

BIOGRAFI PENULIS



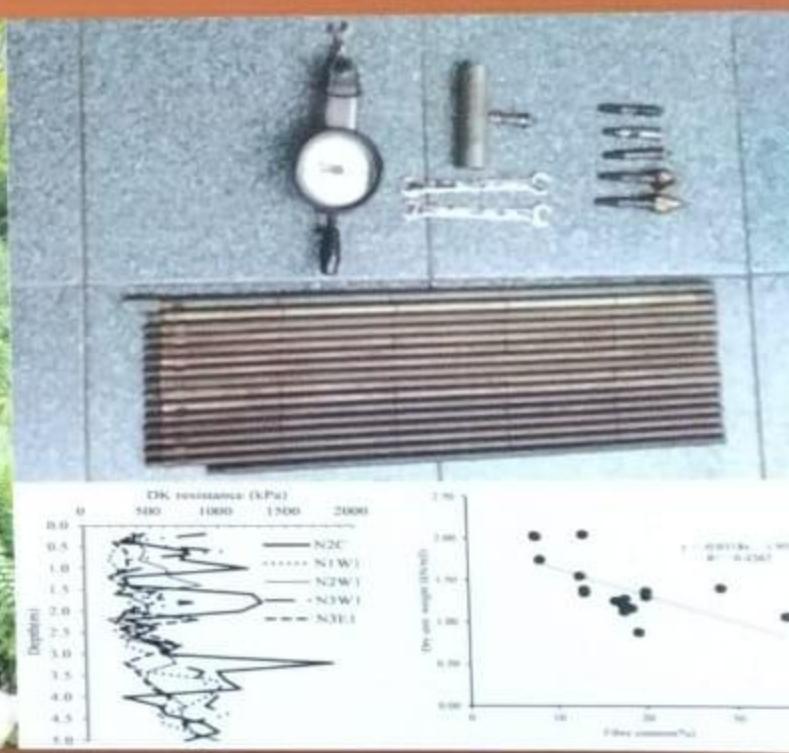
Dr. Muhamad Yusa, M.Sc lulus dari S1 Teknik Sipil Insititut Teknologi Bandung pada tahun 1998. Master of science dibidang Foudation Engineerin diperolehnya dari University of Birmingham, United Kingdom pada tahun 2000 sedangkan gelar Doctor of Philosophy (PhD) dibidang geoteknik didapatkan dari University of Canterbury, New Zealand di tahu 2015. Saat ini merupakan dosen Teknik sipil di Universitas Riau dengan email m.yusa@eng.unri.ac.id. Research interest meliputi penyelidikan tanah terutama karakterisasi gambut dan tanah lunak , rekayasa geoteknik gempa, likuifaksi, stabilitas lereng, analisi mikro tanah dan creep .

ISBN 978-623-255-058-2



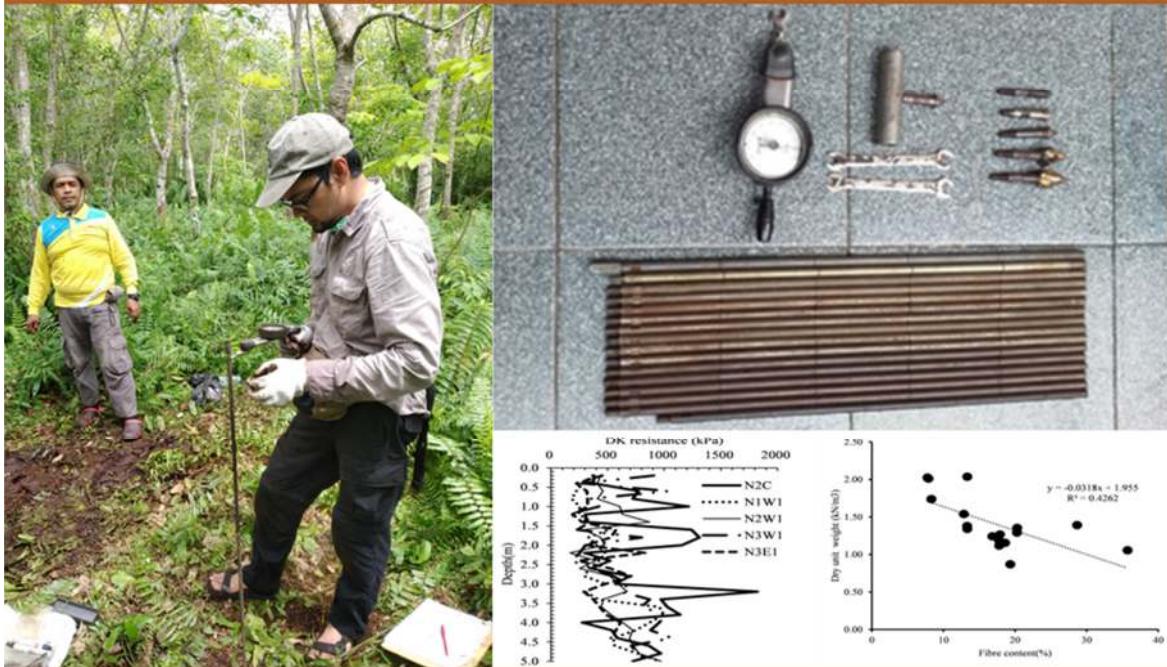
9 786232 550582

Karakterisasi Kuat Geser dan Kedalaman Gambut Tropis dengan Alat Portabel Soil Strength Probe (SSP)



Dr. Muhamad Yusa, M.Sc
Dr. Besri Nasrul, SP., M.Si
Dr. Ir. Ferry Fatnanta, MT
Dr. Manyuk Fauzi, MT
Dr. Koichi Yamamoto

Karakterisasi Kuat Geser dan Kedalaman Gambut Tropis dengan Alat Portabel Soil Strength Probe (SSP)



**Dr. Muhamad Yusa, M.Sc
Dr. Besri Nasrul, SP., M.Si
Dr. Ir. Ferry Fatnanta, MT
Dr. Manyuk Fauzi, MT
Dr. Koichi Yamamoto**

2020

Karakterisasi Kuat Geser dan Kedalaman Gambut Tropis dengan Alat Portabel Soil Strength Probe (SSP)

PENULIS

Dr. Muhamad Yusa, M.Sc
Dr. Besri Nasrul, SP., M.Si
Dr. Ir. Ferry Fatnanta, MT
Dr. Manyuk Fauzi, MT
Dr. Koichi Yamamoto

2020

RINGKASAN

Provinsi Riau merupakan daerah yang memiliki lahan gambut terluas di pulau Sumatera dengan luasan mencapai 3.867 ha atau 60,1% dari total keseluruhan luasan lahan gambut di Pulau Sumatera. Tingkat pertumbuhan penduduk Propinsi Riau yang lebih tinggi dari pertumbuhan nasional mengakibatkan kebutuhan akan lahan untuk pembangunan makin besar. Konstruksi diatas lahan gambut yang lunak menjadi hal yang tidak terhindarkan sehingga penyelidikan akan kuat gesernya menjadi hal yang sangat penting. Alat penyelidikan tanah lapangan yang umum digunakan seperti Standard Penetration Test (SPT) dan Cone Penetration Test (CPT) merupakan alat berat sehingga menyulitkan proses pelaksanaan diatas lahan gambut yang lunak. Hal ini mengakibatkan waktu yang lama dan biaya yang besar. Di sisi lain metode laboratorium juga terkendala dengan sulitya mendapatkan sampel gambut yang dalam kondisi tidak terganggu. Lebih jauh lagi, gambut merupakan material yang sangat heterogen sehingga jumlah sampel harus banyak, sehingga tidak praktis.

