB 116 075

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan rahmat, pertolongan dan anugerah-Nya melalui orang-orang yang membimbing dan mendukung dengan berbagai cara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

ORANG TUA

Terimakasih untuk kedua orang tua saya atas segala hal dan perjuangan yang telah diberikan di dalam hidup saya, saya bersyukur kepada Tuhan telah memberikan kedua orang tua yang hebat di dalam hidup saya. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana skripsi ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala tetesan keringatmu, jerih payahmu, doamu selalu menyertai langkahku. Dukungan kedua orang tua saya adalah kekuatan yang besar dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan buat kedua orang tua saya, semoga ini menjadi awal kedepannya untuk membuat kedua orang tua saya bangga dan bahagia.

DOSEN TERHORMAT

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, atas segala pengajaran dan bimbingannya selama saya menjadi mahasiswa Teknik Sipil UPR. Terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing dan penguji Skripsi saya, yang telah membimbing saya selama mengerjakan Skripsi ini hingga saya dapat menyelesaikannya dan terima kasih untuk pengalaman-pengalaman yang telah di ajarkan kepada saya.

TEMAN-TEMAN TEKNIK SIPIL (ANGKATAN 2016)

Terimakasih kepada teman-teman Teknik sipil Angkatan 2016, skripsi ini saya persembahkan untuk kalian, terima kasih banyak atas dukungan, masukan, saran dan segala kebaikan yang telah kalian perbuat dalam kehidupan saya yang tidak akan pernah saya lupakan.

MOTIVASIKU

Terima kasih untuk Motivasiiku, Motivasi ini membuatku merasakan pertama kalinya untuk semangat hidup, Motivasi ini terbentuk ketika awal kuliah, pertengahan hingga akhir perkuliahan, God Bless.

MATIUS 7:7

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi saya belum dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber yang diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Desember 2021



JOSHUA AGASINTON MANULLANG
NIM. DAB 116 075

RINGKASAN

STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN SEMEN PORTLAND, Joshua Agasinton Manullang, 2021, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Tanah gambut umumnya memiliki kadar air yang tinggi karena gambut memiliki berat isi dan daya dukung yang rendah karena volume porinya yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat fisik tanah dan mekanik tanah di daerah Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah serta untuk menganalisis nilai daya dukung tanah sebelum distabilisasi dan setelah distabilisasi dengan campuran abu tempurung kelapa (A.T.K.) dan semen *portland* (S), dan juga untuk menganalisis nilai konsolidasi sebelum stabilisasi dan sesudah stabilisasi dengan campuran abu tempurung kelapa (A.T.K.) dan semen *portland* (S).

Hasil pengujian sifat fisik tanah di Jalan Sinar Kahayan, Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia, tanah gambut dengan kadar serat 75,48% dan tanah gambut dengan kadar air 271,48%. Menurut ASTM tanah ini termasuk tanah gambut fibrik (75,48%) dan tanah sedikit menyerap air (271,48%). Menurut Macfarlane dan Radforth tanah ini termasuk tanah gambut berserat (*fibrious peat*) (75,48%).

Hasil pengujian kuat geser langsung yang dilakukan menghasilkan nilai daya dukung tanah. Nilai daya dukung tanah sebelum tanah gambut distabilisasi adalah 1,0410 kg/cm² dan nilai daya dukung tanah setelah tanah gambut distabilisasi dengan campuran S. dan A.T.K. dengan persentase S. 5%+A.T.K. 0% adalah 1,1191 kg/cm² (Meningkat sebesar 7,50%); S. 5%+A.T.K. 5% adalah 1,3797 kg/cm² (Meningkat sebesar 32,53%); S. 5%+A.T.K. 10% adalah 1,5857 kg/cm² (Meningkat sebesar 52,32%) dan S. 5%+A.T.K. 15% adalah 1,7753 kg/cm² (Meningkat sebesar 70,53%). Campuran dengan perubahan daya dukung tanah tertinggi yaitu campuran S. 5% dan A.T.K. 15%.

Hasil pengujian konsolidasi yang dilakukan menghasilkan nilai konsolidasi sebelum tanah gambut distabilisasi adalah $S_c = 0,573$ cm dan nilai konsolidasi setelah tanah gambut distabilisasi dengan campuran S. dan A.T.K. dengan persentase S. 5%+A.T.K. 0% adalah $S_c = 0,522$ cm (Menurun sebesar 8,82%); S. 5%+A.T.K. 5% adalah $S_c = 0,616$ cm (Meningkat sebesar 7,59%), S. 5%+A.T.K. 10% adalah $S_c = 0,560$ cm (Menurun sebesar 2,27%) dan S. 5%+A.T.K. 15% adalah $S_c = 0,523$ cm, (Menurun sebesar 8,64%). Campuran dengan perubahan penurunan konsolidasi (S_c) tertinggi yaitu campuran S. 5% dan A.T.K. 15%.

Kata Kunci: Abu Tempurung Kelapa, Daya Dukung Tanah, Konsolidasi, Semen *Portland*, Tanah Gambut.

SUMMARY

STABILIZATION OF PEAT SOIL WITH COCONUT SHELL ASH AND PORTLAND CEMENT, Joshua Agasinton Manullang, 2021, Civil Engineering Department/Study Program, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

Peat soils generally have a high water content because peat has a low density and carrying capacity due to its high pore volume. The purpose of this study was to analyze the physical and mechanical properties of the soil in the Kereng Bangkirai Village, Palangka Raya, Central Kalimantan and to analyze the value of the soil bearing capacity before stabilization and after stabilization with a mixture of coconut shell ash (C.S.A.) and portland cement (P.), and also to analyze the value of consolidation before stabilization and after stabilization with a mixture of coconut shell ash (C.S.A.) and portland cement (P.).

The results of testing the physical properties of the soil on Jalan Sinar Kahayan, Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia, peat soil with fiber content of 75.48% and peat soil with moisture content of 271.48%. According to ASTM, this soil includes fibrous peat soil (75.48%) and soil that absorbs little water (271.48%). According to Macfarlane and Radforth this soil includes fibrous peat (75.48%).

The results of the direct shear strength test carried out resulted in the value of the bearing capacity of the soil. The value of the carrying capacity of the soil before the peat was stabilized was 1.0410 kg/cm² and the value of the carrying capacity of the soil after the peat was stabilized with a mixture of P. and C.S.A. with the percentage of P. 5%+C.S.A. 0% is 1.1191 kg/cm² (Increase by 7.50%); P. 5%+C.S.A. 5% is 1.3797 kg/cm² (Increase by 32.53%); P. 5%+C.S.A. 10% is 1.5857 kg/cm² (Increase by 52.32%) and P. 5%+C.S.A. 15% is 1.7753 kg/cm² (Increase by 70.53%). The mixture with the highest change in soil bearing capacity is a mixture of P. 5% and C.S.A. 15%.

The results of the consolidation test carried out resulted in the consolidation value before the peat was stabilized was $S_c = 0.573$ cm and the consolidation value after the peat was stabilized with a mixture of P. and C.S.A. with the percentage of P. 5%+C.S.A. 0% is $S_c = 0.522$ cm (Decreased by 8.82%); S. 5%+C.S.A. 5% is $S_c = 0.616$ cm (Increase by 7.59%), S. 5%+C.S.A. 10% is $S_c = 0.560$ cm (Decrease by 2.27%) and P. 5%+C.S.A. 15% is $S_c = 0.523$ cm, (Decreased by 8.64%). The mixture with the highest change in consolidation settlement (C_s) is a mixture of P. 5% and C.S.A. 15%.

Keywords: *Cement Portland, Coconut Shell Ash, Consolidation, Peat Soil, Soil Bearing Capacity.*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena Kasih Karunia-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul **“STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN SEMEN *PORTLAND*”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Strata-1, pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Kasih Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kedua Orang Tua dan Kakak saya yang selalu memberikan dukungan serta doa tulus yang tiada henti hingga sampai tahap ini.
3. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

7. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
8. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji 1 Skripsi.
9. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 2 Skripsi.
10. Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 3 Skripsi.
11. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 4 Skripsi.
12. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Rekan-Rekan Mahasiswa dan Mahasiswi Teknik Sipil Angkatan 2016.
14. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian skripsi ini, sehingga segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebesar-besarnya dari berbagai pihak demi tercapainya tujuan yang diinginkan dalam menyusun skripsi ini. Terima Kasih.

Palangka Raya, Desember 2021



JOSHUA AGASINTON MANULLANG
NIM. DAB 116 075

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iii
<i>SUMMARY</i>.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanah Gambut.....	6
2.5.1 Pendahuluan.....	6
2.5.2 Klasifikasi Tanah Gambut.....	6
2.2 Stabilisasi Tanah.....	8
2.3 Abu Tempurung Kelapa.....	8

2.4	Semen <i>Portland</i>	9
2.5	Daya Dukung Tanah	9
2.5.1	Pendahuluan	9
2.5.2	Daya Dukung Tanah	10
2.5.3	Analisis Daya Dukung Tanah Teori <i>Terzaghi</i>	12
2.6	Konsolidasi.....	21
2.6.1	Pendahuluan	21
2.6.2	Konsolidasi Satu Dimensi (Gibson-Lo).....	21
2.6.3	Grafik Angka Pori-Tekanan	30
2.6.4	Indeks Pemampatan (<i>Compression Index, C_c</i>).....	32
2.6.5	Indeks Pemuaian (<i>Swell Index, C_s</i>).....	34
2.6.6	Tekanan Pra-Konsolidasi (p_c').....	34
2.6.7	Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v).....	35
2.6.8	Koefisien Konsolidasi (C_v).....	36
2.7	Penelitian Terdahulu	41
BAB III METODE PENELITIAN		43
3.1	Jenis Penelitian	43
3.2	Lokasi Penelitian	43
3.2.1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	43
3.2.2	Lokasi Laboratorium Penelitian	44
3.3	Pengumpulan Data.....	44
3.3.1	Sampel Tanah Asli (<i>undistrturbed</i>)	44

3.4	Pengolahan Data di Laboratorium	44
3.4.1	Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut	45
3.4.2	Pengujian Sifat Mekanik Tanah Gambut	46
3.4.3	Perencanaan Campuran.....	47
3.4.4	Rencana Campuran Untuk Uji Konsolidasi	47
3.4.5	Rencana Campuran Untuk Uji Kuat Geser Langsung	47
3.5	Analisis Data	48
3.5.1	Analisis Daya Dukung Tanah	48
3.5.2	Analisis Konsolidasi Satu Dimensi	48
3.6	Bagan Alir Penelitian.....	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		50
4.1	Umum	50
4.2	Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah	50
4.2.1	Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah.....	50
4.2.2	Sistem Klasifikasi Tanah Menurut <i>American Standard Testing and Material (ASTM)</i>	51
4.2.3	Pengelompokan Tanah Gambut Menurut Macfarlane dan Radforth (1965)	51
4.3	Hasil Penelitian Sifat Mekanik Tanah	52
4.3.1	Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung	52
4.3.1.1	Hasil pengujian kuat geser tanah (τ)	56
4.3.1.2	Perhitungan daya dukung tanah (q_u).....	58

4.3.2	Hasil Pengujian Konsolidasi	62
4.3.2.1	Data awal konsolidasi sampel tanah gambut asli.....	62
4.3.2.2	Perhitungan konsolidasi sampel tanah gambut asli.....	65
4.3.2.3	Hubungan angka pori dengan tegangan sampel tanah gambut asli.....	68
4.3.2.4	Koefisien konsolidasi (C_v) sampel tanah gambut asli	69
4.3.2.5	Index pemampatan (C_c) sampel tanah gambut asli.....	71
4.3.2.6	Penurunan konsolidasi (S_c) sampel tanah gambut asli	71
4.3.2.7	Rekapitulasi hasil pengujian konsolidasi pada semua sampel	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva penurunan terhadap beban yang diterapkan.	11
Gambar 2.2	(a) Keruntuhan geser umum (<i>general shear failure</i>). (b) Keruntuhan geser lokal (<i>local shear failure</i>).	12
Gambar 2.3	(a) Pembebanan pada pondasi dan berbentuk area geser (b) Bentuk kegagalan.	14
Gambar 2.4	Hubungan ϕ dan N_γ , N_c , N_q	17
Gambar 2.5	Tipe pemampatan sekunder Lo (1961).....	22
Gambar 2.6	Model reologi Gibson - Lo	23
Gambar 2.7	Penentuan parameter-parameter konsolidasi Gibson dan Lo apabila regangan akhir diketahui	27
Gambar 2.8	Penyederhanaan Metode Gibson-Lo	28
Gambar 2.9	Model reologi (Lo, 1961)	29
Gambar 2.10	Perubahan tinggi contoh tanah pada uji konsolidasi satu dimensi	31
Gambar 2.11	Bentuk grafik e vs $\log p$	32
Gambar 2.12	Cara menentukan p_c' (Casagrande, 1936).....	34
Gambar 2.13	Grafik regangan vs. tegangan efektif ($\Delta H/H$ vs. p') p	35
Gambar 2.14	Metode kecocokan log-waktu.....	38
Gambar 2.15	Metode logaritma waktu	39
Gambar 3.1	Lokasi pengambilan sampel penelitian.....	43
Gambar 3.2	Bagan alir penelitian	49

