

**ANALISIS KUAT TEKAN BEBAS TANAH GAMBUT
LINTONG NIHUTA HUMBANG HASUNDUTAN**

TUGAS AKHIR

*Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun Oleh :

PARADIUS PANJAITAN

192110007

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 7 Februari 2024 dan
dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



Sorita Ria Nurliana Panjaitan, ST., MT

Dosen Pembimbing II



Nurvita Insani Simaniantak, ST., M.Sc

Dosen Penguji I



Elha Oktaviano Zak, ST., M.Sc

Dosen Penguji II



Yetty Riris Saragih, ST., MT

Fakultas Teknik



Yetty Riris Saragih, ST., MT

Ketua Program Studi



Ijarna Lela Saragih, ST., MT

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah memegang peranan yang sangat penting, yaitu sebagai pondasi pendukung untuk berbagai proyek konstruksi, serta sebagai pondasi pendukung untuk pembangunan gedung, jalan (*subgrade*), tanggul dan bendungan. Salah satu jenis tanah yang sering dijumpai adalah tanah gambut.

Penelitian mengenai tanah gambut pada bidang Teknik Sipil khususnya geoteknik mempunyai tantangan tersendiri, karena tanah gambut mempunyai sifat fisik yang kurang menguntungkan dibandingkan jenis tanah lainnya. Sejalan dengan perkembangan pembangunan fisik yang berkaitan dengan Teknik Sipil baik berupa transmigrasi, jalan raya dan sebagainya. Pembangunan konstruksi pada lokasi tanah gambut mempunyai banyak kendala, karena penyelidikan dan penelitian memadai untuk mengetahui karakteristik serta perilaku tanah gambut belum cukup dilakukan.

Sangat jarang sekali ditemui bangunan yang dibangun di wilayah tanah gambut ini, karna akan sangat beresiko dalam kegagalan bangunannya apalagi tanpa melakukan penelitian terlebih dahulu. Dimana tanah gambut tergolong kadar airnya yang tinggi dan kadar organik yang tinggi sehingga mengakibatkan penurunan tanah saat bangunan mulai dibangun ataupun setelah bangunan siap dikerjakan.

Lahan gambut Indonesia tersebar di banyak wilayah, salah satunya terletak di Lintong Nihuta Humbang Hasundutan. Tanah gambut tergolong tanah yang buruk karena memiliki sifat yang sangat buruk dan berbahaya bagi bangunan yang dibangun di atasnya. Dilihat dari karakteristik tanahnya, karena daya dukung gambut yang rendah, kemungkinan besar dapat menyebabkan kegagalan konstruksi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

Tanah gambut yang berada di Lintong Nihuta Humbang Hasundutan ini sepenuhnya tidak dipergunakan menjadi lahan pertanian dan tempat berdiri suatu bangunan tempat tinggal atau pun fasilitas umum lainnya. Namun tanah gambut ini digunakan sebagai pupuk organik saja. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap tanah gambut dari lokasi yang akan mendapat data laboratorium mengenai sifat mekanis dan fisisnya untuk memahami lebih lanjut mengenai kelayakan tanah gambut tersebut.

Pada tanah gambut dapat dilakukan pengujian dalam segi sifat mekanis dan sifat fisisnya. Pengujian sifat mekanisnya salah satunya uji kuat tekan bebas yang metode pengujian ini juga dapat dilakukan untuk berbagai jenis tanah lainnya. Pengujian sifat fisisnya dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan klasifikasi dari tanah gambut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, beberapa rumusan masalah terkait penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui nilai sifat mekanis kuat tekan bebas tanah gambut Lintong Nihuta Humbang Hasundutan.
2. Mengetahui nilai sifat fisis tanah gambut Lintong Nihuta Humbang Hasudutan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui nilai sifat mekanis tanah gambut dengan pengujian kuat tekan bebas.
2. Untuk mencari nilai sifat fisis tanah gambut seperti kadar air, kadar abu, kadar serat, kadar organik, berat jenis, berat isi, angka pori dan ph tanah.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, sampel tanah diambil di lahan gambut yang berada di Lintong Nihuta Humbang Hasundutan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Lintong Nihuta Humbang Hasundutan
2. Tanah yang digunakan adalah tanah gambut kedalaman 50-150 meter
3. Penelitian berupa uji sifat mekanis dan sifat fisis yang dilakukan di laboratorium

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang nilai kuat tekan pada tanah gambut setelah diberi tekanan dan nilai sifat fisik tanah gambut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Gambut

Lahan gambut adalah lahan yang kaya bahan organik yang terbentuk dari sisa-sisa tanaman yang belum melapuk sempurna karena kondisi lingkungan yang jenuh air dan miskin hara. Sisa tanaman akan membentuk timbunan akan terus bertambah akibat proses dekomposisi yang terhambat oleh kondisi anaerob. Lahan gambut memiliki kandungan karbon minimal 12-18% dengan ketebalan minimal 50 cm. Secara taksonomi tanah ini disebut juga tanah Histosol atau Organosol (Hardjowigeno, dikutip dalam Sitanggang dkk, 2013)

Tanah gambut adalah salah satu jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah atau telah membusuk, yang disebabkan oleh kandungan bahan organik yang tinggi. Tanah gambut ini juga terbentuk di lahan-lahan yang tinggi kadar asamnya, atau dikenal dengan *Peat* atau juga dikenal dengan sebutan *bog*, *moor*, *muskeg*, *pocosin*, *mire* dan lain-lain. Salah satu ciri tanah gambut, yaitu warna umumnya coklat tua, dan air berwarna kecokelatan. Tanah jenis ini dapat dijumpai di daerah jenuh air seperti rawa, cekungan dan pantai (Helmisyah, 2019).

Tanah gambut adalah tanah-tanah jenuh air yang tersusun dari bahan tanah organik, yaitu sisa-sisa tanaman dan jaringan tanaman yang melapuk dengan ketebalan lebih dari 50 cm (Wahyunto dkk., dikutip dalam Muslim dkk, 2018).