Penelitian ini akan mengembangkan metode untuk mendapatkan parameter kuat geser gambut dari alat portable, ringan yaitu soil strength probe yang dikembangkan oleh Public Work Research Institute (PWRI) Jepang. Alat ini mulai banyak digunakan di Jepang untuk penyelidikan tanah untuk analisis lereng, tanggul dll. Namun pegujian SSP pada tanah gambut masih sangat jarang dilakukan. Beberapa titik pengujian SSP akan dilakukan berdekatan dengan lokasi pengoboran dengan bor tangan gambut tipe Eijkelkamp. Sampel dari bor tangan diambil untuk menentukan sifat fisik gambutnya di laboratorium. Lokasi penelitian diambil di lahan gambut Pulau Bengkalis di daerah yang mengalami erosi dan daerah deposisi.

Untuk daerah dimana gambut mengalami erosi, tahanan penetrasi didaerah yang tererosi berkisar 150-1900kPa. Uji geser vane menunjukkan bahwa kohesi gambut tidak signifikan sementara sudut geser berkisar 14-47. Nilai tahanan listrik berkisar 42-120 ohm. Kadar air berada pada retang 275.46-1004.44% yang

mengindikasikan tingkat penyerapan air yang tinggi. Berat jenis berkisar 1.03-2.07 sedangkan berat isi kering berkisar 1.12-1.74kN/m³. Kadar serat umumnya berada dibawah 33% sehingga gambut dilokasi dapat dikategorikan sebagai sapric. Untuk di daerah deposisi tahanan penetrasi berkisar 90-1865kPa dengan sudut geser berkisar 17°-62°. Kadar air didaerah yang deposisi berkisar 62-723%. Dan berat isi kering daerah deposisi berkisar .5-6.2kN/m³. Kadar serat bervariasi dari fibric hingga sapric.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah.....	3
1.3 Target.....	3
BAB II SIFAT FISIK DAN MEKANIS GAMBUT	4
2.1 Definisi dan Klasifikasi Lahan Gambut.....	4
2.2 Sifat Fisik Lahan Gambut.....	6
2.3 Kuat Geser Lahan Gambut	6
2.4 Ketebalan Lahan Gambut	9
2.5 Soil Strength Probe.....	9
BAB III LOKASI, ALAT DAN METODOLOGI	14
3.1 Lokasi Penelitian	14
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	14
3.3 Peralatan.....	15
3.4 Metode Pengambilan Data	15
3.5 Bagan Alir Studi	16
BAB IV KARAKTERISASI GAMBUT DARI SSP	18
4.1 Lokasi Titik Pengujian Lapangan.....	18

4.2 Hasil Pengujian Boring	19
4.2.1 Daerah tererosi	19
4.2.2 Daerah terdeposisi	19
4.3 Hasil Pengujian SPP.....	20
4.3.1 Daerah tererosi	20
4.3.2 Daerah deposisi	22
4.4 Hasil Uji Resistivity	23
4.5 Hasil Uji Laboratorium	24
4.5.1 Daerah tererosi	24
4.5.2 Daerah deposisi	25
BAB V PENUTUP	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properti Fisik Lahan gambut di Indonesia	8
Tabel 2.2 Parameter kuat geser lahan gambut	10
Tabel 4.3 Parameter sudut geser dari uji geser vane daerah tererosi.....	21
Tabel 4.4 Parameter sudut geser dari uji geser vane daerah deposisi.....	22
Tabel 4.5 Nilai tahanan listrik dari uji geolistrik.....	24
Tabel 4.6 Nilai tahanan listrik dari uji geolistrik.....	25
Tabel 4.7 Hasil laboratorium daerah deposisi.....	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alat SSP	3
Gambar 3.2 Lokasi penelitian	14
Gambar 3.3 Metode pengambilan data	15
Gambar 3.4 Metode pengambilan data	17
Gambar 4.5 Titik Pengujian	18
Gambar 4.6 Gambut daerah tererosi	19
Gambar 4.7 Gambut daerah terdepositasi	19
Gambar 4.8 Tahanan penetrasi daerah tererosi.....	20
Gambar 4.9 Contoh hasil uji geser vane shear.....	21
Gambar 4.10 Tahanan penetrasi vs kedalaman utk daerah terdepositasi	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Riau merupakan salah satu daerah yang memiliki luasan tanah gambut terbesar di Indonesia. Provinsi Riau memiliki lahan gambut dengan luas sebesar 4,044 juta hektar yang merupakan 56,1% dari total luas gambut yang terdapat di Pulau Sumatera (Wahyunto dkk., 2005). Tingkat pertumbuhan penduduk Propinsi Riau yang lebih tinggi dari pertumbuhan nasional (Badan Pusat Statistik Riau, 2019) mengakibatkan kebutuhan akan lahan untuk pembangunan infrastruktur, perumahan, gedung dan lain lain makin besar. Konstruksi diatas lahan gambut yang lunak menjadi hal yang tidak terhindarkan sehingga penyelidikan akan kuat gesernya menjadi hal yang sangat penting.

Alat penyelidikan tanah lapangan yang umum digunakan di Indonesia adalah Standard Penetration Test (SPT) dan Cone Penetration Test (CPT). Kedua alat tersebut mempunyai bobot yang berat sehingga menyulitkan proses penyelidikan tanah diatas lahan gambut yang sangat lunak-lunak. Hal ini mengakibatkan waktu penyelidikan tanah yang lama, biaya yang besar dan produktivitas (jumlah titik pengujian per hari) yang kecil. Di sisi lain metode laboratorium juga terkendala dengan sulitya mendapatkan sampel gambut yang dalam kondisi tidak terganggu. Lebih jauh lagi, gambut merupakan material yang sangat

heterogen sehingga diperlukan jumlah sampel yang banyak, sehingga tidak praktis. Alat-alat penyelidikan tanah portabel seperti hand cone penetration, geolistrik, macintosh probe dan soil strength probe (SSP) sangat berpotensi untuk digunakan dilahan gambut. Yusa dkk (2019) menggunakan alat portabel yaitu geolistrik untuk memperkirakan ketebalan dan volume gambut dan untuk mengetahui karakteristik fisik gambut Pulau Bengkalis dan Meranti.