Gambar 4.1	Grafik Hubungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser Sampel Tanah Gambut Asli	54
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Variasi Campuran	55
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kohesi dengan Variasi Campuran	56
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah dengan Variasi Campuran	58
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Daya Dukung Tanah (q_{ult}) dengan Variasi Campuran	61
Gambar 4.6	Grafik Nilai t_{90} pada Beban 1 kg Sampel Tanah Gambut Asli.....	64
Gambar 4.7	Grafik Nilai t_{50} pada Beban 1 Kg Sampel Tanah Gambut Asli.....	65
Gambar 4.8	Grafik Penentuan Tekanan Pra Konsolidasi pada Sampel Tanah Gambut Asli	69
Gambar 4.9	Grafik Hubungan $C_v(t_{50})$ dengan Tekanan Sampel Tanah Gambut Asli	70
Gambar 4.10	Grafik Hubungan $C_v(t_{90})$ dengan T ekanan Sampel Tanah Gambut Asli	71
Gambar 4.11	Grafik Hubungan $C_v(t_{50})$ dengan Variasi Campuran	74
Gambar 4.12	Grafik Hubungan $C_v(t_{90})$ dengan Variasi Campuran	74
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Penurunan Konsolidasi (S_c) dengan Variasi Campuran	75
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Index Pemampatan (C_c) dengan Variasi Campuran	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah Gambut Menurut ASTM (1990) Kadar Serat, Kadar Abu, dan Tingkat Keasaman.....	7
Tabel 2.2	Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Tanah <i>Terzaghi</i>	18
Tabel 2.3	Nilai Cc Untuk Berbagai Macam Tanah	33
Tabel 2.4	Penelitian Terdahulu	41
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik pada Tanah Gambut Asli	51
Tabel 4.2	Klasifikasi Tanah Menurut <i>American Standard Testing And Material</i> (ASTM).....	52
Tabel 4.3	Pengujian Kuat Geser Langsung pada Sampel Tanah Gambut Asli	53
Tabel 4.4	Rekapitulasi Uji Kuat Geser Langsung Campuran Semen <i>Portland</i> + Abu Tempurung Kelapa	55
Tabel 4.5	Rekapitulasi Nilai Kuat Geser Tanah Campuran Semen <i>Portland</i> + Abu Tempurung Kelapa	57
Tabel 4.6	Nilai-Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tanah <i>Terzaghi</i>	59
Tabel 4.7	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Pengujian Kuat Geser Langsung pada Semua Sampel	60
Tabel 4.8	Pengujian Konsolidasi pada Sampel Tanah Gambut Asli	62
Tabel 4.9	Kadar Air dan Berat Isi Sampel Tanah Gambut Asli.....	63
Tabel 4.10	Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Sampel Tanah Gambut Asli.....	63
Tabel 4.11	Ukuran Ring Sampel Tanah Gambut Asli.....	64

Tabel 4.12	Perhitungan Koefisien Konsolidasi (C_v) Sampel Tanah Gambut Asli	66
Tabel 4.13	Perhitungan Permeabilitas (k) Sampel Tanah Gambut Asli.....	67
Tabel 4.14	Hubungan Angka Pori dengan Tegangan Sampel Tanah Gambut Asli	68
Tabel 4.15	Nilai $C_v(t_{50})$ dan $C_v(t_{90})$ pada Sampel Tanah Gambut Asli	70
Tabel 4.16	Rekapitulasi Nilai Penurunan (S_c) pada Semua Sampel.....	72
Tabel 4.17	Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi pada Semua Sampel.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi Penelitian di Lapangan.....	81
Lampiran 2	Dokumentasi Penelitian Sifat Fisik Tanah	82
Lampiran 3	Dokumentasi Penelitian Sifat Mekanik Tanah.....	88
Lampiran 4	Dokumentasi Penelitian Bahan Campuran	93
Lampiran 5	Laporan Hasil Data Penelitian di Laboratorium	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan sisa-sisa tumbuhan. Tanah gambut umumnya berwarna coklat tua sampai dengan hitam. Tanah gambut di Kalimantan, dari hasil inventarisasi berbasis teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi adalah 5.769.246 ha, yang penyebarannya pada masing-masing provinsi Kalimantan Tengah 3.010.640 ha (52,18 % dari luas total gambut), Kalimantan Barat 1.729.980 ha (29,99 %), Kalimantan Timur 696.997 ha (12,08 %), dan Kalimantan Selatan 331.629 ha (5,75 %). (Wahyunto, dkk. 2005).

Menurut Yiyin Teki Probosari (2000) dalam Heru Sanjaya (2003), tanah gambut memiliki kadar air yang tinggi, daya dukung tanah yang rendah dan pemampatan yang tinggi, sehingga jika hal tersebut dikaitkan dengan konstruksi bangunan, maka bangunan yang berada di atas tanah gambut akan mengalami kegagalan konstruksi yang mana pondasi bangunan tersebut tidak cukup kuat menahan beban bangunan keseluruhan akibat tanah gambut yang memiliki daya dukung yang rendah dan pemampatan yang tinggi.

Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.

Berdasarkan observasi di Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya kondisi tanah di lokasi tersebut didominasi oleh tanah gambut. Pembangunan konstruksi bangunan/jalan di atas tanah gambut akan menghadapi beberapa masalah geoteknik. Salah satunya adalah kekuatan daya dukung dalam menahan beban yang terjadi di atas tanah gambut. Tanah tersebut bila tidak ditangani dengan baik maka akan mempengaruhi kondisi konstruksi bangunan/jalan yang akan dibangun di daerah itu dan akan mempercepat kerusakan konstruksi tersebut. Oleh sebab itu diperlukan upaya untuk memperbaiki tanah tersebut agar konstruksi bangunan/jalan yang dikehendaki tidak mengalami kerusakan setelah konstruksi tersebut selesai.

Dalam penelitian ini, salah satu alternatif yang dilakukan untuk perbaikan tanah agar lebih stabil adalah stabilisasi tanah dengan mencampur tanah gambut dengan bahan lain. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu tempurung kelapa dan semen *portland* sebagai bahan tambah campuran untuk tanah gambut. Tanah yang digunakan dalam penelitian skripsi ini adalah tanah gambut yang berasal dari Kalimantan Tengah, yakni pada sekitar Jalan Sinar Kahayan Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik tanah gambut asli di daerah Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah?
2. Berapa besar nilai daya dukung tanah dan nilai konsolidasi tanah gambut asli?
3. Berapa besar nilai daya dukung tanah dan nilai konsolidasi tanah gambut setelah distabilisasi dengan campuran abu tempurung kelapa dan semen *portland*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sifat fisik dan mekanik tanah gambut asli di daerah Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
2. Menganalisis nilai daya dukung tanah dan nilai konsolidasi tanah gambut asli.
3. Menganalisis nilai daya dukung dan nilai konsolidasi tanah gambut setelah distabilisasi dengan campuran abu tempurung kelapa dan semen *portland*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Sampel tanah gambut yang diambil pada kedalaman 0,5 meter di sekitar Jalan Sinar Kahayan Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

2. Tempurung kelapa yang digunakan dari Pasar Tradisional Jalan Lombok Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
3. Semen *portland* yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1.
4. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Terzaghi* dan untuk mendapatkan parameter tanah menggunakan uji kuat geser langsung (*Direct Shear Test*).
6. Pengujian sifat fisik tanah gambut meliputi:
 - a. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)
 - b. Pengujian Kadar Serat (*Fiber Content*)
 - c. Pengujian Berat Isi (*Bulk Density*)
 - d. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)
 - e. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
7. Pengujian sifat mekanik tanah gambut meliputi:
 - a. Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)
 - b. Pengujian Konsolidasi (*Consolidation Test*)
8. Pengujian konsolidasi dan pengujian kuat geser langsung dengan persentase penambahan semen *portland* sebesar 5% dan abu tempurung kelapa sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dari berat sampel tanah dengan masa pemeraman (*curing*) 3 hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan:

1. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pengetahuan mengenai pemanfaatan tanah gambut yang telah distabilisasi dengan campuran abu tempurung kelapa dan semen *portland*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perancangan stabilisasi dan perkuatan tanah dasar pada daerah tanah gambut khususnya di daerah Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Gambut

2.1.1 Pendahuluan

Tanah gambut adalah suatu bahan organik setengah lapuk berserat atau suatu tanah yang mengandung bahan organik berserat dalam jumlah yang besar (Bowles, 1989). Sumber lain menyatakan bahwa tanah gambut merupakan salah satu dari sekian banyak jenis tanah yang mempunyai perilaku dan karakteristik yang sangat unik dan kompleks karena mempunyai kadar air yang tinggi, kompresibilitas yang tinggi, serta daya dukung yang rendah. (Macfarlane, 1958).

2.1.2 Klasifikasi Tanah Gambut

Menurut Bowles (1989), sistem klasifikasi tanah yang paling terkenal dikalangan para ahli teknik tanah dan pondasi adalah klasifikasi tanah sistem *Unified (Unified Soil Classification System)*. Sistem *Unified* membagi tanah atas tiga kelompok utama:

1. Tanah berbutir kasar: tanah yang lebih dari 50 % bahannya tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm) yang dibagi atas kerikil dan pasir.
2. Tanah berbutir halus: tanah yang lebih dari 50 % bahannya lewat ayakan No. 200 yang dibagi menjadi lanau, lempung, serta lanau dan lempung organik.
3. Tanah sangat organik: tanah gambut dan tanah organik tinggi.

Menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 1990) klasifikasi tanah gambut telah dipersempit menjadi hanya tiga bagian, diantaranya berdasarkan kadar serat, kadar abu dan keasaman tanah.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Gambut Menurut ASTM (1990) Kadar Serat, Kadar Abu, dan Tingkat Keasaman

Klasifikasi Tanah Gambut	Deskripsi
Kadar Serat (ASTM D1977)	Fibriik: Gambut dengan serat (Serat > 67%)
	Hemik: Gambut dengan serat (33% > Serat < 67%)
	Saprik: Gambut dengan serat (Serat < 33%)
Kadar Abu (ASTM D2974)	Abu rendah: Gambut dengan abu (Abu < 5%)
	Abu menengah: Gambut dengan abu (5% > Abu < 15%)
	Abu tinggi: Gambut dengan abu (Abu > 15%)
Tingkat Keasaman (ASTM D2976)	Sangat asam: Gambut dengan PH (PH < 4,5)
	Cukup asam: Gambut dengan PH (4,5 > PH < 5,5)
	Sedikit asam: Gambut dengan PH (5,5 > PH < 7)
	Basic: Gambut dengan PH (PH ≥ 7)

(Sumber: Sandhyavitri dkk. 2018)

Menurut Macfarlane dan Radforth (1965) dalam Rusdiansyah (2003), tanah gambut telah dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu tanah gambut berserat (*fibrous peat*) dan tanah gambut tak berserat (*amorphous peat*).

a. Tanah gambut berserat (*fibrous peat*)

Tanah gambut yang mana berbentuk woody atau non woody dan mempunyai diameter kurang dari 1 mm. Tanah gambut dengan kandungan serat sama dengan 20% atau lebih.

b. Tanah gambut tak berserat (*amorphous peat*)

Tanah gambut yang mana berbentuk woody atau non woody dan mempunyai diameter lebih besar dari 1 mm. Tanah dengan kandungan serat kurang dari 20%.

2.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah. Apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan. (Bowles, 1989).

Stabilisasi tanah adalah usaha yang dilakukan bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Metode stabilisasi yang sudah umum digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode stabilisasi yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi merupakan metode stabilisasi yang menambah kekuatan dan kuat dukung dengan cara mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia.

2.3 Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa adalah hasil dari proses pembakaran tempurung kelapa. Sebagai filler abu arang tempurung kelapa mengandung lignin, selusa, mektosil dan berbagai mineral lainnya. Struktur keras disebabkan silika (SiO_2) yang cukup tinggi, dan kandungan arang tempurung kelapa terdiri dari karbon non popular yang besarnya 91% seperti terdapat pada aspal. (Berry, 1999).

2.4 Semen *Portland*

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Menurut Kalawa, dkk (2021), mengatakan fungsi semen yaitu mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen mempunyai dua jenis, yaitu semen *hidrolis* dan *non-hidrolis*. Semen *hidrolis* adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air dan menghasilkan produk yang tahan air, sedangkan semen *non-hidrolis* adalah suatu bahan pengikat yang bila dicampur dengan air menghasilkan produk yang dapat mengeras setelah bereaksi dengan karbondioksida, bukan dengan air.