Tanah gambut dikategorikan sebagai tanah jelek karena mempunyai karakteristik yang sangat merugikan konstruksi yang dibangun di atasnya, dari sifat fisiknya mempunyai kadar organik tinggi, kadar air tinggi, angka pori besar, mengandung serat sehingga mempunyai sifat plastis yang kecil sedangkan dari sifat teknis tanah gambut memiliki sifat pemampatan (kompresibilitas) tinggi dan daya dukung rendah akibatnya pemampatan pada tanah gambut sangat besar (Junaidi dkk, dikutip dalam Muslim dkk, 2018).

Jenis gambut berdasarkan lingkungan pengendapannya menurut Sukandarrumidi dalam kutipan Arisanty (2014), yaitu:

- a. Gambut ombrogenus, merupakan jenis gambut dengan lingkungan pengendapannya berasal dari air hujan, sehingga gambut ini terbentuk dalam lingkungan pengendapan yang tumbuhan pembentuknya tumbuh dari air hujan.

- b. Gambut topogenus, gambut yang kadar airnya berasal dari air permukaan, sehingga gambut ini diendapkan dari sisa tumbuhan yang tumbuh dari pengaruh air tanah. Gambut tipe topogenus merupakan gambut yang dimanfaatkan untuk pertanian karena kadar bahan organik lebih tinggi daripada gambut ombrogenus.

Pengelompokkan tanah tersebut didasarkan pada kandungan seratnya dimana gambut dengan kandungan serat 20 % atau lebih dikelompokkan kedalam gambut berserat (Fibrous Peat). Sedangkan gambut amorphous granular pada umumnya terdiri dari butiran berukuran colloid (2μ) serta sebagian besar air porinya terserap disekeliling permukaan butiran tanah (Mac Farlane dan Radforth, dikutip dalam Panjaitan, 2013)

2.2 Karakteristik Tanah Gambut

Menurut Huat dkk., dalam kutipan Muslim dkk (2018) menjabarkan beberapa karakteristik gambut sebagai berikut:

- a. Memiliki kadar air asli yang tinggi (bisa sampai 1500%)
- b. Memiliki kompresibilitas tinggi, termasuk pemampatan sekunder dan tersier
- c. Memiliki kuat geser rendah (biasanya $S_u = 5 - 20$ kPa)
- d. Memiliki angka pori besar
- e. Berpotensi mengalami pembusukan lebih lanjut sehingga dapat mengubah kondisi lingkungannya
- f. Memiliki permeabilitas yang besar dibandingkan dengan lempung

Tanah gambut jika semakin tinggi kandungan organiknya, maka semakin rendah daya dukung (*bearing capacity*) dan kekuatan gesernya (*shear strength*), serta semakin besar pemampatannya (*compressibility*) (Wardana dan Widiarta, dikutip dalam Muslim dkk, 2018).

2.3 Kuat Tekan

Pada material tanah, parameter yang perlu ditinjau adalah kekuatan geser tanahnya. Pengetahuan mengenai kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah. Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji tekan bebas. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20 %. Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilakukan pada sampel tanah asli maupun buatan (*remoulded*) (Hidayat dkk, 2018).

- a) Regangan aksial pada pembebanan, yang dibaca :

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta H}{H_0} \quad 2.1$$

Keterangan : ΔH = Perubahan tinggi benda uji

H_0 = Tinggi uji benda mula-mula

- b) Luas penampang benda uji dengan koreksi akibat pemendekan :

$$A = \frac{A_0}{1 - \left(\frac{\epsilon}{100}\right)} \quad 2.2$$

Keterangan : A_0 = Luas penampang beda uji mula-mula

c) Tekanan aksial yang bekerja pada benda uji pada setiap pembebanan :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan : P = Dial x kalibrasi

A = Luas penampang 2.3

d) Grafik hubungan antara S (absis) dengan σ (ordinat).

Benda uji yang tidak mengalami pecah dengan kuat tekanan bebas adalah tekanan pada regangan 15%. Nilai kuat tekan *unconfined* (qu) didapat dari pembacaan proving ring dial yang maksimum.

$$qu = \frac{K.R}{A} \quad 2.4$$

Keterangan : K = Kalibrasi proving ring (1,2 div/kg)

R = Pembacaan maksimum – pembacaan dial.

A = Luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R

Dari Tabel 2.1 kita dapat lihat kategori kategori tanah menurut nilai yang akan didapat setelah pengujian kuat tekannya apakah dia termasuk lunak atau keras.

Tabel 2. 1 Nilai Kuat Tekan *Unconfined*

Qu (Kg/cm ²)	Konsistensi
< 0,25	Sangat Lunak
0,25 - 0,50	Lunak
0,50 - 1,0	Sedang
1,0 – 2,0	Keras
2,0 – 4,0	Sangat Keras
< 4,0	Keras Sekali

(Sumber: Hary Christady Hardiyanto, 2018)

e) Kekuatan geser *undrained* (Cu) adalah setengah kuat tekan *unconfined*.

$$Cu = \frac{qu}{2}$$

2.5

Keterangan : Cu = Kekuatan geser

qu = Nilai kuat tekan

f) Hubungan antara tegangan dengan regangan

Dalam analisis tegangan-regangan, kurva tegangan-regangan menggambarkan hubungan antara tegangan (σ) yang diberikan pada suatu bahan dan regangan (ϵ) yang terjadi sebagai respons terhadap tegangan tersebut.

Persamaan untuk menghitung nilai c sebagai berikut

$$C = \frac{qu}{2} \quad 2.6$$

Dan rumus untuk menghitung modulus elastisitas efektif (E) adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad 2.7$$

Keterangan : $\Delta\sigma$ = Perubahan tegangan

$\Delta\epsilon$ = Perubahan regangan

2.4 Kadar air

Air tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman dan aspek-aspek kehidupan manusia lainnya. Hampir seluruh proses fisik, kimia dan biologi yang terjadi di dalam tanah dikendalikan oleh air. Air dalam tanah berperan sebagai pelarut dan agen pengikat antar partikel-partikel tanah, yang selanjutnya berpengaruh terhadap stabilitas struktur dan kekuatan tanah serta bahan geologik. Selain itu air juga berperan sebagai agen pengangkut zat terlarut dan suspensi yang terlibat dalam perkembangan tanah dan degradasi. Proses kimia dan fisika alami yang terjadi dalam tanah serta seluruh proses kehidupan tergantung pada air tanah. Produksi biologi dalam tanah, produksi hutan dan tanaman pertanian juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, yang pada gilirannya tergantung sifat-sifat tanah dan kandungan air di dalam tanah (Abdurrahman dkk., dikutip dalam Nuraida, 2021).