Buku ini akan mengembangkan metode untuk menentukan kuat geser dan ketebalan gambut dengan menggunakan alat soil strength probe. SSP (Gambar 1.1) merupakan alat penyelidikan tanah portable (kurang lebih 5kg) yang dikembangkan oleh PWRI Jepang. Kemampuan alat ini untuk mengukur gaya penetrasi dan torsi pada kedalaman tertentu merupakan kelebihan yang tidak terdapat pada alat portable lainnya. Alat ini telah digunakan di Jepang untuk penyelidikan tanah untuk keperluan stabilitas lereng dangkal, tanggul dll (Sasaki, 2010). Namun penggunaan SSP pada lahan gambut masih sangat jarang dilakukan. Sasaran dari penelitian ini adalah didapatkannya suatu metode yang bisa memperkirakan kuat geser dan kedalaman gambut secara lebih akurat, relatif cepat dan dengan biaya yang relatif terjangkau. Buku ini ditulis berdasarkan pengujian SSP yang dilakukan di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau.



Gambar 1.1 Alat SSP

1.2 Perumusan masalah

Buku ini dibuat dalam rangka menjawab pertanyaan-pertanyaan dibawah ini:

1. Bagaimana penggunaan SSP untuk penyelidikan tanah pada lahan gambut (kemudahan penggunaan, kekurangan, produktivitas dll)?
2. Bagaimana memperkirakan kuat geser gambut dari SSP?
3. Bagaimana mengidentifikasi kedalaman gambut dari SSP?

1.3 Target

Target utama dari buku ini bertujuan untuk mengembangkan suatu metode yang bisa digunakan untuk memperkirakan kuat geser dan kedalaman gambut tropis secara lebih akurat, cepat, dan dengan biaya yang relatif terjangkau.

BAB II

SIFAT FISIK DAN MEKANIS GAMBUT

2.1 Definisi dan Klasifikasi Lahan Gambut

Definisi lahan gambut berdasarkan ASTM D 4427 - 92 (2002) adalah tanah yang mempunyai kandungan organik yang tinggi atas dekomposisi material tumbuhan dan dibedakan dari material organik lainnya dari kandungan abunya, <25% abu dari berat keringnya. Lahan gambut merupakan campuran fragmen organik yang berasal dari vegetasi yang telah berubah menjadi fosil secara kimiawi. Lahan gambut termasuk dalam kategori tanah organik karena mempunyai kandungan organik yang cukup signifikan sehingga mempengaruhi sifat mekanisnya tanah. Standar tingginya organik untuk membedakan gambut dari tanah organik secara umum ternyata berbeda di setiap negara, rentang perbedaan tersebut sangat tinggi, yaitu antara 25% dan 75%. Tanah yang disebut *peat* di satu negara belum tentu memenuhi kriteria *peat* di negara lain (Handali & Royano, 2014).

ASTM D4427 – 92 tahun 2002 mengklasifikasikan lahan gambut berdasarkan kandungan serat, kandungan abu, tingkat keasaman dan tingkat penyerapannya. Menurut ASTM D 2607 (1969), lahan gambut dapat diklasifikasikan berdasarkan pada jenis tumbuhan pembentuk serat dan kandungan serat yang ada di dalamnya. Sedangkan ASTM D5715-00 mengklasifikasikan lahan gambut berdasarkan tingkat humifikasiannya. Klasifikasi lahan gambut berdasarkan kandungan seratnya, yaitu (ASTM D4427-92) :

- a. *Fibric*, yaitu lahan gambut dengan kadar serat > 67%,
- b. *Hemic*, yaitu lahan gambut dengan kadar serat antara 33% - 67%,
- c. *Sapric*, yaitu lahan gambut dengan kadar serat < 33%

Klasifikasi lahan gambut berdasarkan kandungan abunya, yaitu (ASTM D2974) :

- a. *Low ash*, yaitu lahan gambut dengan kadar abu < 5%,
- b. *Medium ash*, yaitu lahan gambut yang dengan kadar abu antara 5% - 15%, dan
- c. *High ash*, yaitu lahan gambut dengan kadar abu > 15%.

Klasifikasi lahan gambut berdasarkan tingkat keasamannya, yaitu (ASTM D2976) :

- a. *Highly acidic*, yaitu lahan gambut dengan pH < 4.5
- b. *Moderately acidic*, yaitu lahan gambut dengan pH antara 4.5-5.5,
- c. *Slightly acidic*, yaitu lahan gambut dengan pH antara 5.5-7, dan
- d. *Basic*, yaitu lahan gambut dengan pH ≥ 7 .

Klasifikasi lahan gambut berdasarkan tingkat penyerapannya, yaitu (ASTM D2980) :

- a. *Extremely absorbent*, yaitu lahan gambut yang dapat menampung air > 1500%,
- b. *Highly absorbent*, yaitu lahan gambut yang dapat menampung air 800% - 1500%,
- c. *Moderately absorbent*, yaitu lahan gambut yang dapat menampung air 300-800%, dan
- d. *Slightly absorbent*, yaitu lahan gambut yang dapat

menampung air < 300%.

2.2 Sifat Fisik Lahan Gambut

Lahan gambut diketahui sebagai tanah yang mempunyai karakteristik sangat berbeda, jika dibandingkan dengan tanah mineral. Perbedaan ini terlihat jelas pada sifat fisik. Secara fisik lahan gambut dikenal sebagai tanah yang memiliki kandungan bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, angka pori yang besar, dan adanya serat-serat. Salah satu sifat lahan gambut yang penting untuk diketahui adalah sifat mengering yang tidak dapat kembali (*irreversible drying*). Bila terjadi pengeringan yang berlebihan, sifat ini menunjukkan bahwa apabila lahan gambut menjadi terlalu kering maka tidak dapat lagi menjadi basah karena lahan gambut ini tidak mampu menyerap air kembali. Akibat dari sifat ini dapat mengurangi kemampuan retensi air dan sangat peka terhadap erosi (Trisurya, 2008).

Tabel 2.1 menunjukkan data lahan gambut yang diperoleh dari beberapa tempat di Indonesia. Data tersebut menunjukkan bahwa kadar organik (perbandingan berat antara zat padat organik dengan mineral tanah) ada yang mencapai angka 90% yang berarti jumlah zat padat organik hampir sama banyaknya dengan jumlah mineral tanah ditinjau dari segi beratnya. Tingginya persentase zat organik dalam lahan gambut menyebabkan besarnya volume pori, menyebabkan tingginya kadar air dan rendahnya *specific gravity* dan berat volume tanah.

2.3 Kuat Geser Lahan Gambut

Sifat mekanis yang sangat penting untuk lahan gambut adalah kemampuan mendukung beban yang rendah, pemampatan

yang tinggi, pemampatan primer yang singkat, adanya pemampatan akibat creep (pamampatan yang terjadi pada tekanan efektif yang konstan). Daya dukung gambut yang rendah terkait dengan kekuatan gesernya.