2.5 Daya Dukung Tanah

2.5.1 Pendahuluan

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi yang bekerja di atasnya. Fondasi adalah bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah yang terletak di bawahnya. (Hardiyatmo, 2007). Daya dukung tanah dapat dipengaruhi oleh jumlah air yang terdapat di dalam tanah, kohesi tanah, sudut geser dalam dan tegangan normal tanah. Salah satu cara untuk mengetahui parameter tanah adalah dengan

cara uji kuat geser langsung (*direct shear*). Tujuan uji kuat geser langsung adalah untuk mendapatkan besarnya kohesi tanah (c) dan sudut geser dalam (ϕ) pada tanah.

2.5.2 Daya Dukung Tanah

Menurut Hardiyatmo (2007), mengatakan bila tanah mengalami pembebanan seperti beban fondasi. Tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunan pun juga bertambah. Akhirnya, pada suatu saat terjadi kondisi di mana pada beban tetap, fondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung telah terjadi.

Menurut Hardiyatmo (2007), daya dukung ultimit (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas di mana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka:

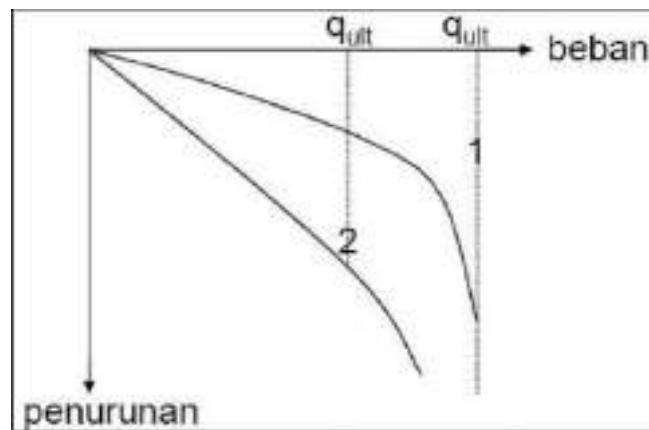
$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (2-1)$$

dengan: q_u = daya dukung ultimit atau daya dukung batas (kN/m^2)

P_u = beban ultimit atau beban batas (kN)

A = luas beban (m^2)

Jika tanah padat, sebelum terjadi keruntuhan di dalam tanah, penurunan kecil dan bentuk kurva penurunan-beban akan seperti yang ditunjukkan pada kurva 1 dalam Gambar 2.1 pada kurva 1 menunjukkan kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Pada waktu beban ultimit tercapai, tanah melewati fase kedudukan keseimbangan plastis. (Hardiyatmo, 2007).



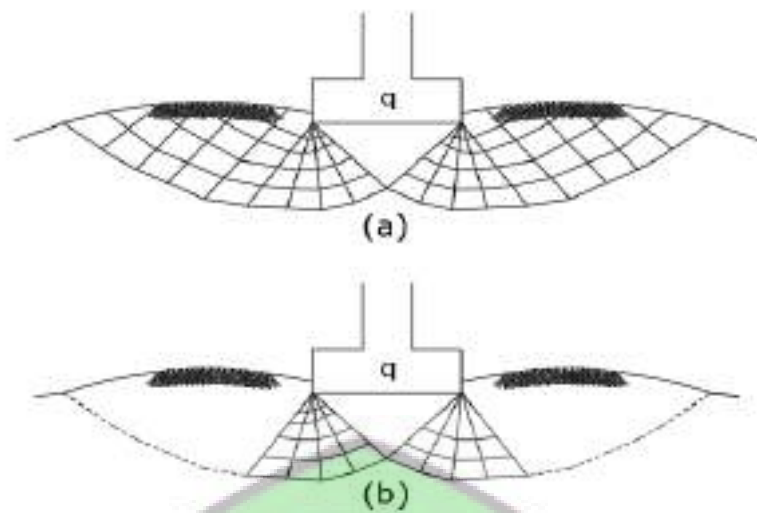
(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.1 Kurva penurunan terhadap beban yang diterapkan.

Kondisi lain, jika tanah sangat tidak padat atau lunak penurunan yang terjadi sebelum keruntuhan sangat besar. Pada kasus ini, keruntuhannya terjadi sebelum keseimbangan plastis tanah termobilisasi, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1 pada kurva 2. Kurva 2 ini menunjukkan kondisi keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). (Hardiyatmo, 2007).

Menurut Hardiyatmo (2007), dari pengamatan kelakuan tanah selama pembebanan hingga tercapainya keruntuhan, diperoleh kenampakan sebagai berikut:

1. Terjadi perubahan bentuk tanah yang berupa penggembungan kolom tanah tepat di bawah dasar fondasi ke arah lateral dan penurunan permukaan di sekitar fondasi.
2. Terdapat retakan lokal atau geseran tanah di sekeliling fondasi.
3. Suatu baji tanah terbentuk tepat di bawah fondasi yang mendesak tanah bergerak ke bawah maupun ke atas (Gambar 2.2).



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

**Gambar 2.2 (a) Keruntuhan geser umum (*general shear failure*).
(b) Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*).**

4. Umumnya, pada saat keruntuhan terjadi zona geser melebar dalam batas tertentu dan suatu permukaan geser berbentuk lengkungan berkembang yang disusul dengan gerakan fondasi turun ke bawah. Permukaan tanah di sekitar fondasi selanjutnya menggebung ke atas yang diikuti oleh retakan dan gerakan muka tanah di sekitar fondasi. Keadaan ini menunjukkan keruntuhan geser telah terjadi.

2.5.3 Analisis Daya Dukung Tanah Teori Terzaghi

Terzaghi (1943), melakukan daya dukung tanah dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

- a) Pondasi berbentuk memanjang tak berhingga.
- b) Tanah di bawah dasar pondasi adalah homogen.
- c) Tahanan geser tanah di atas dasar pondasi diabaikan.
- d) Dasar pondasi kasar.

- e) Berlaku prinsip superposisi atau prinsip penggabungan.
- f) Bidang keruntuhan terdiri dari lengkung spiral logaritmis dan linier
- g) Pertemuan antara sisi baji tanah dan dasar pondasi membentuk sudut geser dalam tanah ϕ .
- h) Baji tanah yang terbentuk di dasar pondasi dalam kedudukan elastis dan bergerak bersama-sama dengan dasar pondasi.
- i) Berat tanah di atas dasar pondasi digantikan dengan beban terbagi rata sebesar $o f . \gamma p = D$, dengan D_f adalah kedalaman dasar pondasi dan γ adalah berat volume tanah di atas dasar pondasi.

Menurut Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2007), persamaan umum daya dukung ultimit berdasarkan keruntuhan geser umum untuk pondasi menerus sebagai berikut:

$$q_u = cN_c + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \quad (2-2)$$

Karena $p_o = D_f \gamma$, maka:

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \quad (2-3)$$

dengan: q_u = daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m^2)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = kedalaman pondasi yang tertanam di dalam tanah (m)

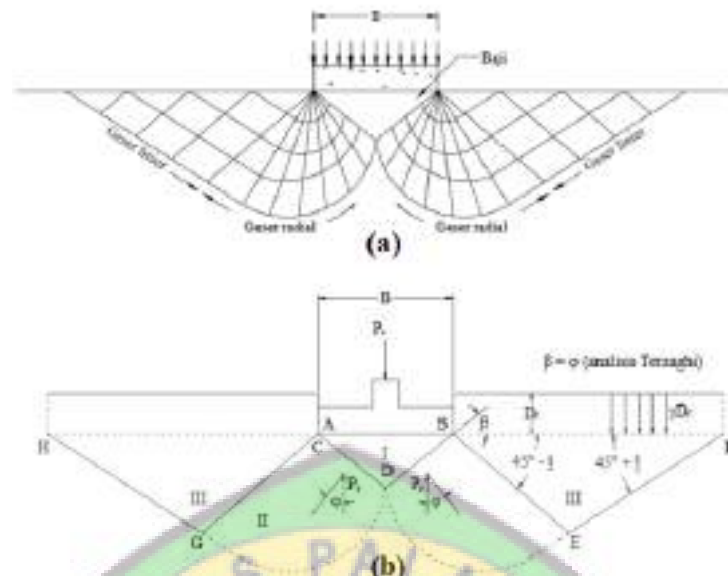
γ = berat volume tanah (kN/m^3)

p_o = tekanan *overburden* pada dasar pondasi (kN/m^2)

N_c = faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah

N_q = faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata

N_γ = faktor daya dukung tanah akibat berat tanah



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

**Gambar 2.3 (a) Pembebanan pada pondasi dan berbentuk area geser.
(b) Bentuk kegagalan**

Cara pendekatan yang digunakan dalam analisis adalah dengan menganggap fondasi berbentuk memanjang tak terhingga, dengan lebar B yang terletak di atas tanah yang homogen, dibebani dengan beban terbagi rata q (Gambar 2.3). Beban total fondasi persatuan panjang adalah $P_u = q_u B$. Akibat pengaruh beban P_u , tanah yang berada tepat di bawah fondasi membentuk baji yang menekan tanah ke bawah. Gerakan baji memaksa tanah di sekitarnya bergerak, yang menghasilkan zona geser di kanan dan kirinya. Tiap-tiap zona terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian geser radial (radial shear) yang berdekatan dengan baji, dan bagian geser linier (*linear shear*) bagian kelanjutan dan bagian geser radialnya. (Hardiyatmo, 2007).

Menurut Hardiyatmo (2007), Tahanan total untuk melawan penurunan dapat dinyatakan dalam keseimbangan arah vertikal sebagai berikut:

$$P_u = 2 P_p \cos (\beta - \phi) + 2 \overline{AB} c \sin \beta - \frac{1}{4} \gamma B^2 \operatorname{tg} \phi \quad (2-4)$$

Panjang garis $\overline{AB} = \frac{B}{2 \cos \beta}$, maka:

$$P_u = 2 P_p \cos (\beta - \phi) + B c \operatorname{tg} \beta - \frac{1}{4} \gamma B^2 \operatorname{tg} \phi \quad (2-5)$$

Resultan gaya tekanan tanah pasif dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu:

1. Gaya P_{py} sebagai akibat berat luasan ABEC.
2. Gaya P_{pc} sebagai akibat pengaruh kohesi tanah (c).
3. Gaya P_{pq} sebagai akibat beban terbagi rata di atas dasar fondasi.

Komponen tekanan tanah pasif dihitung terpisah, kemudian ditambahkan untuk memperoleh daya dukung totalnya.

$$P_u = 2(P_{py} + P_{pc} + P_{pq}) \cos (\beta - \phi) + B c \operatorname{tg} \beta - \frac{1}{4} \gamma B^2 \operatorname{tg} \phi \quad (2-6)$$

Beban ultimit per satuan luas:

$$q_u = (2P_{py}/B) \cos (\beta - \phi) + (1/B) [2P_{pc} \cos (\beta - \phi) + c \operatorname{tg} \beta] + (1/B) 2 P_{pq} \cos (\beta - \phi) - \frac{1}{4} \gamma B \operatorname{tg} \phi \quad (2-7)$$

Tiap-tiap komponen persamaan daya dukung adalah fungsi dari ϕ dan bentuk geometri dari zona longoran, seperti yang dinyatakan oleh B dan β . Analisis Terzaghi (1943) menganggap bahwa dasar fondasi kasar. sehingga menahan gerakan tanah arah lateral di dasar fondasi dan mengikat tanah tersebut seolah-olah merupakan satu kesatuan dengan fondasinya. Jadi, semua beban fondasi dipindahkan langsung lewat bagian baji ke tanah di bawahnya. Sudut baji dengan bidang horisontal (yang besarnya = β) dianggap sama dengan ϕ . Zona geser

dianggap bergerak ke atas hanya sampai ketinggian dasar fondasi, dan hanya beban terbagi rata $p_o = D_f \gamma$, yang berpengaruh pada zona ini. (Hardiyatmo, 2007).

Tekanan tanah pasif yang disebabkan oleh berat tanah dihitung dengan persamaan:

$$P_{py} = \frac{\gamma H^2 K_{py}}{2 \sin \alpha \cos \delta} \quad (2-8)$$

dengan:

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

α = sudut permukaan di mana tekanan pasif bekerja terhadap arah horizontal

δ = sudut geser antara tanah dengan tanah pada permukaan \overline{AB}

Dalam hal ini, $\delta = \phi$, $\alpha = 180 - \phi$. Proyeksi vertikal dari permukaan

$\overline{AB} = (B/2) \operatorname{tg} \phi = H$, dan $\cos(\beta - \phi) = 1$.