Sifat fisik dan mekanik tanah yang memengaruhi kapasitas dukung adalah kadar air tanah. Ukuran butiran tanah juga memengaruhi perubahan kadar air suatu jenis tanah. Penetapan kadar air tanah dapat dilakukan secara langsung melalui pengukuran perbedaan berat tanah (metode *gravimetrik*) dan secara tidak langsung melalui pengukuran sifat-sifat lain yang berhubungan erat dengan air tanah (Gardner, dikutip dalam Nuraida, 2021).

Tanah gambut mempunyai kapasitas mengikat atau memegang air yang relatif sangat tinggi atas dasar berat kering. Kapasitas mengikat air maksimum untuk gambut fibrik adalah 580-3000 %, untuk gambut hemik 450-850 % dan untuk gambut saprik < 450 %. Gambut akan berubah menjadi *hidrofob* (menolak air) kalau terlalu kering (Susandi dkk, 2015).

Kadar air tanah pada kedalaman 100-150 cm memiliki kadar yang lebih besar dibandingkan dengan kadar air tanah pada kedalaman 50-100 cm. Sedangkan kadar air tanah terendah adalah pada kedalaman 0-50 cm. Jadi kedalaman solum atau lapisan tanah menentukan volume simpan air tanah, semakin dalam suatu lapisan tanah maka kadar air tanah semakin tinggi. Ini disebabkan semakin dalam lapisan tanah maka kematangan gambut semakin rendah, sehingga tanah mampu memegang air lebih banyak (Susandi dkk, 2015).

Kemampuan tanah gambut untuk menyerap dan mengikat air pada gambut *fibrik* lebih besar dari gambut *hemik* dan *saprik*, sedangkan gambut hemik lebih besar dari saprik (Suwondo dkk, dikutip dalam Susandi, 2015).

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air natural dari sampel tanah. Metode yang digunakan untuk pengujian menggunakan standar pengujian SNI 1965: 2008. Nilai kadar air dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad 2.8$$

Keterangan : w = Kadar air (%)
 W_w = Berat air (gram)
 W_s = Berat tanah kering (gram)

2.5 Kadar Abu

Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan. Bahan pangan terdiri dari 96% bahan anorganik dan air, sedangkan sisanya merupakan unsur – unsur mineral. Unsur juga dikenal sebagai zat organik atau kadar abu. Kadar abu tersebut dapat menunjukkan total mineral dalam suatu bahan pangan. Bahan – bahan organik dalam proses pembakaran akan terbakar tetapi komponen anorganiknya tidak, karena itulah disebut sebagai kadar abu (Zahro, 2013).

Berdasarkan ASTM D4427–92, kutipan dalam Afianda, 2022 serat adalah material penyusun tanah gambut yang merupakan senyawa C, dapat berupa dalam bentuk *lignin* atau *selulosa*. Jenis tanah gambut diklasifikasikan berdasarkan kandungan abu antara lain :

1. *Low ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu < 5%,
2. *Medium ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu antara 5% dan 15%,
3. *High ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu > 15%

Untuk menghitung kadar abu dengan persamaan:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad 2.9$$

Keterangan : A = berat cawan + tutup + abu (gram)
 B = berat cawan + tutup
 C = berat sampel (gram)

2.6 Kadar Serat

Berdasarkan ASTM D4427–92 (2002) kandungan serat pada tanah gambut dapat diklasifikasikan antara lain :

1. *Fibric*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat > 67%,
2. *Hemic*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat antara 33% dan 67%,
3. *Sapric*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat < 33%.

Untuk menghitung kadar serat dengan persamaan:

$$\text{Serat (\%)} = \frac{\text{Berat total tanah}}{\text{Berat serat}} \times 100\% \quad 2.10$$

2.7 Kadar Organik

Seberapa rendah kandungan bahan organik tanah belum pernah dilakukan penelitian. Sumber bahan organik tanah bukan saja pupuk organik, tetapi vegetasi dan rumput yang ada pada lahan tersebut. Selain vegetasi dan rumput, selanjutnya adalah suasana *aerob* dan *anaerob* juga berpengaruh terhadap pelapukan/mineralisasi bahan organik. Suasana *aerob* dan *anaerob* ini erat hubungannya dengan type penggunaan lahan yaitu persawahan dan tegalan. Pelapukan bahan organik lebih mudah terjadi di tegalan karena umumnya tegalan suasananya *aerob*, aerasinya lebih baik dibandingkan dengan tanah sawah.. Suasana tergenang (*anaerob*) pada tanah sawah dapat menghambat pelapukan dan mineralisasi bahan organik. Selain suasana *aerob* dan *anaerob*, kadar liat tanah juga sangat berpengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah. Tanah-tanah dengan kadar liat tinggi umumnya kadar bahan organiknya lebih tinggi dibandingkan dengan tanahtanah yang kandungan liatnya rendah. (Foth, kutipan dalam Tangketasik dkk, 2012).

Berikut klasifikasi tanah gambut berdasarkan kadar organiknya:

Tabel 2. 2 Kriteria nilai kandungan C-Organik Tanah

No	Nilai C-Organik (%)	Kategori
1	< 1	Sangat Rendah
2	1 – 2	Rendah
3	2 - 3	Sedang

4	3 – 4	Tinggi
5	> 5	Sangat Tinggi

(Sumber: Nurmaribi, 2021)

2.8 Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat tanah kering dengan suatu volume tanah termasuk volume pori-pori tanah, umumnya dinyatakan dalam gram/cm³. Besaran ini menyatakan bobot tanah, yaitu padatan air persatuan isi. Yang paling sering di pakai adalah bobot isi kering yang umumnya disebut bobot isi saja. Nilai bobot isi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pengolahan tanah, bahan organik, pemadatan alat-alat pertanian, tekstur, struktur, dan kandungan air tanah. Nilai ini banyak dipergunakan dalam perhitungan-perhitungan seperti dalam penentuan kebutuhan air irigasi pemupukan dan, pengolahan tanah (Foth, dikutip dalam Mawardi, 2021).