Kuat geser merupakan kontribusi dari gaya tarik antar partikel tanah yang sering disebut kohesi (c) dan gaya friksi (*friction force*) yang besarnya dipengaruhi oleh sudut geser dalam (ϕ). Secara sederhana kekuatan geser tanah menunjukkan hubungan linier antara tegangan normal (σ) dan sudut geser dalam (ϕ) yang dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Dimana :

τ = kuat geser tanah (kN/m^2)

c = kohesi tanah

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

Tabel 2.1 Properti Fisik Lahan gambut di Indonesia

Parameter	Sumatera			Kalimantan		Jawa
	Bolungkut (Waruwu, 2012)	Bagansiapiapi (Waruwu, 2012)	Bengkalis (Nugroho dkk, 2010)	Tapanuli selatan (Panjaitan, 2013)	Palangkaraya (Yulianto, 2017)	Rawa Pening (Prasetyo, 2014)
Batas Cair	-	-	126,31	-	-	-
Batas Plastis	-	-	89,75	-	-	-
Spesific Gravity	1,38	1,81	1,64	1,74	1,37	1,67
Berat Jenis Basah (kN/m ³)	14,26	11,30	11,46	12,84	9,72	9,60
Berat Jenis Kering (kN/m ³)	2,34	1.57	-	3,63	1,36	4,61
Kadar Air (%)	511,95	624,33	191,73	251,81	670	279,70
Kadar Abu (%)	1,46	5,46	53,33	52,73	2	28,38
Kadar Serat (%)	5,12	30,99	69,77	57,80	59,6	39,272
Kadar Organik (%)	20,62	94,54	-	47,27	98	71,62
Angka Pori	5,053	9,30	3,34	6,04	-	-
pH	-	-	-	-	3,5 – 5,5	-

Kuat geser material biasanya diperoleh dari hasil pengujian laboratorium seperti uji geser langsung dan uji triaksial. Tabel 2.1 menunjukkan nilai parameter kuat geser gambut oleh beberapa penelitian sebelumnya. Lahan gambut merupakan *frictional material/non cohesive material* (Hanrahan, 2014) sehingga kuat gesernya hanya mengandalkan kekuatan sudut geser dalam nya (ϕ).

2.4 Ketebalan Lahan Gambut

Secara konvensional ketebalan gambut umumnya ditentukan berdasarkan hasil pengeboran dengan system gridding. Namun pemboran membutuhkan waktu, biaya dan jumlah titik yang tidak sedikit. Selain itu penggunaan alat portable seperti geolistrik juga telah digunakan (Yusa dkk, 2019). SSP secara umum digunakan untuk menentukan kuat geser dan tahanan penetrasi. Kedalaman gambut juga bisa diperkirakan dari lempung yang biasanya lengket di sela sela vane cone. Selain itu melihat kemampuannya dapat mengukur tahanan penetrasi dan torsi, SSP juga mempunyai potensi digunakan dalam memperkirakan kedalaman gambut secara lebih cepat dibandingkan dengan bor gambut biasa. Modifikasi dari SSP untuk memperkirakan ketebalan gambut juga akan dilakukan.

2.5 Soil Strength Probe

SSP atau dalam Bahasa Jepang *Dosoukyoudokensabou* disingkat dengan dokenbo merupakan tongkat pemeriksa ketahanan tanah yang dikembangkan oleh *Public Works Research Institute* untuk secara cepat mengukur kedalaman dan kekuatan lapisan atas tanah lunak (lapisan tanah) hingga beberapa meter di

bawah tanah (Paten Jepang No. 3613591 Metode dan peralatan pengukuran kekuatan geser). Teknologi ini dikembangkan untuk tujuan menemukan tempat-tempat berbahaya seperti tanah longsor yang merupakan bencana yang dapat terjadi dimana saja di Jepang. Juga, dalam beberapa tahun terakhir, telah digunakan untuk berbagai keperluan seperti tanah pondasi tanggul sungai dan tanggul.

Tabel 2.2 Parameter kuat geser lahan gambut

Jenis Gambut	Kadar Serat	Kohesi	Sudut Friksi	Referensi
	(%)	C (kPa)	ϕ (°)	
<i>Hemic</i>	59.6	0.5	25-42	(Yulianto, 2017)
<i>All</i> ^{CU}		1-5		(Rahayu dkk 2015)
<i>Hemic</i> ¹	20-33	6-17	3-25	(Sutejoa, 2016)
<i>Fibric to amorphous</i> ^{CU}	19.5-38	1	27	(Susila, 2012)
<i>Sapric</i>		6-12	6-20	(Al-ani et al., 2013)
<i>Amorphous</i> ¹		3.4	29.6	(Dykes et al, 2008)
<i>Fibric</i>			31	(Hendry et al, 2012)
<i>Fibric</i> ^{1,2}		1.1-3	26-27	(Rowe et al, 1984)
<i>All</i>		0-18	19-25	(Hsi et al, 2005)
<i>Fibric to hemic</i> ^{**}		2-3	27-33	Landva (1980)
<i>Sapric</i> ^{CU}	12.98	11-12	23-30	(Azhar, 2017)
<i>Hemic</i> ¹	39,27		32,33	(Prasetyo, 2014)
<i>Hemic</i> ^{CU}			25-30	(Sanjaya, 2003)
<i>Hemic</i> ^{CU}	32,60		34,37	(Karisma A. , 2012)
<i>All</i>		2	25	(Yusa dkk 2019)

Keterangan:

1 = Berdasarkan uji *Direct Shear*

- 2 = Berdasarkan uji *Direct Simple shear*
 CU = Berdasarkan uji *Triaxial* (CU)
 All = Seluruh jenis tanah gambut (*fibril, hemic, sapric*)

SSP mengukur nilai penetrasi tanah dan torsi secara langsung di lapangan. Untuk mendapatkan nilai parameter kuat geser, alat ini menggunakan *vane cone shear test* yang ditancapkan pada kedalaman yang sudah ditentukan sebelumnya pada lapisan tanah, dan memutar bacaan torsi yang diukur dalam berbagai beban. Sedangkan nilai penetrasi tanah menggunakan *vane shear test* dengan *cone* yang lebih kecil dan memakai beban vertikal. Perbedaan antara *vane cone shear test* dan *vane shear test* adalah ada atau tidak adanya beban vertikal. *Vane shear test* dapat mengukur kuat geser tanah, tetapi tidak bisa menentukan sudut geser dalam dan kohesi tanah karena *vane shear test* tidak dapat memakai beban vertikal pada bidang geser. Disisi lain, *vane cone shear test* dapat memakai beban vertikal pada bidang geser dengan menyalurkan beban kearah tongkat/batang.

Kekuatan penetrasi (qdk) diperoleh dengan membagi gaya penetrasi statis saat menggunakan *cone* penetrasi dari metode yang sudah ditentukan dengan luas penampang *cone* yaitu $1,76 \times 10^4 \text{ m}^2$. Nilai kekuatan penetrasi maksimum sekitar 2800 kN/m^2 dengan peralatan standar (maksimum 500 N). Rumus kekuatan penetrasi (qdk) dapat diliat dibawah ini :

$$qdk = \frac{qdk/1000}{A} \quad (2)$$

$$Qdk = W + (m^0 + n \times m^1) \times g \quad (3)$$

Dimana :

- qdk = Kekuatan penetrasi
 qdk = Ujung *cone* penetrasi (N)

A	= Luas Penampang ujung <i>cone</i> ($1,76 \times 10^4 \text{ m}^2$)
W	= Bacaan beban vertikal (N)
m^0	= Berat total (kg) dari <i>cone</i> dan tongkat 450 mm
n	= Jumlah tongkat 500 mm
m^1	= Berat 1 tongkat 500 mm (kg)
g	= Akselerasi gravitasi standar $9,81 \text{ m/s}^2$

Rumus empiris berikut digunakan untuk mengetahui tegangan vertikal dan tegangan geser menggunakan alat SSP.