Besarnya tekanan tanah pasif dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$\begin{aligned} P_{py} &= \frac{\gamma}{2} \left(\frac{B^2}{4} \operatorname{tg}^2 \phi \right) \left(\frac{K_{py}}{\sin \phi \cos \phi} \right) = \frac{\gamma B^2}{8} \operatorname{tg} \phi \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} = 2P_{py} \frac{\cos(\beta - \phi)}{B} \\ &= \frac{\gamma B}{2} \left(\frac{\operatorname{tg} \phi K_{py}}{2 \cos^2 \phi} \right) = \frac{\gamma B}{2} \left(N_\gamma + \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} \right) \end{aligned} \quad (2-9)$$

Faktor N_γ adalah faktor daya dukung yang disebabkan oleh berat tanah yang merupakan fungsi dari sudut geser dari dalam tanahnya (ϕ). Tekanan tanah pasif akibat kohesi dan beban terbagi rata secara sama dapat ditentukan, jika berat volume dianggap tidak berpengaruh terhadap zona longsoran. Hasilnya dinyatakan dengan persamaan:

$$N_c = \operatorname{ctg} \phi \left(\frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right) \quad (2-10)$$

$$N_q = \left(\frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right) \quad (2-11)$$

$$a = e^{\left(\frac{3\pi - \phi}{4} \right) \tan \phi} \quad (2-12)$$

Faktor daya dukung N_c dan N_q merupakan faktor daya dukung akibat pengaruh kohesi dan beban terbagi rata yang keduanya merupakan fungsi dari sudut geser dalam (ϕ). Persamaan (2-7) dapat dituliskan dalam persamaan umum:

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \quad (2-13)$$

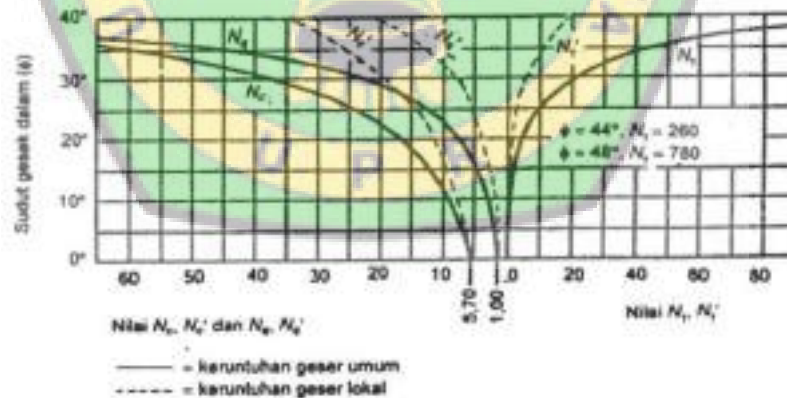
dengan:

c = kohesi (kN/m^2) D_f = kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3) B = lebar fondasi (m)

N_γ, N_c, N_q = faktor daya dukung tanah (fungsi ϕ)

Nilai-nilai dari N_γ, N_c, N_q dalam bentuk grafik yang diberikan Terzaghi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.4 Hubungan ϕ dan N_γ, N_c, N_q

Tabel 2.2 Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Tanah Terzaghi

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_γ	N_c	N_q	N_γ'	N_c'	N_q'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Seluruh analisis daya dukung di atas didasarkan pada anggapan bahwa fondasi mempunyai panjang tak terhingga dan didasarkan pada kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*) dari suatu bahan bersifat plastis, di mana volume dan kuat gesernya tidak berubah oleh adanya keruntuhan (*rupture*).

Pada material yang mempunyai sifat volumenya berubah oleh akibat beban atau mengalami regangan yang besar sebelum tercapainya keruntuhan geser, gerakan ke bawah baji tanah mungkin hanya memampatkan tanah, tanpa adanya regangan yang cukup untuk menghasilkan keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Kondisi keruntuhan semacam ini disebut keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). Tidak ada analisis rasional untuk pemecahannya. Terzaghi menyarankan koreksi empiris faktor-faktor daya dukung pada kondisi keruntuhan geser umum, untuk hitungan daya dukung tanah untuk jenis tanah semacam ini,

yaitu dengan cara seluruh faktor daya dukung dihitung kembali dengan menggunakan ϕ' dan c' , dengan:

$$\text{tg } \phi' = (2/3) \text{tg } \phi \quad (2-14)$$

$$c' = (2/3) c \quad (2-15)$$

Menurut Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2007), persamaan umum untuk daya dukung ultimit berdasarkan keruntuhan geser lokal pada pondasi menerus, dinyatakan oleh persamaan:

$$q_u = c' N_c' + D_f \gamma N_q' + 0,5 \gamma B N_\gamma' \quad (2-16)$$

Nilai N_c' , N_q' dan N_γ' adalah faktor daya dukung tanah pada kondisi keruntuhan geser lokal (lihat Gambar 2.4 dan Tabel 2.2).

Menurut Hardiyatmo (2007), dalam analisis daya dukung tanah, istilah-istilah berikut ini penting diketahui.

Tekanan *overburden* total (*total overburden pressure*)(p) adalah intensitas tekanan total yang terdiri dari berat material di atas dasar fondasi total, yaitu berat tanah dan air sebelum fondasi dibangun. (Hardiyatmo, 2007).

Daya dukung ultimit (*ultimate bearing capacity*)(q_u) adalah beban maksimum persatuan luas yang masih dapat didukung oleh fondasi, dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang mendukungnya. Besarnya beban yang didukung, termasuk beban struktur, beban pelat fondasi, dan tanah urug di atasnya.

Daya dukung ultimit neto (*net ultimate bearing capacity*) (q_{un}) adalah nilai intensitas beban fondasi neto di mana tanah akan mengalami keruntuhan geser, dengan:

$$q_{un} = q_u - \gamma D_f \quad (2-17)$$

Tekanan fondasi total (*total foundation pressure*) atau intensitas pembebanan kotor (*gross loading intensity*) (q) adalah intensitas tekanan total pada tanah di dasar fondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh. Beban-bebannya termasuk berat kotor fondasi, berat struktur atas, dan berat kotor tanah urug termasuk air di atas dasar fondasi. (Hardiyatmo, 2007).

Tekanan fondasi neto (*net foundation pressure*) (q_n) untuk suatu fondasi tertentu adalah tambahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka:

$$q_n = q - \gamma D_f \quad (2-18)$$

Daya dukung perkiraan (*presumed bearing capacity*) adalah intensitas beban neto yang dipandang memenuhi syarat untuk jenis tanah tertentu untuk maksud perancangan awal. Nilai tertentu tersebut didasarkan pada pengalaman lokal, atau dengan hitungan yang diperoleh dari pengujian kekuatan atau pengujian pembebanan di lapangan, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan geser. (Hardiyatmo, 2007).

Daya dukung ijin (*allowable bearing capacity*) (q_a) adalah besarnya intensitas beban neto maksimum dengan mempertimbangkan besarnya daya dukung, penurunan dan kemampuan struktur untuk menyesuaikan terhadap pengaruh penurunan tersebut. (Hardiyatmo, 2007).

Faktor aman (F) dalam tinjauan daya dukung ultimit neto, seperti berikut:

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_n - \gamma D_f}{q - \gamma D_f} \quad (2-19)$$

dengan γ = berat volume tanah di atas dasar fondasi dan D_f = kedalaman fondasi. (Hardiyatmo, 2007).

2.6 Konsolidasi

2.6.1 Pendahuluan

Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori, proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang (Craig, 1989).

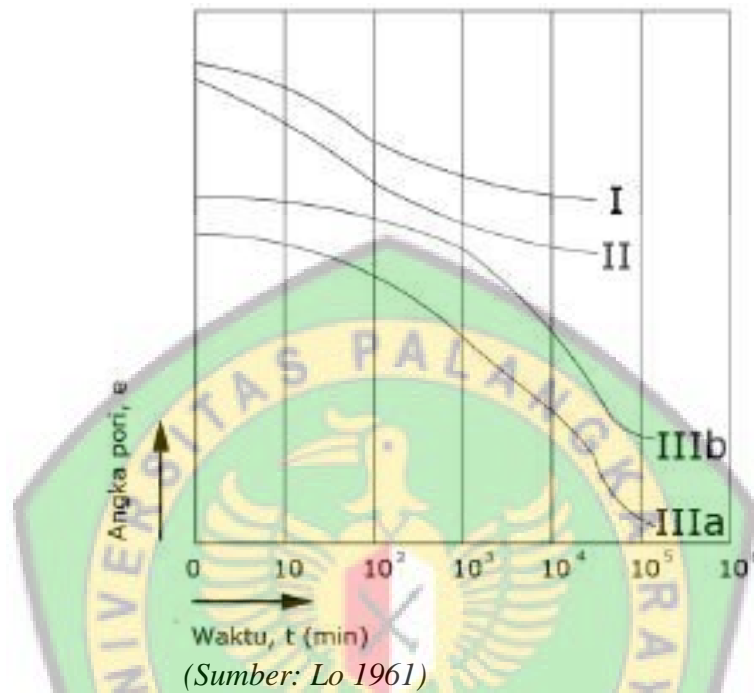
Menurut Vianus, dkk (2021), mengatakan konsolidasi adalah proses pengecilan volume pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Pemberian beban pada tanah akan mengakibatkan meningkatnya tegangan yang bekerja pada tanah tersebut. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya volume tanah sehingga menyebabkan terjadinya penurunan konsolidasi.

2.6.2 Konsolidasi Satu Dimensi (Gibson-Lo)

Hasil studi yang dilakukan Lo (1961) dalam Rahayu (2012), membagi kurva angka pori – log waktu menjadi beberapa bentuk:

- a) Kurva tipe I, yang mempunyai bentuk cekung ke atas yang bagus, kecepatan pemampatan sekunder berkurang sejalan waktu dan kurva menjadi horisontal saat mencapai penurunan maksimum.
- b) Kurva tipe II, mempunyai karakteristik yang digambarkan dengan bagian lurus pada kurva dengan pendekatan logaritma untuk waktu yang cukup lama. Kecepatan pemampatan berkurang cepat mendekati tahap akhir dan menjadi nol saat penurunan maksimum tercapai.

- c) Kurva tipe III, mempunyai bentuk cekung ke bawah, kecepatan pemampatan sekunder meningkat sejalan waktu, kemudian berkurang perlahan-lahan sampai selesai (IIIb) atau tiba-tiba (IIIa).

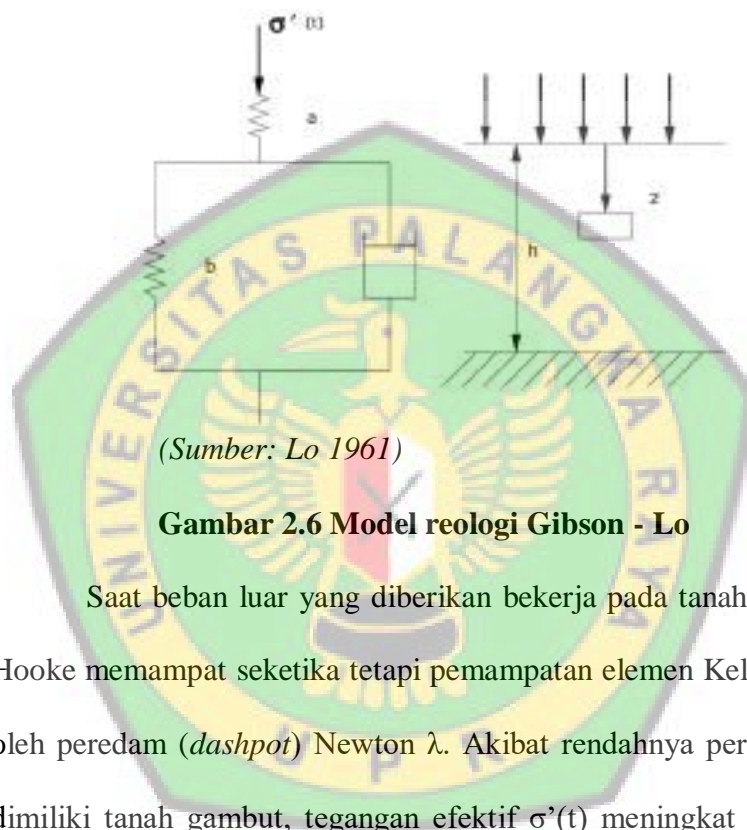


Gambar 2.5 Tipe pemampatan sekunder Lo (1961)

Pemampatan sekunder mempunyai dua kurva, yaitu: Pemampatan sekunder dengan kurva tipe I dan II, dan Pemampatan sekunder dengan kurva tipe IIIa dan IIIb.

1. Pemampatan sekunder dengan kurva tipe I dan II

R.E. Gibson dan K.Y. Lo (1961) dalam Rahayu (2012), merumuskan teori konsolidasi satu dimensi dengan menggunakan model reologi dua elemen, yaitu pegas Hooke yang dihubungkan dengan elemen Kelvin.



(Sumber: Lo 1961)

Gambar 2.6 Model reologi Gibson - Lo

Saat beban luar yang diberikan bekerja pada tanah, pegas (*spring*) Hooke memampat seketika tetapi pemampatan elemen Kelvin b λ tertahan oleh peredam (*dashpot*) Newton λ . Akibat rendahnya permeabilitas yang dimiliki tanah gambut, tegangan efektif $\sigma'(t)$ meningkat secara perlahan sejalan waktu dari nol sampai sama besar dengan tegangan yang diberikan. Dengan demikian, pemampatan pegas a juga terjadi dengan perlahan dan memampat secara penuh hanya jika tegangan efektifnya sama besar dengan tegangan yang diberikan.