Berat Isi atau kerapatan lindak atau bobot isi atau bobot volume menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah dan termasuk volume pori-pori tanah diantaranya. Berat Isi merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi Berat Isi, berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar. Pada umumnya Berat Isi berkisar dari 1,1-1,6g/cm³. Beberapa jenis tanah mempunyai Berat Isi kurang dari 0,90 g/cm³ (misalnya tanah Andisol), bahkan ada yang kurang dari 0,10 g/cm³ (misalnya tanah gambut). Berat Isi penting untuk menghitung kebutuhan pupuk atau air untuk tiap-tiap hektar tanah, yang didasarkan pada berat tanah per hektar (Hardjowigeno, dikutip dalam Kurniawan, 2018).

Tabel 2. 3 Klasifikasi Tanah dan Derajat Kejenuhan

No	Klasifikasi Tanah	Derajat Kejenuhan
1	Tanah Kering	0
2	Tanah agak lembab	0,00 – 0,25
3	Tanah lembab	0,26 – 0,50
4	Tanah sangat lembab	0,51 – 0,75
5	Tanah basah	0,76 – 0,99
6	Tanah jenuh	1

(Sumber: Darwis, 2018)

Dalam hal ini dimana didapat benda uji yang asli (*undisturbed sample*) yang mempertahankan berat isi dan kadar air yang sesuai dengan keadaan aslinya. Untuk mendapatkan berat isi tanah menggunakan persamaan berikut (Gijayanto, 2021)

$$\gamma = \frac{W_s}{V_t} \quad 2.11$$

Keterangan : γ = Berat isi
 W_s = Berat butiran tanah

V_t = Volume total tanah

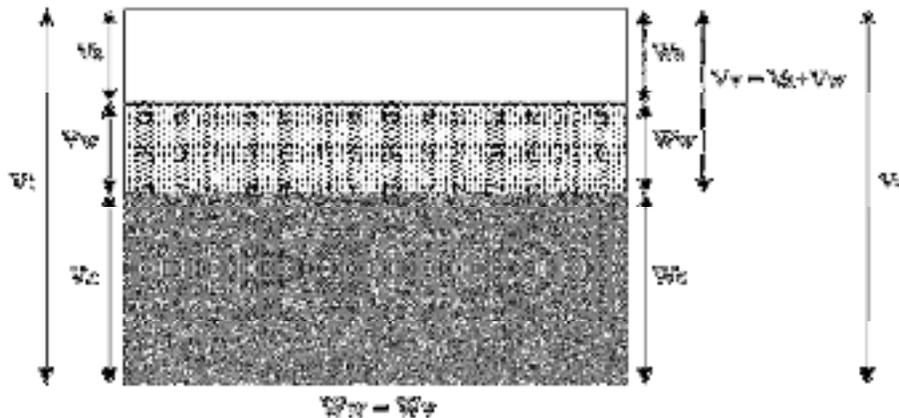
Hubungan berat isi dengan kadar air adalah berbanding terbalik, dimana semakin kecil kadar air maka semakin besar berat isinya. Hubungan berat isi dengan berat jenis :

$$G_s = \frac{\gamma}{\gamma_w} \quad 2.12$$

Keterangan : G_s = Berat jenis (kg/m^3)

γ_w = Berat isi air (kg/m^3)

Elemen tanah terdiri dari 3 yakni udara, air dan butiran tanah :



Gambar 2. 1 Komponen Elemen Tanah
(Sumber : Siringoringo dkk, 2018)

Keterangan : V_t = volume total tanah
 V_a = volume udara
 V_w = volume butiran tanah
 W_a = berat udara
 W_w = berat air
 W_s = berat butiran tanah
 W_t = berat total tanah

a) Angka pori adalah perbandingan antara volume pori dengan volume butir

$$\text{Angka pori, } e = \frac{V_p}{V_s} \times 100\% ; \text{ bila } V_s = \text{isi satu satuan} = 1 \quad 2.13$$

$$V_t = V_s + V_v$$

Maka,

$$V_t = 1 + e$$

- b) Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume total

$$n = \frac{V_v}{V_t} \quad 2.14$$

Hubungan antara angka pori dan porositas adalah :

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V - V_v} = \frac{\frac{V_v}{V}}{1 - \frac{V_v}{V}} = \frac{n}{1 - n} \quad 2.15$$

$$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{1 + \frac{V_v}{V_s}} = \frac{e}{1 + e} \quad 2.16$$

- c) Derajat kejenuhan adalah perbandingan volume air dengan volume pori

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad 2.17$$

- d) Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan tanah kering

$$w = \frac{W_w}{W_{dry}} \times 100\% \quad 3.18$$

2.9 Berat Jenis

Berat Jenis tanah adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis tanah sangat penting diketahui yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan-perhitungan mekanika tanah (Fadhilah dkk, 2023).

Tanah gambut memiliki *specific gravity* lebih besar dari 1,0 dimana untuk menentukan harga *specific gravity* dengan menggunakan minyak kerosin (Akroyd, dikutip dalam Mawardi, 2021).

Menurut Rahadian dalam Mawardi (2021). Berikut ini adalah beberapa faktor yang berpengaruh pada berat jenis tanah gambut:

1. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah adalah timbunan dari sisa berbagai macam tanamandan hewan yang sebagiannya telah lama mengalami proses pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik memiliki berat jenis tanah. Jika kandungan bahan organik tanah semakin banyak, hal ini akan menyebabkan semakin rendahnya berat jenis tanah (Rahardjo, 2001).

2. Tekstur Tanah

Ukuran partikel kasar pada partikel-partikel tanah mempunyai nilai berat jenis yang tinggi, misalnya pasir. Ukuran partikel pada pasir lebih besar dibandingkan dengan ukuran partikel liat, sehingga menyebabkan berat jenis pasir lebih tinggi dari liat.