$$\sigma = 2,4 \times 10^2 \times Wvc \quad (4)$$

$$Wvc = W_N + (m^0 + n \times m^1) \times g \quad (5)$$

$$\tau = 1,5 \times 10^4 \times Tvc \quad (5)$$

$$Tvc = T_N - T_0 \quad (6)$$

Dimana :

Wvc	= Beban vertikal pada <i>vane cone</i> (N)
Tvc	= Torsi yang dipasang pada <i>vane cone</i> (N.m)
W_N	= Bacaan beban vertikal (N)
T_N	= Torsi rotasi maksimum dengan <i>vane cone</i> dan W_N (N.m)
T_0	= Torsi rotasi maksimum dengan <i>vane shear test</i> dan tidak ada beban (N.m)

Untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut gesek internal digunakan metode korelasi dimana sumbu horizontal sebagai tegangan vertikal dan sumbu vertikal sebagai tegangan geser, setiap kedalaman titik pengukuran tanah dibuat Y-intersep (sebagai nilai kohesi tanah) dan garis *slope* ($\tan\phi$ sebagai nilai sudut gesek internal ϕ) dari persamaan regresi. Perlu diingat

bahwa rumus empiris diatas didapat hasil kalibrasi dengan alat laboratorium seperti direct shear dan triaksial, untuk gambut rumus empiris diatas perlu diteliti lebih lanjut dengan penelitian penelitian terdahulu mengenai kuat geser gambut.

BAB III

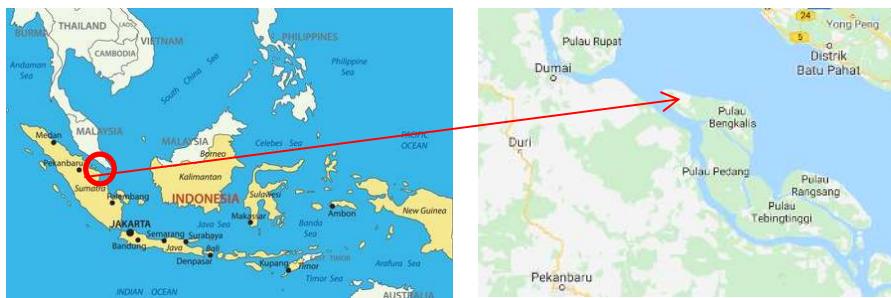
LOKASI, ALAT DAN METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam buku ini adalah di Pulau Bengkalis, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3. Hal yang menjadi pertimbangan pemilihan lokasi antara lain fakta bahwa Pulau Bengkalis merupakan Pulau Gambut. Pulau bengkalis memiliki luas kurang lebih 900 km², dimana 665 km² diantaranya merupakan daerah gambut dengan ketebalan lebih dari 1 meter (Supardi, dkk., 1993). Hal lain adalah beberapa penelitian terkait gambut yang Penulis telah lakukan di Pulau ini (Yusa, 2019, Gabor et al, 2019).

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang digunakan dalam buku ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan hasil pengujian SSP dilapangan, alat dokenbo, pemboran, dan pengujian propertis fisik di laboratorium, sedangkan data sekunder merupakan data pendukung yang didapat dari berbagai sumber yang relevan dengan penelitian ini.



Gambar 3.2 Lokasi penelitian

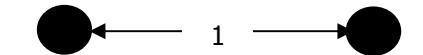
3.3 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam buku ini adalah sebagai berikut :

- a. Alat SSP,
- b. Bor gambut,
- c. Alat geolistrik,
- d. Oven pengatur suhu,
- e. Saringan No. 100,
- f. Cawan,
- g. Piknometer,
- h. Timbangan,
- i. Gelas ukur,
- j. Oven *furnace*,
- k. Perlengkapan pendukung lainnya.

3.4 Metode Pengambilan Data

Pengujian SSP akan dilakukan berdekatan dengan titik pengeboran (Gambar 3.4). Titik pengujian lapangan direncanakan 10 titik dibeberapa lokasi di Pulau Bengkalis. Sampel dari pengeboran bor gambut digunakan untuk pengujian sifat fisik dilaboratorium. Berat volume basah diukur langsung dilapangan dengan menggunakan metode ring yang diketahui volumanya. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan kehilangan kadar air dalam perjalanan.



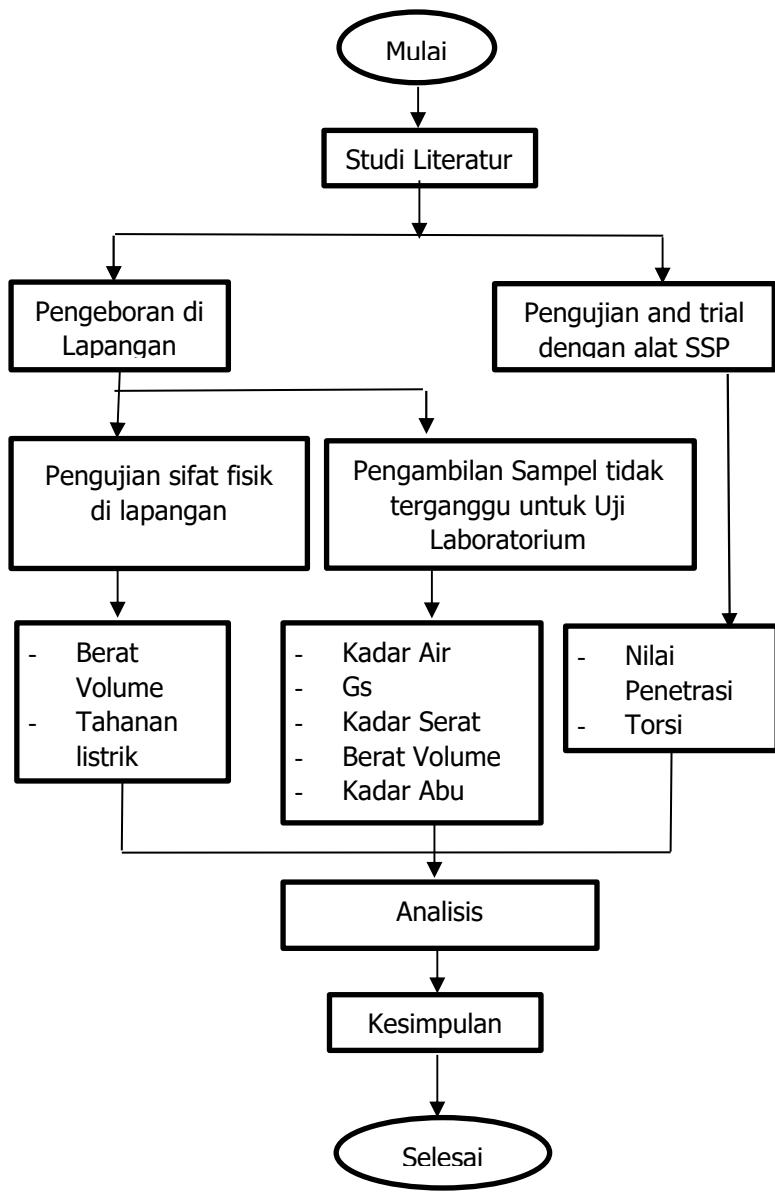
Titik Bor

Titik SSP

Gambar 3.3 Metode pengambilan data

3.5 Bagan Alir Studi

Tahapan-tahapan studi yang disajikan pada buku ini disajikan pada Gambar 3.5. Tahap pertama diawali dengan studi literatur. Tahapan selanjutnya adalah pengumpulan data berupa pengujian lapangan dan pengambilan sampel tidak terganggu pada daerah studi, yaitu di Pulau Bengkalis. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium untuk pengujian sifat fisik dan kuat geser laboratorium. Tahapan berikutnya adalah analisis data.