Dengan bertambahnya tegangan efektif secara perlahan, elemen Kelvin mulai memampat. Pada mulanya, seluruh beban diterima oleh peredam Newton λ , kemudian ditransfer ke pegas Hooke b , dan memulai

pemampatan. Peristiwa pemindahan beban tersebut berhubungan dengan proses konsolidasi sekunder yang terjadi pada tegangan efektif konstan. Setelah waktu yang cukup lama, seluruh tegangan efektif diterima oleh a dan b, peredam λ tidak memikul beban lagi.

Peristiwa konsolidasi terdiri dari dua proses yang merupakan fungsi waktu, yaitu disipasi tekanan air pori dan rangkai (*creep*) dalam kerangka tanah pada tegangan efektif konstan. Hubungan tegangan efektif – regangan untuk model seperti ini (dengan mengasumsikan regangan nol, $\varepsilon = 0$, pada $t = t_0 = 0$) dapat dinyatakan dalam bentuk rumus Gibson-Lo sebagai berikut:

$$\varepsilon(t) = a \sigma'(t) + \lambda \int_0^t \sigma'(\tau) e^{-\left(\frac{\lambda}{b}\right)(t-\tau)} d\tau \quad (2-20)$$

dengan:

ε = regangan pemampatan

a = kemampuan pemampatan primer (kPa^{-1})

b = kemampuan pemampatan sekunder (kPa^{-1})

t = waktu setelah pemberian beban

Pada teori Gibson-Lo, disipasi tekanan air pori diasumsikan akan ditentukan oleh persamaan dasar konsolidasi satu dimensi:

$$\frac{de}{dt} = \frac{1+e}{\gamma_w} \frac{d}{dz} \left(k \frac{du}{dz} \right) \quad (2-21)$$

Substitusi $\frac{-de}{1+e} = d\varepsilon$ dengan mengambil $k = \text{konstan}$ dan $i_0 = 0$ pada

persamaan 2-21:

$$\frac{k}{\gamma_w} \frac{d^2 \sigma'}{dz^2} = \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2-22)$$

Dari kombinasi persamaan (2-20) dan (2-21), diperoleh persamaan konsolidasi satu dimensi yang dinyatakan dengan tegangan efektif σ' :

$$\frac{k}{\gamma_w} \frac{d^2 \sigma'}{dz^2} = a \frac{d\varepsilon}{dt} + \lambda \sigma' - \frac{\lambda^2}{b} \int_0^t \sigma' (z, \tau) e^{-\left(\frac{\lambda}{b}\right)(t-\tau)} d\tau \quad (2-23)$$

Kondisi batas dan awal adalah sebagai berikut:

$$- 0 < z < H ; \sigma' = 0 ; \text{ untuk } t = 0 \quad (2-24)$$

$$- 0 < t < \infty ; \sigma' = \sigma(t) \text{ untuk } z = 0 \quad (2-25)$$

$$- 0 < t \leq \infty ; d\sigma' / dz = 0 ; \text{ untuk } z = H \quad (2-26)$$

Yang mana H adalah ketebalan lapisan tanah dan tekanan $\sigma(t)$ merupakan fungsi waktu. Penurunan relatif lapisan tanah didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{H} \int_0^H e(z, t) dz \quad (2-27)$$

Persamaan tersebut diselesaikan dengan spesifikasi fungsi beban sebagai berikut:

$$\sigma(t) = 0 \text{ untuk } t < 0 \quad (2-28)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0 \text{ untuk } t \geq 0 \quad (2-29)$$

Penurunan dalam fungsi waktu mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$\varepsilon (t, a, b, \lambda, k) = \sigma_0(a + b) x$$

$$\left[1 + \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} \left(\frac{R+P_2}{P_1-P_2} e^{P_1 t} - \frac{R+P_2}{P_1-P_2} e^{P_2 t} \right) \right] \quad (2-30)$$

dengan:

$$P_{1,2} = 0,5[-(R + \alpha) \pm \sqrt{((R + \alpha)^2 - 4R\beta)}]$$

$$\alpha = \lambda \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

$$\beta = \lambda/b$$

$$R = \frac{(m^2 \pi^2 k)}{4H^2 a \gamma w}$$

a = kemampuan pemampatan primer (kPa₋₁)

b = kemampuan pemampatan sekunder (kPa₋₁)

k = koefisien permeabilitas (m/s)

1/λ = kekentalan (kPa_{-s})

Pemodelan seperti ini memerlukan empat parameter yaitu koefisien permeabilitas (k), kekentalan struktur tanah (1/λ), kemampuan primer (a), dan kemampuan sekunder (b). dua parameter pertama menentukan waktu rata-rata pemampatan sekunder (b). dua parameter pertama menentukan waktu rata-rata pemampatan primer dan sekunder, sedangkan dua parameter berikutnya digunakan untuk perhitungan penurunan akhir.

Gibson dan Lo merumuskan sebuah metode pendekatan untuk menentukan parameter tanah yang relevan dari data eksperimen berdasarkan asumsi bahwa untuk waktu jangka panjang penurunan total tanah (Gambar 2.6) sama dengan jumlah dari penurunan total pegas a dan penurunan gabungan elemen b-λ:

$$\varepsilon(t, a, b, \lambda, k) = \varepsilon_a(t) + \varepsilon_b(t) \quad (2-31)$$

dengan: $\varepsilon_a(t) = a\sigma_0 \quad t \rightarrow \infty$

Persamaan konsolidasi (2-5) menjadi (2-12)

$$\frac{k}{\gamma_w} \frac{d^2 \sigma'}{dz^2} = \lambda \sigma' - \frac{\lambda^2}{b} \int_0^t \sigma' (z, \tau) e^{-\left(\frac{\lambda}{b}\right)(t-\tau)} d\tau \quad (2-32)$$

Persamaan ini diselesaikan dengan memperhatikan kondisi (2-25) dan (2-29) sehingga fungsi pendekatan untuk penurunan menjadi:

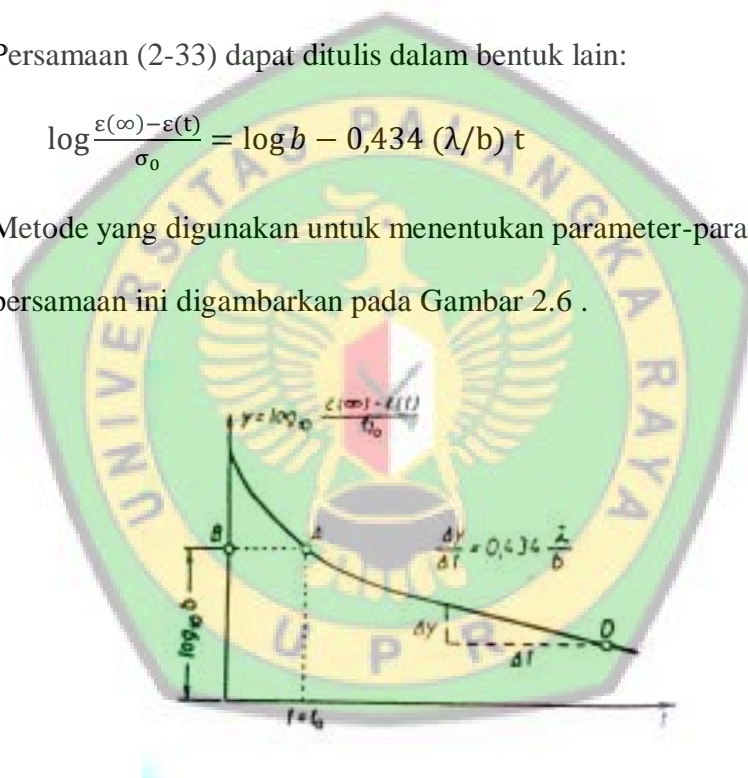
$$\varepsilon (t) = \sigma_0 [a + b(1 - e^{-(\lambda/b)t})] \quad (2-33)$$

Pada limit $t \rightarrow \infty$, $\varepsilon (\infty) = (a + b) \sigma_0$

Persamaan (2-33) dapat ditulis dalam bentuk lain:

$$\log \frac{\varepsilon(\infty) - \varepsilon(t)}{\sigma_0} = \log b - 0,434 (\lambda/b) t \quad (2-34)$$

Metode yang digunakan untuk menentukan parameter-parameter pada persamaan ini digambarkan pada Gambar 2.6 .



(Sumber: Lo 1961)

Gambar 2.7 Penentuan parameter-parameter konsolidasi Gibson dan Lo apabila regangan akhir diketahui

Penggambaran $\log \frac{\varepsilon(\infty) - \varepsilon(t)}{\sigma_0}$ dengan waktu (t) membentuk garis lurus BD.

Garis OB menunjukkan kemampuan pemampatan b :

$$\log b = OB \quad (2-35)$$

dan kemiringan garis BD menunjukkan kekentalan $1/\lambda$:

$$0,434(\lambda/b) = \text{tg } \alpha \quad (2-36)$$

Apabila regangan akhir belum diketahui, dapat diaplikasikan penggambaran

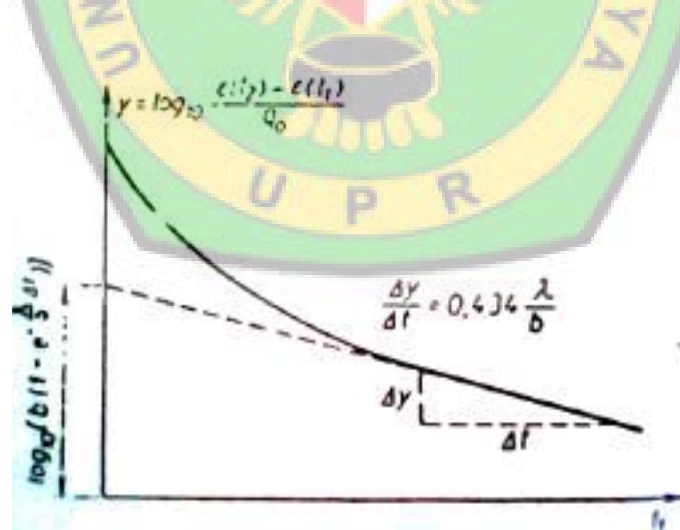
t_1 dan $t_2 = t_1 + \Delta t_0$ dengan mengambil $\Delta t_0 = t_2 - t_1$ konstan.

$$\log \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{\sigma_0} = \log [b(1 - e^{-(\lambda/b)\Delta t_0})] - 0,434 (\lambda/b)t_1 \quad (2-37)$$

Penggambaran $y = \log_{10} \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{\sigma_0}$ dengan t_1 menghasilkan kemiringan

$-0,434 (\lambda/b)$ dan koefisien pemampatan b dari pegas b dapat dihitung dari

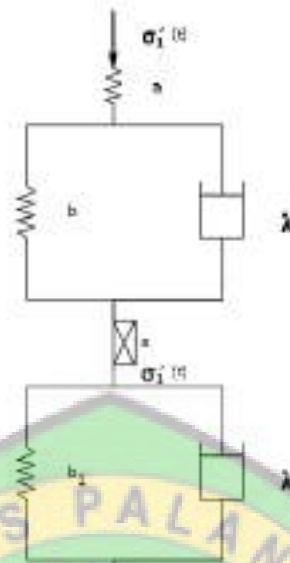
intercept $y_0 = \log [b(1 - e^{-(\lambda/b)\Delta t_0})]$



(Sumber: Lo 1961)

Gambar 2.8 Penyederhanaan Metode Gibson-Lo

2. Pemampatan sekunder dengan kurva tipe IIIa dan IIIb



(Sumber: Lo 1961)

Gambar 2.9 Model reologi (Lo, 1961)

Model reologi di atas sama dengan dua buah seri Gambar 2.6 yang disambungkan dengan elemen S. Di bawah nilai tegangan atau regangan kritis, elemen S kaku sehingga menahan tegangan $\sigma'(t)$ dari elemen $b-\lambda$ tanpa memindahkannya ke elemen $b_1-\lambda_1$.