Maka Berat Jenis (Gs) dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\gamma}{\gamma_w} \quad 2.19$$

Keterangan : G_s = Berat jenis
 γ = Berat isi
 γ_w = Berat isi air

Tabel 2. 4 Tipe Tanah dan Nilai G_s

Jenis Tanah	Berat Spesifik (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber: Hardiyanto, 2021)

Rumus :

$$G_s(\text{pada } T^{\circ}C) = \frac{W_2 W_1}{(W_4 - W_1) - \text{Kepadatan Relatif Air } (W_3 - W_2)} \quad 2.20$$

Dengan : $\alpha = \left\{ \frac{\gamma_w(\text{pada } T^{\circ}C)}{\gamma_w(\text{pada } 30^{\circ}C)} \right\}$

Keterangan : W_1 = Berat piknometer
 W_2 = Berat piknometer + tanah
 W_3 = Berat piknometer + aquades + tanah
 W_4 = Berat piknometer + aquades
 α = Faktor koreksi *temperature*
 γ_w = Berat isi air

Karena berat air dalam elemen tanah yang ditinjau adalah W , G_s , γ_w , volume yang ditempati adalah :

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{w \cdot G_s}{\gamma_w} = w \cdot G_s \quad 2.21$$

Maka dari itu derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*) adalah :

$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{w \cdot G_s}{e} \quad 2.22$$

atau

$$S = w \cdot G_s \quad 2.23$$

Untuk tanah yang jenuh air, air kadar air dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{n \cdot \gamma_w}{G_s \gamma_w (1-n)} \quad 2.24$$

Keterangan : $n = V_v =$ Volume pori

$1-n = V_s =$ Volume butiran padat

Dengan menggunakan defenisi berat isi (γ) dan berat isi kering (γ_d), dapat ditulis sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{w}{V} = \frac{W_s - W_w}{V} = \frac{G_s - \gamma_w + w G_s \cdot \gamma_w}{1+e} = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \quad 2.25$$

dan

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{G_s - \gamma_w}{1+e} \quad 2.26$$

Keterangan : W_s = Berat Butiran padat

W_w = Berat air pori

e = Angka pori

Untuk mendapat hubungan antara berat isi, angka pori, kadar air, dapat kita lihat suatu elemen tanah dimana volume butiran padatnya adalah 1. Karena volume dari butiran padat 1, maka volume dari pori adalah sama dengan angka pori (e). Berat dari butiran padat dan air dinyatakan sebagai :

$$W_s = G_s \cdot \gamma_s \quad 2.27$$

$$W_w = w \cdot W_s = w \cdot G_s \cdot \gamma_s \quad 2.28$$

Keterangan : G_s = Berat spesifik butiran padat

W = Kadar air

γ_w = Berat isi air

Dalam sistem inggris, berat volume air adalah 62,4 lb/ft²; dalam sistem SI berat volume air adalah 981 kN/m³.

Tabel 2. 5 Hubungan antara Kepadatan Relatif Air dengan Faktor Koreksi (α) untuk berbagai macam Temperatur

Temperatu T (°C)	Kepadatan Relatif	α
18	0,98862	1,0004
19	0,98843	1,0002
20	0,98823	1

21	0,98802	0,9998
22	0,9978	0,9996
23	0,99757	0,9993
24	0,99733	0,9991
25	0,99708	0,9989
26	0,99682	0,9986
27	0,99655	0,9983
28	0,99626	0,9980
29	0,99598	0,9977
30	0,99568	0,9974

(Sumber: SNI 1964-2008, 2008)

2.10 Angka Pori

Angka pori dari tanah gambut terutama gambut berserat bisa mencapai nilai 25 (Hanrahan, dikutip dalam Ma'ruf (2017).

Angka pori (e) didefinisikan sebagai perbandingan volume pori (rongga) (V_v) dengan volume butiran tanah (V_s), dengan demikian. Derajat kejenuhan (S) didefinisikan sebagai perbandingan volume air dan volume pori yang umumnya dinyatakan dalam prosentase (%).

Angka pori (*void ratio*), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad 2.29$$

Keterangan : e = angka pori
 V_v = volume pori
 V_s = volume butiran padat

2.11 Ph Air Tanah

Reaksi tanah merupakan suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan reaksi asam-basa dalam tanah, yang dalam hal mana dinyatakan sebagai pH tanah. pH merupakan ukuran aktivitas ion hidrogen (Rimud, dikutip dalam Ahmad, 2015).

Ph merupakan salah satu parameter penting suatu tanaman dapat tumbuh atau tidak. Semakin rendah pH tanah maka semakin sulit tanaman untuk tumbuh karena tanah bersifat masam dan mengandung toksik (racun). Sebaliknya, jika pH tanah tinggi maka tanah bersifat basa dan mengandung kapur (Rusdiana, dikutip dalam Ahmad, 2015).

Air gambut memiliki warna coklat hingga hitam pekat yang disebabkan oleh material organik tumbuhan yang berubah menjadi gambut, selain warna air gambut memiliki kekeruhan cukup tinggi, nilai pH yang rendah (kurang dari tujuh) dan kadar BOD serta COD yang tinggi. Warna air gambut yang coklat hingga hitam di akibatkan dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut dalam

bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon, atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi (Said, 2019).

Jika nilai ph air dibawah 6,6 (netral) maka air tersebut termasuk asam. Kisaran nilai ph asam dapat dilihat pada tabel dibawah,

Tabel 2. 6 Kisaran Nilai pH

No	Nilai Ph	Kategori
1	< 4,4	Sangat Masam (Ekstrim)
2	4,5 – 5,0	Sangat Masam
3	5,1 – 6,5	Asam
4	6,6 - 7,3	Netral
5	7,4 – 8,4	Alkalin
6	8,8 – 9,0	Sangat Alkalin
7	> 9,1	Sangat Alkalin (Ekstrim)

((Sumber: Purwowidodo, 1998)

2.12 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil eksplorasi terhadap penelitian-penelitian terdahulu, peneliti menemukan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Meskipun terdapat keterkaitan pembahasan, penelitian ini masih sangat berbeda dengan penelitian terdahulu. Adapun beberapa penelitian terdahulu tersebut yaitu:

1. Korelasi Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Dengan Uji Geser Langsung Pada Tanah Gambut. Oleh Fredi Wiguna, Suradji Gandi, Fatma Sarie (2022).