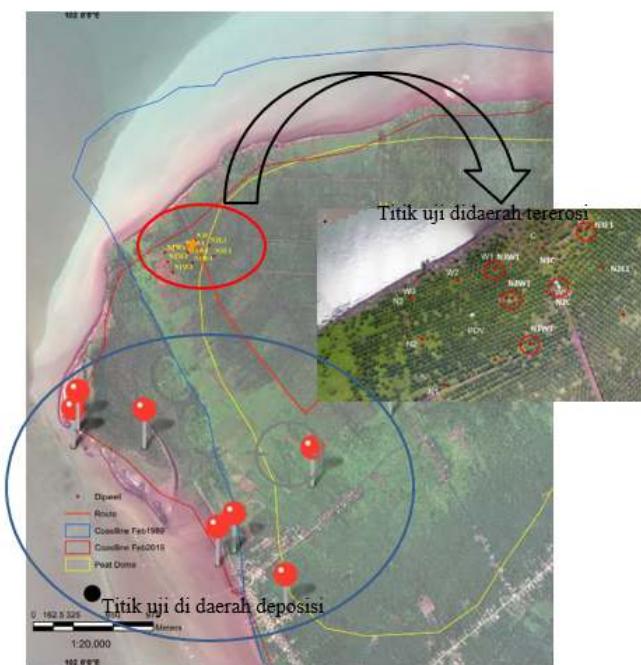
Gambar 3.4 Metode pengambilan data

BAB IV

KARAKTERISASI GAMBUT DARI SSP

4.1 Lokasi Titik Pengujian Lapangan

Gambar 4.6 menunjukkan titik titik pengujian yang telah dilakukan (Gambar 4.6). Secara umum lokasi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu daerah yang mengalami erosi dan daerah yang terdepositasi. Untuk pekerjaan lapangan total telah dilakukan tiga belas (13) titik pengujian SSP, bor gambut dan lima (5) titik geolistrik.



Gambar 4.5 Titik Pengujian

4.2 Hasil Pengujian Boring

4.2.1 Daerah tererosi

Secara umum kedalaman gambut dari kelima titik pengujian berkisar 5m diikuti dengan lempung abu abu dibawahnya. Pengamatan visual mengindikasikan gambut dengan tingkat dekomposisi tinggi atau sapric dengan kadar air yang sangat tinggi. Gambar 7 menunjukkan contoh sampel gambut dikedalama 4.5-5m.



Gambar 4.6 Gambut daerah tererosi

4.2.2 Daerah terdeposisi

Secara umum kedalaman gambut dari kelima titik pengujian berkisar 1-2m diikuti dengan lempung abu abu berselang seling gambut dibawahnya. Pengamatan visual mengindikasikan gambut dengan tingkat pelapukan rendah. Gambar 4.8 menunjukkan contoh sampel gambut dikedalaman 1.4-1.5m.

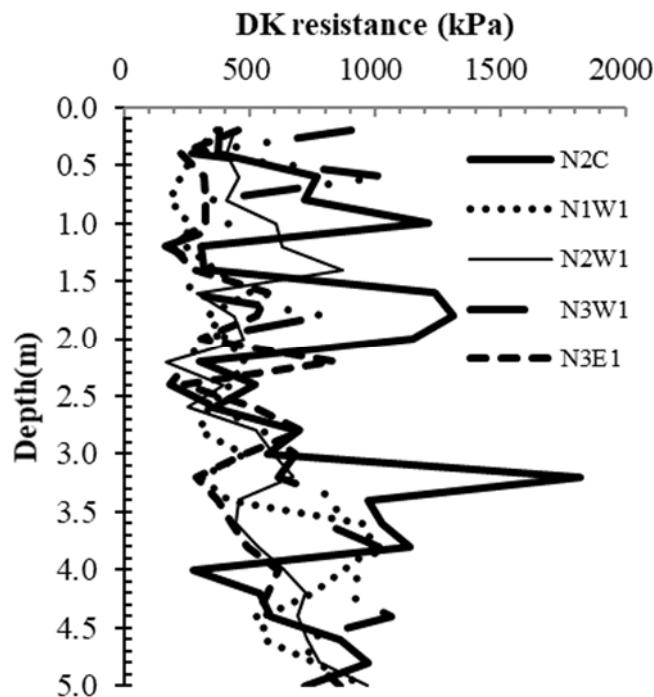


Gambar 4.7 Gambut daerah terdeposisi

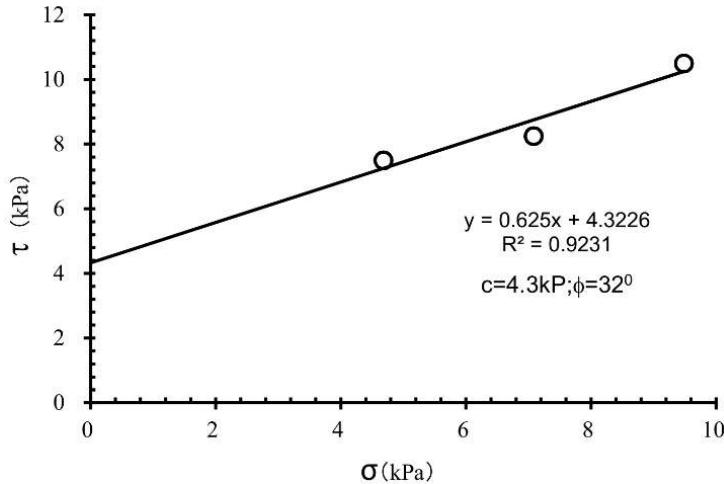
4.3 Hasil Pengujian SPP

4.3.1 Daerah tererosi

Gambar 4.9 menunjukkan tahanan penetrasi terhadap kedalaman dari SSP dari daerah tererosi. Secara umum tahanan penetrasi berada pada rentang 150-1900 kPa. Pengujian uji geser vane dilakukan pada beberapa kedalaman di tiap titik. Contoh hasil uji geser vane ditunjukkan oleh Gambar 4.10. Rekapitulasi parameter sudut geser diperlihatkan di Tabel 4.3. Secara umum nilai kohesi tidak signifikan. Nilai sudut geser berkisar 14-47 derajat. Hal ini mengindikasikan bahwa gambut cenderung merupakan material yang friksional.