Namun ketika nilai kritis tersebut terlampaui, elemen S akan kehilangan kekakuannya dan $\sigma'(t)$ menggerakkan elemen $b_1-\lambda_1$ untuk:

$$0 < t < t_k \quad \sigma_1'(t) = 0 \quad (2-38)$$

$$t \geq t_k \quad \sigma_1'(t) = \sigma_1'(t) \quad (2-39)$$

Setelah kerusakan (*breakdown*) struktur tanah terjadi ($t \geq t_k$), penurunan regangan untuk jangka panjang serupa dengan persamaan (2-30). Dengan koefisien kekentalan peredam λ_1 maka persamaan tersebut menjadi:

$$\sigma_1(t) = \sigma_0 \left[a + b(1 - e^{-(\lambda/b)t}) + b_1(1 - e^{-(\lambda_1/b_1)(t-t_k)}) \right] \quad (2-40)$$

Kerusakan struktur tanah pada waktu t_k ditandai dengan adanya perubahan tiba-tiba pada kurva konsolidasi.

$$(\infty) = (a+b+b_1) \sigma_0 \quad (2-41)$$

$$\log \left[\frac{\varepsilon(\infty) - \varepsilon(t)}{\sigma_0} - b e^{-(\lambda/b)t} \right] = \log b_1 - 0,434 (\lambda_1/b_1)(t - t_k) \quad (2-42)$$

Penggambaran sisi sebelah kiri persamaan di atas yaitu $y = \log (*)$ dengan $\log(t-t_k)$ akan menghasilkan:

intercept $y = \log b_1$

kemiringan $(-0,434 \frac{\lambda_1}{b_1})$

2.6.3 Grafik Angka Pori – Tekanan

Menurut Das (1995), Setelah mendapatkan data yang langsung diperoleh dari suatu uji konsolidasi disajikan dalam bentuk penurunan (pembacaan alat ukur) terhadap waktu. Berikut ini adalah tahapan dalam perhitungan untuk membuat grafik angka pori - tegangan:

1. Hitung tinggi butiran padat, H_s pada contoh tanah:

$$H_s = \frac{W_{\square}}{AG_{\square}Y_{\square}} \quad (2-43)$$

dengan:

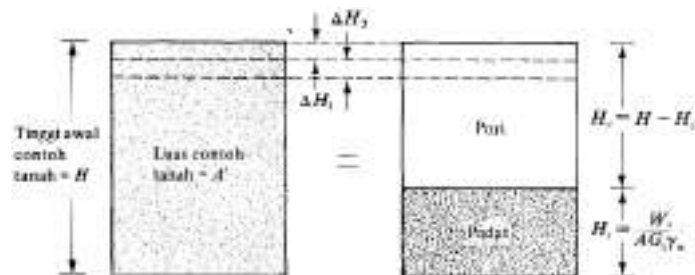
W_{\square} = Berat kering contoh tanah

A = Luas penampang contoh tanah

G_{\square} = Berat spesifik contoh tanah

Y_{\square} = Berat volume air

2. Hitung tinggi awal dari ruang pori H_v :



(Sumber: Das 1995)

Gambar 2.10 Perubahan tinggi contoh tanah pada uji konsolidasi satu dimensi

$$H_v = H - H_s \quad (2-44)$$

dengan: H = Tinggi awal contoh tanah

3. Hitung angka pori awal e_0 dari contoh tanah:

$$e_0 = \frac{V_v}{V_s} = \frac{H_v A}{H_s A} = \frac{H_v}{H_s} \quad (2-45)$$

4. Untuk penambahan beban pertama p_1 (beban total/luas penampang contoh tanah yang menyebabkan penurunan ΔH_1 , hitung perubahan angka pori Δe_1 :

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s} \quad (2-46)$$

ΔH_1 didapatkan dari pembacaan awal dan akhir pada skala ukur untuk beban sebesar p_1

5. Hitung angka pori yang baru e_1 , setelah konsolidasi yang disebabkan oleh penambahan tekanan p_1 :

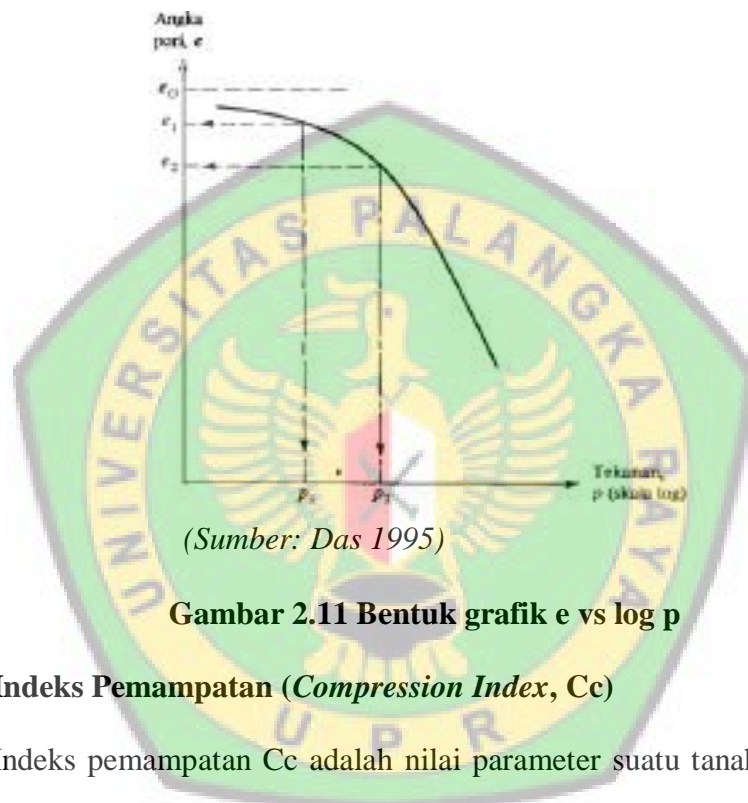
$$e_1 = e_0 - \Delta e_1 \quad (2-47)$$

Untuk beban berikutnya, yaitu p_2 yang menyebabkan penambahan pemampatan sebesar ΔH_2 , angka pori e_2 pada saat akhir konsolidasi dapat dihitung:

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta H_2}{H_0} \quad (2-48)$$

Dengan melakukan cara yang sama, angka pori pada saat akhir konsolidasi untuk semua penambahan beban dapat diperoleh.

Tekanan total (p) dan angka pori yang bersangkutan (e) pada akhir konsolidasi digambar pada grafik logaritma.



(Sumber: Das 1995)

Gambar 2.11 Bentuk grafik e vs $\log p$

2.6.4 Indeks Pemampatan (*Compression Index, Cc*)

Indeks pemampatan C_c adalah nilai parameter suatu tanah C_c dicari dari grafik e - $\log P$ berdasarkan hasil percobaan konsolidasi laboratorium. Diperoleh dari pengamatan penurunan setelah konsolidasi 11% pembacaan 24 jam. Bagi setiap tahap beban mula-mula s - P diubah menjadi e - P . (Santosa dkk, 1998)

Menurut Santosa (1998), rumus empiris untuk mencari tanah normal, dan hanya digunakan untuk memperkirakan penurunan pondasi secara kasar sebelum pengujian laboratorium.

a. Rumus Terzaghi

Digunakan apabila diketahui batas cair tanah:

$$C_c = 0,009 (WL-10) \quad (2-49)$$

WL = batas cair tanah dalam %

b. Rumus Nishida

$$C_c = 0,54 (e_o - 0,35) \quad (2-50)$$

e_o = angka pori tanah lapangan

$$C_c = 0,0054 (2,6 w - 35) \quad (2-51)$$

w = kadar air tanah lapangan (kenyang air) dalam %

Tabel 2.3 Nilai C_c untuk bermacam-macam tanah

Jenis Tanah	C_c
Pasir padat	0,0005 - 0,01
Pasir tidak padat	0,025 - 0,05
Lempung agak	0,03 - 0,06
Lempung kenyal	0,06 - 0,15
Lempung medium s/d lunak	0,15 - 1,0
Tanah organik	1,0 - 4,5
Batu/cadas	0

(Sumber: Santosa dkk. 1998)

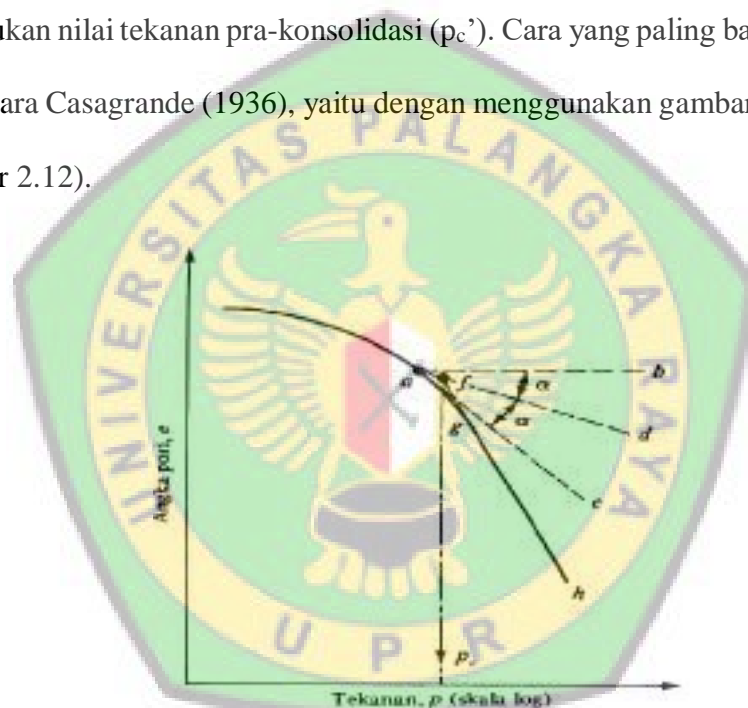
2.6.5 Indeks Pemuaian (*Swell Index*, C_s)

Indeks pemuaian adalah lebih kecil dari pada indeks pemampatan dan biasanya dapat ditentukan di laboratorium. Pada umum rumusnya:

$$C_s \approx \frac{1}{5} \text{ sampai } \frac{1}{10} C_c \quad (2-52)$$

2.6.6 Tekanan Pra-Konsolidasi (p_c')

Menurut Hardiyatmo (2007) mengatakan ada beberapa cara untuk menentukan nilai tekanan pra-konsolidasi (p_c'). Cara yang paling banyak digunakan adalah cara Casagrande (1936), yaitu dengan menggunakan gambar grafik e - $\log p'$. (Gambar 2.12).



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.12 Cara menentukan p_c' (Casagrande, 1936)

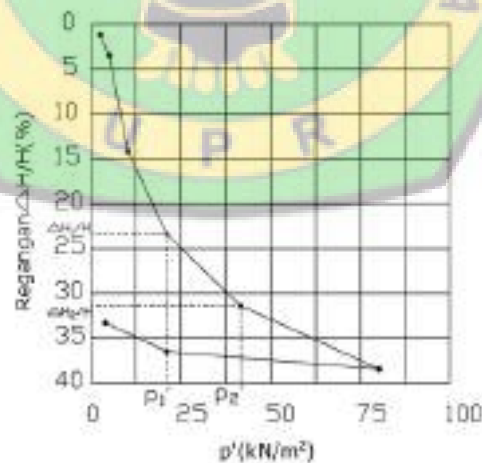
Prosedur untuk menentukan tekanan pra-konsolidasi (p_c') yang diusulkan oleh Casagrande (1936) dalam Hardiyatmo (2007), adalah sebagai berikut:

1. Pilihlah berdasar pandangan mata satu titik yang berjari-jari minimum (atau titik pada puncak kurva) pada kurva konsolidasi (titik A dalam Gambar 2.12)

2. Gambarkan garis horisontal melalui titik A (sejajar absis).
3. Gambarkan garis singgung pada kurva lewat titik A.
4. Bagi dua sudut yang dibuat oleh butir (2) dan (3).
5. Perpanjang bagian lurus dari kurva pemampatan asli sampai memotong garis bagi sudut butir (4). Titik potong dari dua garis ini adalah tekanan pra-konsolidasi (p_c'), yaitu titik B dari Gambar 2.12.

2.6.7 Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v)

Koefisien kompresibilitas volume didefinisikan sebagai perubahan volume persatuan kenaikan tegangan efektif. Satuan dari m_v adalah kebalikan dari tekanan (cm^2/kg , m^2/kN). Perubahan volume dapat dinyatakan dengan perubahan ketebalan atau angka pori. Jika terjadi kenaikan tegangan efektif dari p_1' ke p_2' maka angka pori akan berkurang dari e_1 dan ke e_2 (Gambar 2.13) dengan perubahan tebal ΔH . (Hardiyatmo, 2007).



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.13 Grafik regangan vs. tegangan efektif ($\Delta H/H$ vs. p')

2.6.8 Koefisien Konsolidasi (C_v)

Menurut Hardiyatmo (2007), kecepatan penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi C_v . Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada struktur diperkirakan besar. Bila penurunan sangat kecil, kecepatan penurunan tidak begitu penting diperhatikan, karena penurunan yang terjadi sejalan dengan waktunya tidak menghasilkan perbedaan yang berarti.

Derajat konsolidasi pada sembarang waktu dapat ditentukan dengan menggambarkan grafik penurunan vs. waktu untuk satu beban tertentu yang diterapkan pada alat konsolidasi. Caranya dengan mengukur penurunan total pada akhir konsolidasi. Kemudian, dari data penurunan dan waktu, sembarang waktu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata tertentu (misalnya $U = 50\%$) ditentukan. Tetapi, walaupun fase konsolidasi telah berakhir, yaitu tekanan air pori telah nol, benda uji di dalam alat konsolidasi masih terus mengalami penurunan akibat konsolidasi sekunder. (Hardiyatmo, 2007).

Ada beberapa metode untuk menentukan koefisien konsolidasi (C_v) yang diusulkan, yaitu: Metode Kecocokan Log-Waktu (Casagrande, 1940) dan Metode Akar Waktu (Taylor, 1948).