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan membuat benda uji. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sifat fisik, mekanik tanah gambut dan mengetahui hubungan parameter kuat geser tanah yang dihasilkan melalui pengujian kuat tekan bebas dan kuat geser langsung pada 3 kedalaman berbeda. Dari hasil pengujian kuat tekan bebas pada pada tiga kedalaman tanah yakni 0,075 kg/cm², 0,0485 kg/cm² dan 0,042 kg/cm². sedangkan pada nilai kuat geser langsung pada tiga kedalaman yaitu 0,1270 kg/cm², 0,1458 kg/cm² dan 0,1561 kg/cm². Dari hasil tersebut didapatkan korelasi nilai kuat tekan bebas dan kuat geser menggunakan rumus regresi linear sederhana yaitu $y = - 1,1677x + 0,222$, semakin kecil nilai kuat tekan pada kedalaman tanah maka semakin tinggi nilai kuat gesernya.

2. Analisa Daya Dukung Tanah Gambut Nagasaribu – Humbang Hasundutan Dengan Campuran Kapur Melalui Pengujian Kuat Geser Langsung dan Kuat Tekan Bebas. Oleh Semangat Marudut Tua Debataraja dan Ifanri Simbolon (2019).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisik tanah pada tanah stabil, yaitu tanah dari desa Nagasaribu Kabupaten Humbang Hasundutan. Bahwa tanah distabilkan dengan mencampurkan/ menambahkan kapur yang jumlahnya bervariasi antara 5%, 10% dan 15%. Pada hasil penelitian laboratorium yang dilakukan, ditemukan bahwa tanah dikategorikan ke dalam gambut organik yang mengandung lempung organik dengan kadar air sebanyak 84,73%, berat jenis tanah sebanyak 1,661, analisis filter lolos ke filter nomor 200 adalah sebanyak 90,27% sedangkan batas cairan tanah sebanyak 69,66%, Batas plastis adalah sebanyak 15,08%, batas plastis adalah sebanyak 54,59%. Berdasarkan kualifikasi USCS, tanah dikategorikan menjadi gambut karena memiliki plastis dan organik yang tinggi, sedangkan berdasarkan AASHTO tanah dikategorikan menjadi A-7-6. Daya dukung tanah adalah sebanyak 0,04 t/m² dan setelah ditambah campuran kapur dalam variasi tertinggi (15%) sehingga daya dukung tanah meningkat menjadi 0,1 t/m².

3. Karakteristik Tanah Lunak Sumatera Utara Berdasarkan Pengujian Kuat Tekan Bebas. Oleh Arif Darmawandi, Aazokhi Waruwu, Tematius Halawa, Doni Harianto, Muammar Muammar (2021).

Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah yang diambil dari beberapa lokasi di Sumatera Utara. Pengujian dilakukan di laboratorium untuk mengetahui sifat fisiknya dan diteruskan dengan uji kuat tekan bebas. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa tanah di lokasi Gatot Subroto Medan, Marindal, Pantai Labu, dan Gunungsitoli perlu distabilisasi, karena memiliki karakteristik sebagai tanah lunak dengan plastisitas sedang ke tinggi, sedangkan tanah di lokasi Patumbak tidak memerlukan perbaikan karena tergolong sebagai tanah lempung kaku dengan nilai kuat tekan bebas lebih dari 100 kN/m².

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah uji sifat fisis tanah gambut dan uji mekanis pada tanah gambut dengan cara pemberian tekanan menggunakan alat khusus di laboratorium. Dimana sebelum melakukan analisa diawali dengan pengumpulan data dari laboratorium.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental-laboratoris. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan membuat benda uji tanah gambut.

3.2 Lokasi Tanah Gambut

Dalam pengambilan sampel, tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa tanah gambut yang berasal dari Kecamatan Lintong Nihuta Humbang Hasundutan Sumatera Utara. Dengan kondisi lokasi tanah gambut diperkirakan ketebalannya 1,5 meter, karena lapisan gambut ini merupakan kubangan air yang menggenang saja. Nilai ketebalan tanah tersebut sudah termasuk kedalam tipe kawasan gambut.



Gambar 3. 1 Peta kawasan Humbang Hasundutan
(Sumber: Google Maps, 2023)

Luas seluruh kawasan gambut di Kabupaten Humbang Hasundutan yaitu 6.289,08 ha. Jenis lahan gambut yang paling luas adalah sawah dengan 2.127,16 ha dan yang paling sedikit adalah

areal pertambangan masyarakat dengan luas 152,63 ha dimana kandungan karbon dari total tanah gambut sebesar 170,46 ton.

3.3 Persiapan Bahan dan Alat

Sampel tanah gambut yang diambil adalah sampel dalam kondisi tidak terganggu terganggu (*undisturbed*) atau kondisi tanah yang tidak dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu udara ataupun sinar matahari dan sampel yang terganggu (*disturbed*). Dipastikan saat proses pengambilan sampel cuaca dalam keadaan cerah sehingga sampel tidak mengandung air yang berlebihan. Pengambilan sampel tidak terganggu (*undisturbed*), sampel tanah ini dimasukkan dalam cetakan silinder dengan ukuran diameternya 5cm dan panjang 40cm.



Gambar 3. 2 Tabung Sampel *Undisturbed*
(Sumber: Field Tech Solution, 2023)



Gambar 3. 3 Handbore
(Sumber: Ruang Sipil, 2023)



Gambar 3. 4 Kantong Plastik Sampel
(Sumber: Bukalapakl, 2023)



Gambar 3. 5 Lilin (Penutup Sampel)

(Sumber: Lazada, 2023)

3.4 Pengujian Laboratorium

Pengujian di dalam laboratorium terdapat dua jenis pengujian yaitu pengujian sifat fisik tanah gambut dan pengujian sifat mekanis tanah gambut. Pelaksanaan di lakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Katolik St. Thomas.

3.4.1 Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis tanah yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat *Unconfined Compression Test* (UCT). Prosedur pengujian sampel tanah ada 4 tabung sampel yang sudah di siapkan dari lokasi yang di pindahkan menggunakan alat *extruder* ke ring cetakan dengan ukuran 7 cm. Setiap tambung sampel akan di uji langsung di Laboratorium Mekanika Tanah.

3.4.1.1 Kuat Tekan

Dalam pengujian kuat tekan tanah, standart yang digunakan adalah (ASTM D 2166- 06/ SNI 3638:2012). untuk mengukur kuat tekan bebas (*Unconfined Compression*) dari tanah gambut, dari kuat tekan dapat diketahui :

- a. Kekuatan geser undrained (tidak terdrainase).
- b. Derajat kepekaan (*sensitiviry*).