Gambar 4.8 Tahanan penetrasi daerah tererosi



Gambar 4.9 Contoh hasil uji geser vane shear

Tabel 4.3 Parameter sudut geser dari uji geser vane daerah tererosi

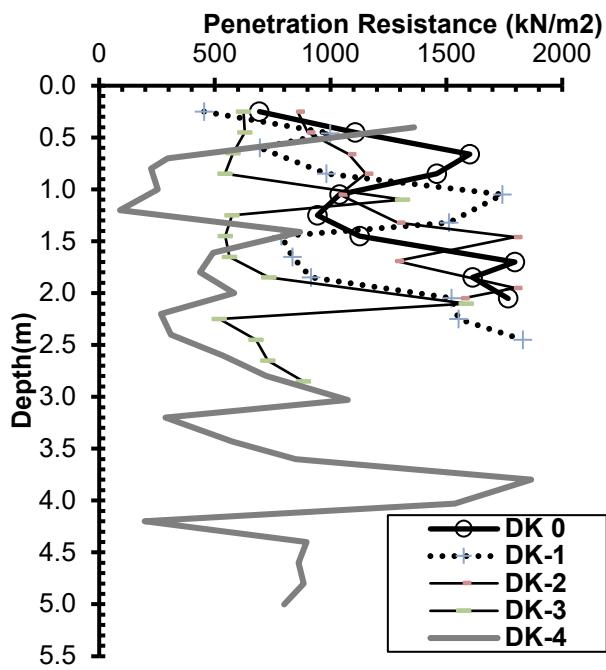
Titik	Kedalaman	c (kPa)	ϕ^0
N2C	1	4.32	32.01
	2	3.16	38.00
	3	2.96	47.56
N3E1	1	3.27	29.36
	2	1.19	37.20
N2W1	4	1.62	17.35
	2	4.95	14.04
	3	3.76	15.71
N3W1	5	5.42	14.04
	1	4.95	14.04
	2	3.76	15.71
N1W1	4	5.42	14.04

4.3.2 Daerah deposisi

Gambar 4.11 menunjukkan tahanan penetrasi terhadap kedalaman dari SSP dari daerah deposisi. Secara umum tahanan penetrasi berada pada rentang 90-1865kPa. Pengujian uji geser vane dilakukan pada beberapa kedalaman di tiap titik. Rekapitulasi parameter sudut geser diperlihatkan di Tabel 4.4. Secara umum nilai kohesi tidak signifikan. Nilai sudut geser berkisar 20-62 derajat.

Tabel 4.4 Parameter sudut geser dari uji geser vane daerah deposisi

Titik	Kedalaman	c (kPa)	ϕ^0
DKB-0	1	0.3	19.8
	2	-	39.1
	3	2.96	47.56
DKB-1	1	0.1	34
	2	7.1	32
DKB-2	1	0.1	45.6
	2	-	58.4
DKB-3	1	-	17.4
	2	-	51.3
	3	-	34
DKB-4	1	-	58.6
	2	-	62.7
	3	-	56.3



Gambar 4.10 Tahanan penetrasi vs kedalaman utk daerah terdeposisi

4.4 Hasil Uji Resistivity

Tabel 4.5 menunjukkan nilai tahanan listrik di beberapa kedalaman pada setiap lokasi titik pengujian di daerah tererosi (tidak ada uji resistivity di daerah terdeposisi). Nilai tahanan listrik berkisar 42-120 ohm. Rentang nilai tersebut bersesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya. Nilai yang relatif rendah ini mungkin terkait dengan tingginya kadar air gambut.

Tabel 4.5 Nilai tahanan listrik dari uji geolistrik

Titik	Kedalaman (m)	R (ohm.m)
N2C	1	85
	2	87
	3	120
N3E1	2	73
	2	74
	4	75
N3W1	2	92
	3	130
	5	42
N1W1	1	105
	2	76
	4	75

4.5 Hasil Uji Laboratorium

4.5.1 Daerah tererosi

Tabel 4.6 memperlihatkan sifat fisik gambut dari hasil pengujian labortorium untuk daerah yang tererosi. Kadar air berada pada retang 275.46-1004.44% yang mengindikasikan tingkat penyerapan air yang tinggi. Berat jenis berkisar 1.03-2.07 sedangkan berat isi kering berkisar 1.12-1.74kN/m³. Kadar serat umumnya berada dibawah 33% sehingga gambut dilokasi dapat dikategorikan sebagai sapric. Hal ini konsisten dengan pengamatan visual.

Tabel 4.6 Nilai tahanan listrik dari uji geolistrik

Point	Depth (m)	W (%)	G _s	γ _d (kN/m ³)	FC (%)	Note
	1	637.96	2.07	1.34	13.33	Sapric
N2C	2	581.,45	1.40	1.54	12.84	Sapric
	3	681.98	1.41	1.38	13.30	Sapric
N3E1	2	955.42	1.03	1.03	16.97	Sapric
N2W1	2	718.75	1.46	1.39	28.67	Sapric
	4	898.92	1.24	1.16	18,60	Sapric
	2	756.73	1.08	1.29	20.26	Sapric
N3W1	3	646.43	1.38	1.74	8.31	Sapric
	5	903.13	1,30	1.19	17.72	Sapric
	1	275.46	1.39	2.02	7.76	Sapric
N1W1	2	457.32	1.40	2.04	13.31	Sapric
	4	1004.44	2.02	1.12	17.77	Sapric

4.5.2 Daerah deposisi

Tabel 4.7 memperlihatkan sifat fisik gambut dari hasil pengujian labortorium untuk daerah yang deposisi. Kadar air berada pada rentang 62-723%. Berat isi kering berkisar 4.7-12.6 sedangkan berat isi kering berkisar 1.5-6.2kN/m³. Kadar serat berada pada rentang 3.6-90% sehingga gambut dilokasi dapat dikategorikan sebagai fabric-sapric.

Tabel 4.7 Hasil laboratorium daerah deposisi

ID	Kedalaman (cm)	Kadar Air (%)	Berat Volume Basah (kN/m ³)	Berat Volume Kering (kN/m ³)	Kadar serat (%)
DKB 0	0 - 20	173.203	4.768	1.745	
	40 - 60	186.835	9.473	3.303	
	100 - 150	124.848	10.478	4.660	
	180 - 196	111.739	9.792	4.625	
	40 - 60	175.938	9.092	3.295	
	140 - 160	125.356	10.092	4.478	
	80 - 100	141.062	13.370	5.546	
	120 - 141	62.348	8.402	5.175	
	0 - 20	451.804	8.495	1.540	40.740
	20 - 40	409.132	10.347	2.032	62.393
DKB 3	40 - 60	503.474	9.721	1.611	90.167
	60 - 80	551.479	10.073	1.546	87.560
	80 - 100	361.505	10.294	2.230	54.169
	100 - 120	111.608	13.145	6.212	
	120 - 125	125.105	12.399	5.508	
	0 - 20	480.146	13.087	2.256	37.510
	20 - 40	572.257	12.608	1.875	3.658
	40 - 60	535.128	11.363	1.789	6.350
	60 - 80	727.346	12.089	1.461	19.379
	80 - 100	428.536	11.856	2.243	8.636
DKB 4	100 - 120	567.617	11.934	1.787	
	120 - 140	622.431	11.277	1.561	
	140 - 160	736.313	11.722	1.402	
	160 - 170	527.816	12.400	1.975	
	170 - 180	602.613	12.465	1.774	