1. Metode Kecocokan Log-Waktu (*log-time fitting method*)

Prosedur untuk menentukan koefisien konsolidasi C_v diusulkan oleh Casagrande dan Fadum (1940) dalam Hardiyatmo, (2007). Cara ini sering disebut metode kecocokan log-waktu Casagrande.

Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Gambarkan grafik penurunan terhadap log-waktu, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13 untuk satu beban yang diterapkan.
- Kedudukan titik awal kurva ditentukan dengan pengertian bahwa kurva awal mendekati parabola. Tentukan dua titik yaitu pada saat t_1 (titik P) dan saat $4t_1$ (titik Q). Selisih ordinat (jarak vertikal) keduanya diukur, misalnya x . Kedudukan $R = R_0$ digambar dengan mengukur jarak x ke arah vertikal di atas titik P. Untuk pengontrolan, ulangi dengan pasangan titik yang lain.
- Titik $U = 100\%$, atau R_{100} , diperoleh dari titik potong dua bagian linier kurvanya, yaitu titik potong bagian garis lurus kurva konsolidasi primer dan sekunder.
- Titik $U = 50\%$ ditentukan dengan:

$$R_{50} = \frac{(R_0 + R_{100})}{2} \quad (2-53)$$

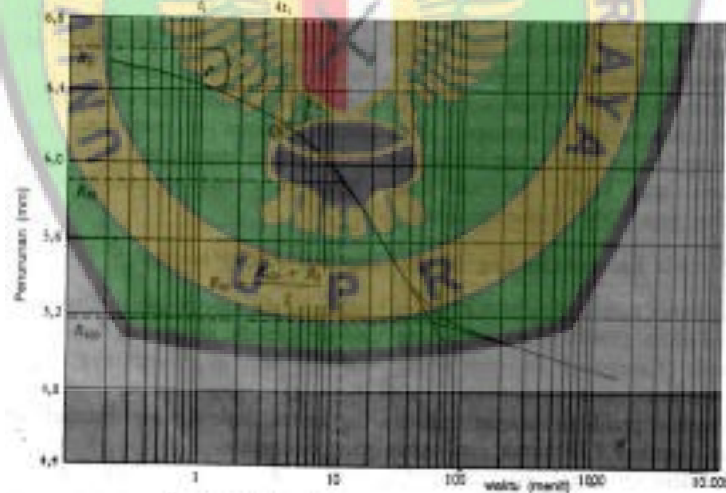
Dari sini diperoleh waktu t_{50} . Nilai T_v sehubungan dengan $U = 50\%$ adalah 0,197, sehingga koefisien konsolidasi C_v , dinyatakan dalam persamaan:

$$C_v = \frac{0,197 H^2}{t_{50}} \quad (2-54)$$

Pada uji konsolidasi dengan drainasi atas dan bawah, nilai H diambil setengah dari tebal rata-rata benda uji pada beban tertentu ($H_1 = \frac{1}{2} H$ dengan $H =$ tebal contoh tanah). Untuk drainasi hanya ke arah atas atau bawah (satu arah) saja, maka $H_1 = H$.

Jika temperatur rata-rata dari tanah asli di lapangan diketahui , dan ternyata terdapat perbedaan dengan temperatur rata-rata pada waktu pengujian, koreksi nilai C_v harus diberikan.

Terdapat beberapa hal di mana cara log-waktu Casagrande tidak dapat dipakai. Jika konsolidasi sekunder begitu besar saat beban bekerja, waktu di mana tekanan air pori nol, yaitu pada waktu fase konsolidasi primer selesai, mungkin tidak dapat terlihat dengan jelas dari patahnya grafik log-waktu. Tipe kurva akan sangat bergantung pada rasio penambahan LIR. Jika R_{100} tidak dapat didefinisikan dari grafik waktu vs. penurunan, salah satu pengukuran tekanan air pori atau cara lain untuk menginterpretasikan C_v harus diadakan. (Hardiyatmo, 2007).



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.14 Metode kecocokan log-waktu

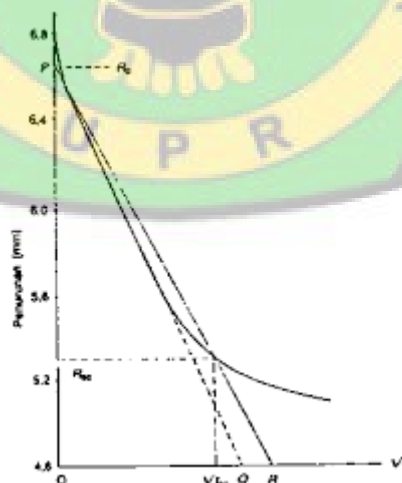
2. Metode Akar Waktu (Taylor, 1948)

Metode akar waktu Taylor (1948) dalam Hardiyatmo (2007), digunakan untuk menentukan C_v dengan cara menggambarkan hasil uji konsolidasi pada grafik hubungan akar waktu terhadap penurunan (Gambar

2.13). Kurva teoritis yang terbentuk, biasanya linier sampai dengan kira-kira 60 % konsolidasi. Karakteristik cara akar waktu ini, adalah dengan menentukan derajat konsolidasi $U = 90\%$, yang mana pada $U = 90\%$ tersebut absis OR akan sama dengan 1,15 kali absis OQ. Prosedur untuk memperoleh derajat konsolidasi $U = 90\%$ selengkapnya adalah sebagai berikut:

- Gambarkan grafik hubungan penurunan vs. akar waktu dari data hasil uji konsolidasi pada beban tertentu yang diterapkan
- Titik $U = 0\%$ diperoleh dengan memperpanjang garis dari bagian awal kurva yang lurus sehingga memotong ordinat di titik P dan memotong absis di titik Q.

Anggapan kurva awal berupa garis lurus adalah konsisten dengan anggapan bahwa kurva awal berbentuk parabola.



(Sumber: Hardiyatmo 2007)

Gambar 2.15 Metode logaritma waktu

- c. Garis lurus PR di gambar dengan absis OR sama dengan 1,15 kali absis OQ. Perpotongan dari PR dan kurva merupakan titik R_{90} pada absis. Dari sini diperoleh $\sqrt{t_{90}}$.
- d. T_v untuk derajat konsolidasi $U = 90\%$ adalah 0,848. Pada keadaan ini koefisien konsolidasi C_v dinyatakan oleh persamaan:

$$C_v = \frac{0,848 H_t^2}{t_{90}} \quad (2-55)$$

Jika akan menghitung batas konsolidasi primer ($U = 100\%$), titik R_{100} pada kurva dapat diperoleh dengan mempertimbangkan menurut perbandingan kedudukannya.

Seperti dalam penggambaran kurva log-waktu, gambar kurva akar waktu yang terjadi memanjang melampaui titik 100% ke dalam daerah konsolidasi sekunder.

Metode akar waktu membutuhkan pembacaan penurunan (kompresi) dalam periode waktu yang lebih pendek dibandingkan dengan metode log-waktu. Tetapi kedudukan garis lurus tidak selalu diperoleh dari penggambaran metode akar waktu. Dalam hal menemui kasus demikian, metode log-waktu sebaiknya digunakan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul	Metode	Hasil
1.	Aris Prabowo	(2018)	Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Dan Matos Terhadap Kuat Geser Dan Konsolidasi Tanah Gambut	Tanah Gambut + Kapur 10% Dengan Penambahan Matos 0%, 4%, 6%, 8%, Dan Dilakukan Pemeraman Dengan Umur Yaitu; 7, 14 Dan 30 Hari Kemudian Disimulasikan Dengan Pengujian Kuat Geser Langsung Dan Konsolidasi	Hasil pengujian konsolidasi pada tanah asli adalah nilai indeks kompresi Cc rata-rata sebesar 0,9686 dan nilai Pc rata-rata sebesar 1,5775 kg/cm ² . Dari pengujian sampel dengan 10% kapur dari berat tanah kering dan 4%, 6%, 8% matos dari berat kapur yang sudah dilakukan didapat hasil nilai indeks kompresi (Cc) minimal sebesar 0.51405 pada campuran dengan tambahan 10% kapur dan 6% matos, dan nilai Pc sebesar 2,4225.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Tahun	Judul	Metode	Hasil
2.	Semangat Marudut Tua Debataraja dan Ifanri Simbolon	(2019)	Analisa Daya Dukung Tanah Gambut Nagasaribu-Humbang Hasundutan Dengan Campuran Kapur Melalui Pengujian Kuat Geser Langsung Dan Kuat Tekan Bebas	Tanah Gambut Dengan Penambahan Kapur Yang Bervariasi Antara 5% ,10% Dan 15% Kemudian Diuji Batas-Batas Atterberg, Kuat Geser Tanah (Direct Shear) Dan Kuat Tekan Bebas.	Penambahan daya dukung setelah distabilisasi dengan kapur mengalami peningkatan dengan tanah yaitu asli 0,004 kg/cm ² , 5% Kapur = 0,006 kg/cm ² , 10% Kapur = 0,0075 kg/cm ² , 15% Kapur = 1 kg/cm ² . Persentase peningkatan daya dukung tanah dengan stabilisasi kapur terhadap tanah asli 5% Kapur mengalami peningkatan 60% dari tanah asli 10% Kapur mengalami peningkatan 87,5% dari tanah asli 15% Kapur mengalami peningkatan 150% dari tanah asli.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental skala laboratorium dengan menggunakan sampel tanah sebagai benda uji.

3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 lokasi yaitu lokasi pengambilan sampel tanah dan lokasi laboratorium penelitian.

3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Tanah yang akan digunakan sebagai sampel dari penelitian ini adalah tanah gambut yang berasal dari sekitar Jalan Sinar Kahayan Kelurahan Kereng Bangkirai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.



(Sumber: earth.google.com)

Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

3.2.2 Lokasi Laboratorium Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dengan cara mengambil sampel tanah dari lokasi penelitian. Sampel tanah yang diambil yaitu tanah tidak terganggu (*undisturbed*). Sampel tanah gambut yang diambil pada kedalaman 0,5 meter.

3.3.1 Sampel Tanah Tidak Terganggu (*undisturbed*)

Saat diambil dari tanah, sampel tanah tidak terganggu tidak boleh mengalami perubahan sifat mekanik dari tanah tersebut. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu menggunakan tabung berbentuk silinder yang diameternya sudah ditentukan dan setelah tabung terisi oleh tanah, sisi atas dan bawah mulut tabung tersebut diberikan cairan lilin dan tunggu sampai cairan lilin tersebut mengeras. Tujuannya agar sampel tanah gambut saat sampai di laboratorium tidak mengalami perubahan sifat mekanik.

3.4 Pengolahan Data di Laboratorium

Pengolahan data di laboratorium yaitu: pengujian fisik tanah gambut, pengujian mekanik tanah gambut, perencanaan campuran, uji konsolidasi campuran dan uji kuat geser langsung campuran.

3.4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

Pengujian sifat fisik tanah gambut meliputi:

a. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Pengujian kadar air bertujuan untuk memeriksa kadar air yang terkandung pada suatu sampel tanah. Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah, yang dinyatakan dalam persen. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-2216-71.

b. Pengujian Kadar Serat (*Fiber Content*)

Pengujian kadar serat bertujuan untuk memeriksa kadar serat yang terkandung pada suatu sampel tanah gambut. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-1997-91.

c. Pengujian Berat Isi (*Bulk Density*)

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat isi, angka pori dan derajat kejenuhan pada suatu sampel tanah. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-2216-71.

d. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No.4 dengan Piknometer.

Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan antar berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-854-92.

e. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran dan susunan butiran (gradasi) tanah yang tertahan di saringan nomor 200.

Pengujian ini mengacu pada ASTM D-421.

3.4.2 Pengujian Sifat Mekanik Tanah Gambut

Pengujian sifat mekanik tanah dapat dilakukan dengan cara pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear Test*) dan pengujian konsolidasi (*Consolidation Test*).

a. Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan besarnya parameter geser tanah dengan alat geser langsung pada kondisi. Parameter geser tanah yang didapat dari pengujian ini terdiri atas sudut gesek dalam tanah (ϕ) dan nilai kohesi (c). Pengujian ini mengacu pada ASTM D-3080.

b. Pengujian Konsolidasi (*Consolidation Test*)

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan sifat pemadatan suatu jenis tanah, yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam tanah yang diakibatkan adanya tekanan vertikal yang bekerja pada tanah tersebut. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-2435.

3.4.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran berdasarkan metode coba-coba yaitu sampel tanah gambut asli dicampur dengan bahan semen *portland* dan abu tempurung kelapa.

3.4.4 Rencana Campuran Untuk Uji Konsolidasi

Campuran yang direncanakan untuk uji konsolidasi adalah sampel tanah gambut asli dicampur dengan presentase penambahan semen *portland* sebesar 5% dan abu tempurung kelapa sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dari berat sampel tanah dengan masa pemeraman (*curing*) 3 hari.