1. Alat-alat yang digunakan

1. Mesin kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Machine*).
2. Extruder.
3. Gergaji kawat pemotong sampel.
4. Ring cetak sampel tanah.
5. Jangka sorong.
6. Satu unit alat uji kadar air.
7. Tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*).

2. Langkah Pengujian

1. Siapkan cetakan sampel tanah, lalu ukur tinggi, diameter serta timbang beratnya.
2. Masukkan sampel tanah ke dalam *ring* (alat cetak contoh tanah), kemudian ratakan dengan gergaji kawat pemotong sampel.
3. Keluarkan sampel tanah dari dalam *ring* menggunakan *extruder*.

4. Letakkan sampel tanah pada alat *unconfined compression machine* secara sentris. Lalu atur ketinggian pelat penekan atas agar tepat pada posisi nol.
5. Atur dial beban maupun dial deformasi pada posisi nol.
6. Kemudian lakukan penekanan dengan memutar engkol (untuk mesin manual) atau menghidupkan mesin (mesin listrik), lalu ambil kecepatan penekanan 1% sampai 2% per menit dari tinggi contoh semula.
7. Bacalah dial beban pada regangan 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan seterusnya, dan dihentikan pembacaan apabila pembacaan dial memperlihatkan penurunan sebanyak 3 kali.
8. Keluarkan sampel dari mesin *unconfined*, lalu ambil sampel tanah yang diuji secukupnya untuk pengukuran kadar air.
9. Jika prosedur diatas telah dilakukan, percobaan dapat dihentikan dan alat-alat percobaan dapat dibersihkan.

3.4.2 Pengujian Sifat Fisis

Setelah proses pengambilan sampel dari lokasi, selanjutnya sampel dari tabung sampel dan kantong plastik akan diuji di laboratorium untuk mendapatkan data uji sifat fisik dari tanah gambut tersebut. Sampel yang digunakan untuk pengujian sifat fisik adalah sampel tanah gambut tidak terganggu (*undisturbed*) dan terganggu (*disturbed*). Ada pun pengujian dilakukan adalah sebagai berikut:

3.4.2.1 Kadar Air

1. Alat yang Digunakan

1. Oven
2. Cawan
3. Extruder Horinzontal
4. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
5. Kuas
6. Skrup
7. Tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*)

2. Langkah Pengujian

1. Cawan ditimbang beratnya bersama tutupnya (W_1) dan catat nomor dari cawan yang digunakan.
2. Sampel tanah tidak terganggu diambil dari tabung sampel dengan *extruder horizontal* dan dimasukkan benda uji ke dalam cawan.
3. Berat cawan + berat benda uji (W_2) ditimbang.

4. Cawan + benda uji diletakkan ke dalam *oven* selama 24 jam.
5. Setelah 24 jam berat tanah kering + cawan (W_3) ditimbang.
6. Percobaan dilakukan diatas minimal 2 kali.
7. Setelah percobaan selesai alat dibersihkan semua.

3.4.2.2 Kadar Abu

Untuk pengujian kadar abu dilakukan di luar laboratorium Mekanika Tanah UNIKA disebabkan oleh ketidak lengkapan peralatan di laboratorium tersebut. Sampel tanah yang di siapkan dilakukan pengujian kadar abu di Pusat Penelitian Kelapa Sawit menggunakan metode uji Gravimetri.

3.4.2.3 Kadar Serat

1. Alat yang Digunakan
 1. Gelas ukur
 2. Saringan No.100
 3. Timbangan ketelitian 0,1 gr
 4. Cawan
 5. Kertas Filter
 6. Oven

2. Lagkah Pengujian

Larutan Sodium Carbonat 5% dari 500 ml, yang direndam selama 1x24 jam dan dicuci bersih dengan air pada saringan No.100. Direndam kembali dengan larutan HCl 2% dari total air, diamkan selama 10 menit cuci dengan air bersih dan masukkan kedalam cawan yang dilapisi kertas saring laboratorium kemudian di oven selama 1x24 jam dengan suhu 110° dan timbang kembali.

3.4.2.4 Kadar Organik

Untuk mendapatkan nilai kadar organik dari tanah gambut, dilakukan penelitian khusus di laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jalan Brigjen Katamso 51 Medan. Metode uji yang digunakan adalah menggunakan IK-03-T.05 (Spektrofotometri/ $K_2Cr_2O_7$ 1N).

3.4.2.5 Berat Isi

Berat isi tanah basah tanah asli adalah perbandingan antara berat tanah asli seluruhnya dengan isi tanah asli seluruhnya. Berat isi merupakan perbandingan berat tanah kering dengan suatu volume tanah termasuk volume pori-pori tanah, umumnya dinyatakan dalam gram/cm³. Besaran ini menyatakan bobot tanah, yaitu padatan air persatuan isi. Yang paling sering di pakai adalah bobot isi kering yang umumnya disebut bobot isi saja.

1. Alat yang Digunakan

1. Ring
2. Extruder Horinzontal
3. Skrap
4. Cawan
5. Oven
6. Jangka Sorong
7. Timbangan akurasi 0,01 gr
8. Tanah tidak terganggu (*Undisturbed Soil*)

2. Langkah Pengujian

1. Ring cetakan diukur diameter dan tingginya timbang beratnya.
2. Sampel tanah diambil langsung dari tabung hasil tangan dengan menggunakan alat *extruder horizontal*.
3. Ring diletakkan didepan alat *extruder horizontal* untuk menampung sampel tanah. Lalu alat *extruder horizontal* diputar untuk mengeluarkan sampel tanah.
4. Sesudah sampel tanah melewati permukaan *ring*, dihentikan pengeluaran sampel tanah lalu tanah diratakan yang melewati ring dengan skrap.
5. *Ring* berisi tanah ditimbang, lalu keluarkan tanah dari *ring*.
6. Persiapkan cawan lalu timbang beratnya, masukkan tanah yang dikerluarkan dari *ring* kedalam cawan, lalu timbang keduanya.
7. Cawan berisi tanah dimasukkan kedalam *oven* selama 24 jam.
8. Setelah 24 jam, cawan dikeluarkan dari *oven* dan ditimbang beratnya.
9. Percobaan No. 1 s/d 8 dilakukan kembali untuk sampel ke 2.
10. Percocbaan selesai, peralatan dibersihkan.