180 - 200	454.532	11.316	2.041
200 - 220	551.845	13.580	2.083
220 - 240	608.272	12.612	1.781
240 - 260	170.537	13.130	4.853
260 - 280	786.959	13.018	1.468
280 - 300	656.077	12.875	1.703
300 - 320	618.517	12.526	1.743
320 - 340	621.733	11.994	1.662
340 - 352	723.448	10.858	1.319

BAB V PENUTUP

Sepuluh buah titik pengujian SSP telah dilakukan bersama dengan pengeboran pengujian geolistrik dan kualitas air. Kedalaman gambut di daerah tererosi berkisar 5m sedangkan di daerah deposisi berkisar 1-2m. Hasil sementara tahanan penetrasi SSP di daerah yang tererosi berkisar 150-1900kPa sedangkan diaerah yang terdeposisi berkisar 90-1865kPa. Uji geser vane menunjukkan bahwa kohesi gambut tidak signifikan sementara sudut geser berkisar 14^0 - 47^0 . Nilai tahanan listrik diaerah yang tererosi berkisar 42-120 ohm. Kadar air berada pada retang 275.46-1004.44% yang mengindikasikan tingkat penyerapan air yang tinggi sedangkan diaerah yang terdeposisi berkisar 62-723%. Untuk daerah yang tererosi berat jenis berkisar 1.03-2.07. Berat isi kering daerah yang tererosi berkisar 1.12-1.74kN/m³ sedangkan daerah deposisi berkisar 5-6.2kN/m³. Kadar serat umumnya daerah tererosi berada dibawah 33% sehingga gambut dilokasi dapat dikategorikan sebagai sapric, sedangkan pada daerah deposisi bervariasi dari fibric hingga sapric.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-ani, Haider, Oh, Erwin, Chai, & Gary. (2013). Engineering Properties of Peat in Estuarine Environment, *Proc. 1st International Conference on Foundation and Soft Ground Engineering Challenges in Mekong Delta*, Vietnam: p. 181-191.
- ASTM. (1996). Standart Test Method for Laboratory Determination of The Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass. *ASTM D 1997 - 91*.
- ASTM. (2002). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. *ASTM D 854*.
- ASTM D 4427 - 92. (2002). Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing. 5-7.
- Azhar, A., Ismail, W. N. B., Ezree, A., & Nizam, Z. (2017). Effect of Different Peat Size and Pre-Consolidation Pressure of Reconstituted Peat on Effective Undrained Shear Strength Properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 226, conference 1*
- Badan Pusat Statistik (2019). Propinsi Riau dalam angka 2019.
- Dykes, A. P., Gunn, J., Convery, K. J., & Kirk, N. (2008). Geomorphology Landslides in blanket peat on Cuilcagh Mountain, northwest Ireland. *Geomorphology*, 102(3–4), 325–340.

Handali, S., & Royano, R. (2014). Karakteristik Geoteknik Tanah Gambut Di Tumbang Nusa, Kalimantan Barat. *Majalah Ilmiah UKRIM*, 12-24.

Hanrahan E.T., Dunne J.M., Sodha V.G., (1967) Review of peat strength, peat characterisation and constitutive modelling of peat with reference to landslides, *Proceeding. Geotechnica. Conference.*, Oslo, I p. 193–198.

Hendry, M. T., Sharma, J. S., Martin, C. D., & Barbour, S. L. (2012). Effect of fibre content and structure on anisotropic elastic stiffness and shear strength of peat, *Canadian Geotechnical Journal*, 415, 403–415.

Hsi, J., Gunasekara, C., & Nguyen, V. (2005). Characteristics of Soft Peats, Organic Soils and Clays, Colombo-Katunayake Expressway, Sri Lanka.

Karisma, A. (2012). Pengaruh Penggunaan Mikroorganisme Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kekuatan Tanah Gambut dengan Uji Tiaxial CU dan CBR.

Landva AO and La Rochelle P 1983 ASTM STP 820 p. 157–191.

Nugroho S, Nizam K and Yusa M 2010 *J. Media Teknik Sipil* **10** 22-27.

Panjaitan S R N 2013 *J. Saintek ITM* **2** 71–89.

Prasetyo, G. (2014). Pengaruh Penambahan Campuran Gypsum dan Garam Terhadap Tanah Gambut.

Rahayu, W., Lisdiyanti, P., & Pratama, R. E. (2015). Tanah Gambut Melalui Uji Triaksial Consolidated Undrained dan Unconsolidated Undrained. 201 - 208.

Rowe, R. K., & Maclean, M. D. (1984). Analysis of a geotextile-reinforced embankment constructed on peat, (1981).

- Sanjaya, H. (2003). Analisis Daya Dukung Tanah Gambut Ambarawa Distabilisasi dengan Belerang.
- Sasaki, H. (2010). Soilsurface distribution and its role in slope *failure* *Proceeding of the 2010 Geoscience Union Meeting of Japan HDS021-05*.
- Susila, E. (2012). Settlement of a Full Scale Trial Embankment on Peat in Kalimantan: Field Measurements and Finite Element Simulations, *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(3), 249–264.
- Sutejoa Y., Dewi, R., Hastuti, Y. and Rustam, R.K., (2016) Engineering properties of peat in organ, *Jurnal Teknologi* **3** 61–69.
- Supardi, A. D. Subekty, and S. G. Neuzil, "General geology and peat resources of the Siak Kanan and Bengkalis Island peat deposits, Sumatra, Indonesia," in Modern and Ancient Coal-Forming Environments, 1993, pp. 45–62.
- Trisurya, A. (2008). Perilaku Kuat Geser Tanah Gambut Dengan Triaxial.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, & Subagjo, H. (2005). *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan 2004*. Bogor: Wetlands International - Indonesia Programme.
- Waruwu A., Panjaitan, SRN and Masri M 2012 *J. Saintek ITM* **26** 1-10.
- Yulianto, F. E. (2017). Perilaku Tanah Gambut Berserat Permasalahan dan Solusinya. *Proc. Conf. Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur* **I** 77-86.
- Yusa, M., F, F., & Azhar, R. (2019). Limit Analysis of Helical Piles on Soft Soils.
- Yusa, M., Sandyavitri, A., & Sutikno, S. (2019). Appication of Electrical Resistivity Test to Estimate Carbon Strorage of Tropical Peat Deposit (Case Study of Bengkalis Island).

BIOGRAFI PENULIS



Dr. Muhamad Yusa, M.Sc lulus dari S1 Teknik Sipil Insititut Teknologi Bandung pada tahun 1998. Master of science dibidang Foudation Engineerin diperolehnya dari University of Birmingham, United Kingdom pada tahun 2000 sedangkan gelar Doctor of Philosophy (PhD) dibidang geoteknik didapatkan dari University of Canterbury, New Zealand di tahu 2015. Saat ini merupakan dosen Teknik sipil di Universitas Riau dengan email m.yusa@eng.unri.ac.id. Research interest meliputi penyedlidikan tanah terutama karakterisasi gambut dan tanah lunak , rekayasa geoteknik gempa, likuifaksi, stabilitas lereng, analisi mikro tanah dan creep .