3.4.5 Rencana Campuran Untuk Uji Kuat Geser Langsung

Campuran yang direncanakan untuk uji kuat geser langsung yaitu sampel tanah gambut asli dicampur dengan presentase penambahan semen *portland* sebesar 5% dan abu tempurung kelapa sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dari berat sampel tanah dengan masa pemeraman (*curing*) 3 hari.

3.5 Proses Pencampuran Sampel Tanah Gambut

Tanah gambut di cetak ke dalam ring, setelah itu dikeluarkan dari ring lalu ditimbang beratnya. Selanjutnya, abu tempurung kelapa dan semen portland ditimbang sesuai dengan berat yang didapat setelah dikali dengan variasi campuran terhadap berat tanah gambut. Kemudian tanah gambut dicampur dengan abu tempurung kelapa dan semen portland dengan cara melapisi bagian luar sampel tanah gambut. Selanjutnya tanah yang telah dicampur diperam selama 3 hari. Tujuan dari pemeraman ini agar campuran abu tempurung kelapa dan semen *portland* yang telah dilumuri/dilapisi meresap ke tanah gambut.

3.6 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini, yaitu:

3.6.1 Analisis Daya Dukung Tanah

Hasil dari pengujian kuat geser langsung akan mendapatkan kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Hasil uji kuat geser ini digunakan untuk menghitung daya dukung tanah.

3.6.2 Analisis Konsolidasi Satu Dimensi

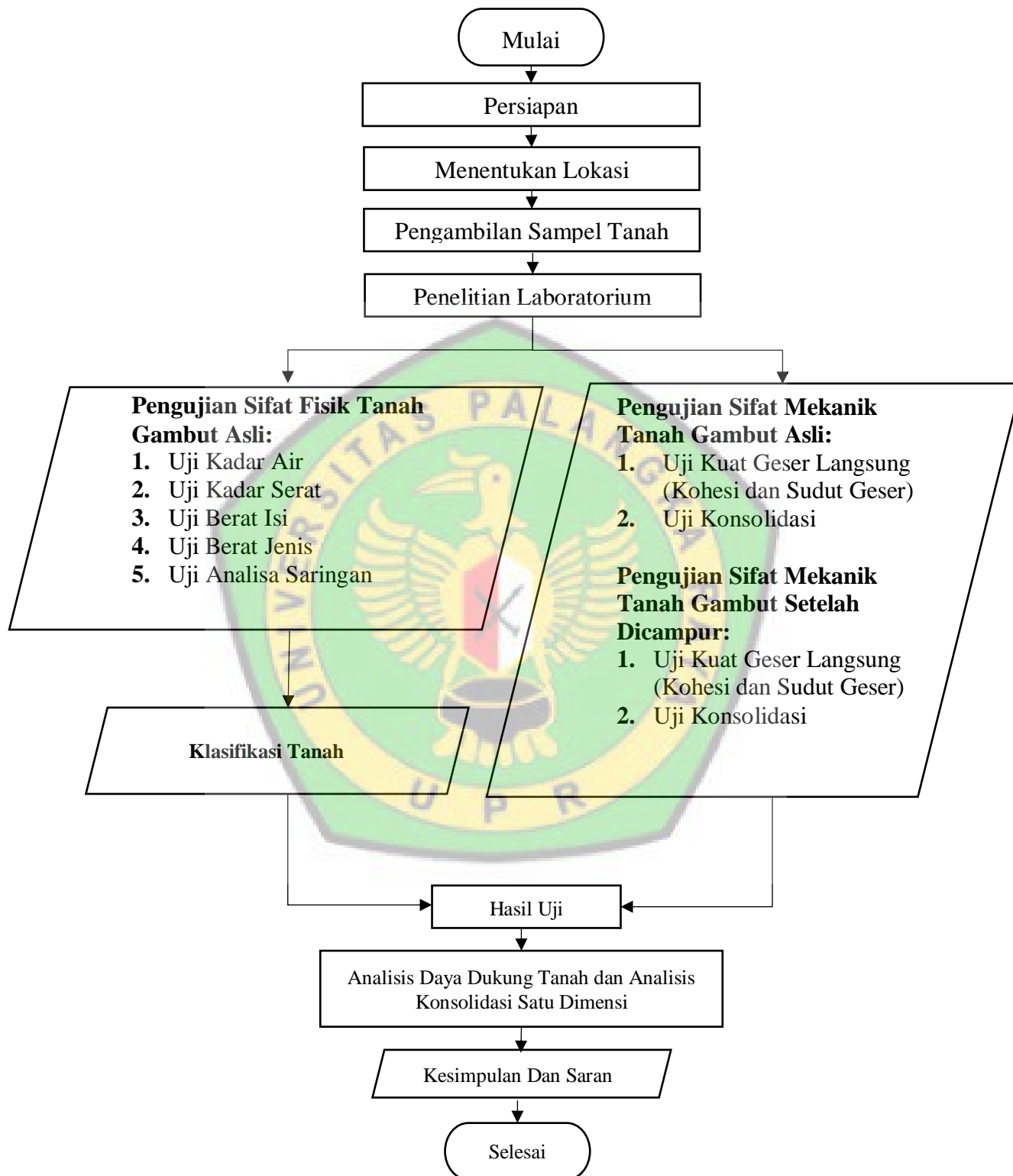
Hasil dari pengujian konsolidasi selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan nilai koefisien konsolidasi, hubungan angka pori dengan tegangan dan indeks pemampatan (C_c).

3.7 Bagan Alir Penelitian

Dalam bagan alir penelitian ini merupakan langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan. Skema penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut:



Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengujian sifat - sifat fisik tanah asli didapat, yaitu: nilai kadar air (w) = 271,48%, kadar serat = 75,48%, berat volume basah = 1,08 g/cm³, berat volume kering = 0,29 g/cm³, berat jenis (G_s) = 1,28 dan analisis saringan persentase lolos saringan no. 200 = 21,62%. Menurut *American Standard Testing and Materials* (ASTM) tanah ini termasuk klasifikasi tanah gambut fibrik (75,48%) dan tanah sedikit menyerap air (271,48%). Menurut Macfarlane dan Radforth tanah ini termasuk tanah gambut berserat (*fibrious peat*) (75,48%).
2. a). Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah dari uji kuat geser langsung sebelum stabilisasi, yaitu:
 - (1). Tanah gambut asli, $Q_{ult} = 1,0410 \text{ kg/cm}^2$.
- b). Berdasarkan dari hasil uji konsolidasi sebelum stabilisasi, yaitu:
 - (1). Tanah gambut asli, $S_c = 0,573 \text{ cm}$.

3. a). Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah dari uji kuat geser langsung sesudah stabilisasi dengan campuran semen dan abu tempurung kelapa, yaitu:

- (1). S. 5% + A.T.K. 0%, $q_{ult} = 1,1191 \text{ kg/cm}^2$ (Meningkat sebesar 7,50% dari tanah asli)
- (2). S. 5% + A.T.K. 5%, $q_{ult} = 1,3797 \text{ kg/cm}^2$ (Meningkat sebesar 32,53% dari tanah asli)
- (3). S. 5% + A.T.K. 10%, $q_{ult} = 1,5857 \text{ kg/cm}^2$ (Meningkat sebesar 52,32% dari tanah asli)
- (4). S. 5% + A.T.K. 15%, $q_{ult} = 1,7753 \text{ kg/cm}^2$ (Meningkat sebesar 70,53% dari tanah asli)

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa campuran semen dan abu tempurung kelapa dapat meningkatkan daya dukung tanah. Campuran dengan perubahan daya dukung tanah tertinggi yaitu campuran semen 5% dan abu tempurung kelapa 15% dengan persentase perubahan 70,538%.

b). Berdasarkan hasil uji konsolidasi sesudah stabilisasi dengan campuran semen dan abu tempurung kelapa, yaitu:

- (1). S. 5% + A.T.K. 0%, $S_c = 0,522 \text{ cm}$ (Menurun sebesar 8,821% dari tanah asli)
- (2). S. 5% + A.T.K. 5%, $S_c = 0,616 \text{ cm}$ (Meningkat sebesar 7,598% dari tanah asli)

(3). S. 5% + A.T.K. 10%, $S_c = 0,560$ cm (Menurun sebesar 2,271% dari tanah asli)

(4). S. 5% + A.T.K. 15%, $S_c = 0,523$ cm (Menurun sebesar 8,646% dari tanah asli)

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa campuran semen dan abu tempurung kelapa dapat mendegradasi penurunan. Campuran dengan perubahan penurunan konsolidasi (S_c) tertinggi yaitu campuran semen 5% dan abu tempurung kelapa 15% dengan persentase perubahan -8,821%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Perlu diidentifikasi lebih lanjut mengenai reaksi kimia yang terjadi antara semen *portland* dengan tanah gambut serta reaksi abu tempurung kelapa terhadap semen *portland* sehingga dapat diketahui spesifikasi yang lebih mendalam.
2. Saran penelitian selanjutnya, peneliti dapat menambahkan variasi campuran dengan tambahan lain dan masa pemeraman yang berbeda sehingga semakin banyak variasi yang ditambahkan akan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (1990). *Standards and Literature References for Composite Material Second Edition*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM International. (1998). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition (ASTM D 3080-98)* United State: ASTM International.
- ASTM International. (2002). *Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer (ASTM D 854)*. United State: ASTM International.
- ASTM International. (2007). *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants (ASTM D 421)*. United State : ASTM International.
- ASTM International. (2008). *Standard Test Method for Laboratory Determination of the Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass (ASTM D 1997)*. United State : ASTM International.
- ASTM International. (2010). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. (ASTM D 2116)*. United State : ASTM International.
- ASTM International. (2020). *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading (ASTM D 2435)*. United State : ASTM International.
- Berry, C, UPT dan Gunawan, D. (1999). *Filler Arang Tempurung Kelapa (ATK) dalam Campuran "Hot Rolled Sheet"*. Makalah Tugas Akhir. Teknik Sipil ITB.
- Bowles, J. E., 1989.. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Casagrande, A., (1936). The Determination of the Preconsolidation Load and Its Practical Significance. *1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Volume 3, pp. 60-64.
- Craig, R. F., (1989). *Mekanika Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga..
- Das, B. M., (1995). *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Debataraja, S. M. T. & Symbolon, I., (2019). Analisa Daya Dukung Tanah Gambut Nagasaribu – Hubungan Hasundutan Dengan Campuran Kapur Melalui Pengujian Kuat Geser Langsung dan Kuat Tekan Bebas. *Jurnal Darma Agung*, XXVII(1), pp. 884-893.
- Hardiyatmo, H. C., (2007). *Mekanika tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C., (2010). *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kalawa, N., Sarie, F. & Yani, M. I., (2021). Pengaruh Penambahan Semen Portland, Abu Sekam, dan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lempung sebagai Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Kacapuri*, IV(1), pp. 42-51.

- Macfarlane, I. C., & Radforth, N. W., (1965). "A Study of the Physical Behavior of Peat Derivatives. Under Compression", Proc. of the Tenth Muskeg Research Conference, National Research Council of Canada, Technical Memorandum No. 85, pp. 417 - 164. .
- Macfarlane, I. C., (1969). *Engineering Characteristics of Peat*. Ottawa: Muskeg Engineering Handbook.
- Prabowo, A., (2018). Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Dan Matos Terhadap Kuat Geser dan Konsolidasi Tanah Gambut. *Prosiding Sidang Program Studi Teknik Sipil (SPSTS) FTSP UII*, pp. 13-14.
- Rahayu, T., (2012). Analisis Pemampatan Sekunder Pada Tanah Gambut Jambi dengan Metode Gibson-Lo. *Jurnal Konstruksia*, Volume 4, pp. 53-69.
- Rusdiansyah, (2003). Pengaruh *Overconsolidation Ratio (OCR)* dan Kadar Organik (Oc) Terhadap Koefisien Tekanan Tanah Kesamping "at Rest" (Ko), Tanah Gambut Berserat Halus. *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 10, No. 2 pp. 51-58.
- Sandhyavitri, A. et al., (2018). *Uji Smouldering Gambut*. Pekanbaru:.
- Sanjaya, H. (2003). *Analisis Daya Dukung Tanah Gambut Ambarawa Distabilisasi dengan Belerang*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Santosa, B., Suprpto, H. & S., S. H., (1998). *Mekanika Tanah Lanjutan*. Jakarta: Gunadarma.
- SNI, (2004). *SNI 15-2049-2004 Semen portland*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Terzaghi, K. & Peck, R. B., (1987). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Vianus, R. Y., Yani, M. I. & Sarie, F., (2021). Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu dan Serbuk Batu Bata Berdasarkan Uji Konsolidasi dan Waktu Penurunan Tanah Lempung. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, IX(2), pp. 124-128.
- Wahyunto; Ritung, Sofyan; Suparto; Subagio, H., 2005. *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Bogor: Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada.
- Yulianto, F. E. & Mochtar, N. E., (2015). Penggunaan Metode Gibson & Lo Untuk Prediksi Pemampatan Tanah Gambut Berserat Yang Mengalami Penurunan Kadar Air. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, pp. 776-777.