3.4.2.6 Berat Jenis

Untuk mendapatkan nilai berat jenis (Gs) dari butiran tanah, yaitu perbandingan berat isi butir dan berat isi air pada berat yang sama dan suhu yang tertentu.

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah, harga-harga tersebut dapat ditentukan secara akurat dengan mengujinya di laboratorium, harga berat jenis tanah berkisar antara 1,25-2,9.

1. Alat yang Digunakan
 1. Piknometer dengan volume 100 ml
 2. Timbangan dengan ketelitian 0,10 gr
 3. Hot Plate

4. Cawan
5. Gelas ukur
6. Oven
7. Tanah tidak terganggu (*Undisturbed soil*)
8. Aquades

2. Langkah Pengujian

Untuk pengujian ini dipakai piknometer, yaitu sebuah botol yang volumenya diketahui dengan tepat. Langkah- langkah pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Piknometer dikeringkan dan ditimbang (W_1).
2. Sejumlah tanah yang telah dikeringkan dalam oven dimasukkan dalam piknometer dan ditimbang lagi (W_2).
3. Air suling ditambah pada piknometer sampai setengah penuh. Udara yang masih ada dalam tanah dikeluarkan dengan memanaskan piknometer sambil memakai pompa vakum pada mukanya. Setelah tidak ada lagi udara di dalam tanah maka piknometer diisi dengan air sampai penuh dan dimasukkan dalam tanki air dengan suhu tetap sampai mencapai suhu yang seragam. Permukaan piknometer diperhatikan dengan teliti dan piknometer ditimbang (W_3).
4. Air dengan tanah dikeluarkan dari piknometer, lalu piknometer dibersihkan dan diisi dengan air suling saja sampai penuh, dan dimasukkan lagi dalam tanki suhu tetap. Kemudian piknometer dikeringkan lagi dan ditimbang (W_4)

3.4.2.7 Angka Pori

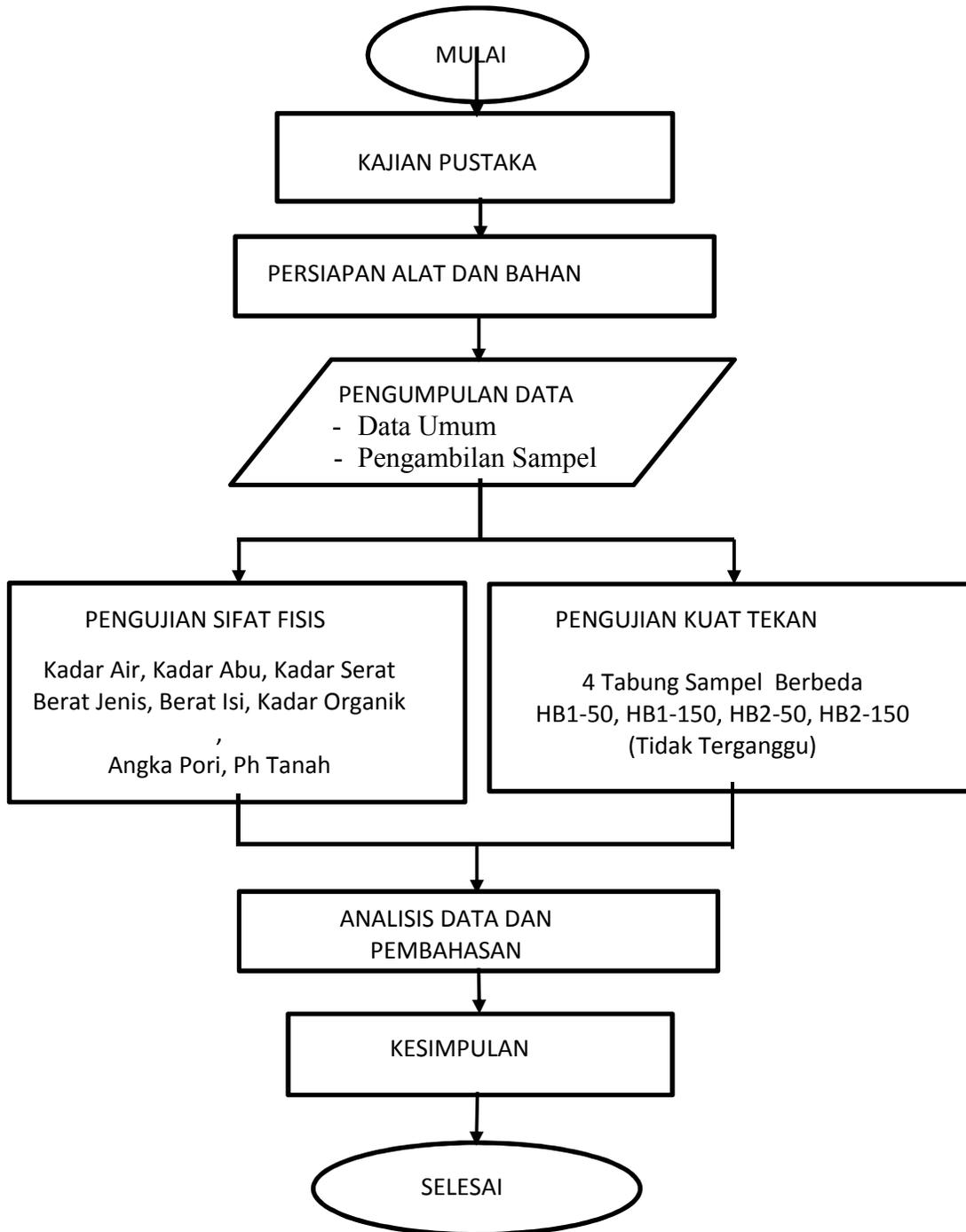
Perhitungan angka pori bisa didapat dari perbandingan antara volume pori yang terdapat dalam tanah dengan volume butir tanah.

3.4.2.8 Ph Air Tanah

Pengujian ph air tanah gambut dilakukan menggunakan ph meter yang di uji langsung pada sampel air yang diambil dari tanah gambut dari lokasi. Pengujian dilakukan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jalan Brigjen Katamsa 51 Medan.

3.5 Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian ini secara garis besar dibagi dalam beberapa tahap, yakni:



Gambar 3. 6 Bagan Alir Penelitian

