

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Jurusan Teknik Sipil dan Laboratorium Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

Waktu : Penelitian akan dilaksanakan setelah ujian proposal. Penelitian dilakukan selama delapan minggu yang meliputi satu minggu untuk penyiapan alat dan bahan untuk pengujian, dua minggu untuk pengujian tanah dan lima minggu untuk menganalisis data hasil pengujian. Adapun jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Minggu ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Penyiapan Alat dan Bahan untuk Pengujian								
2	Pengujian Tanah Lempung Asli yang meliputi Pengujian Kadar Air, Berat Jenis, Batas <i>Atterberg</i> , Analisis Saringan (Gradasi), Kuat Geser dan Pematatan								
3	Pengujian Analisis Saringan (Gradasi) dan Kuat Geser Tanah Lempung Asli dengan Campuran Serbuk Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) dan Serbuk Cangkang Telur								
4	Analisis Data Hasil Pengujian								

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan/Material

Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Hutan *Mangrove* Kampung Sawah, Kecamatan Muntok Kabupaten Bangka Barat. Daerah merupakan daerah bekas lokasi pertambangan liar yang kemudian dikembangkan menjadi lokasi wisata baru. Tanah lempung yang diambil terdiri dari dua macam yaitu tanah dalam keadaan terganggu (*disturbed soil*) dan tanah dalam keadaan tidak terganggu (*undisturbed soil*). Tanah lempung terganggu (*disturbed soil*) digunakan untuk pengujian kadar air, pengujian analisis saringan tanah lempung asli dan tanah lempung campuran, pengujian batas *Atterberg*, pengujian berat jenis, pengujian pemadatan dan pengujian kuat geser tanah lempung campuran. Tanah lempung tidak terganggu (*undisturbed soil*) digunakan untuk pengujian kuat geser tanah lempung asli yang diambil dengan menggunakan alat *handboring*.

Bahan tambah yang digunakan untuk penelitian ini ada dua macam yaitu serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dan serbuk cangkang telur. Serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari penghancuran dengan menggunakan mesin *hardgrove grindability index* (HGI), sedangkan untuk serbuk cangkang telur yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dengan cara penghancuran secara manual menggunakan palu.

3.2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini merupakan semua peralatan yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung, kecuali satu alat yang digunakan untuk menghancurkan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang terdapat di Laboratorium Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung. Alat-alat yang digunakan terdiri dari dua jenis yakni alat utama dan alat pendukung. Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat Utama

Berikut adalah alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Alat Pengujian Analisis Saringan

Alat yang digunakan untuk pengujian analisis saringan terdiri dari beberapa alat yakni arloji, satu set saringan, dan alat pengguncang saringan (*sieve shaker*). Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 3423:2008, dengan cara memasukkan sampel tanah kering ke dalam satu set saringan dan diguncang menggunakan *sieve shaker* selama 15 menit. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian analisis saringan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.1 Sieve Shaker



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.2 Satu Set Saringan

b. Alat Pengujian Batas-Batas *Atterberg*

Pengujian batas-batas *Atterberg* terdiri dari dua macam pengujian yakni pengujian batas cair yang menggunakan alat pembuat alur (*grooving tool*), mangkok kuningan, dan pemutarnya, sedangkan pengujian batas plastis menggunakan mangkok pengaduk, batang pembanding dengan diameter 3 mm, dan plat kaca sebagai landasan untuk menggeleng benda uji. Adapun alat yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.3 Mangkok Kuningan untuk Pengujian Batas Cair

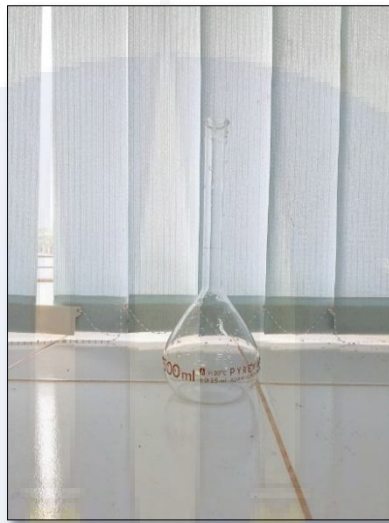


Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.4 Plat Kaca untuk Pengujian Batas Plastis

c. Alat Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan berdasarkan SNI 1964:2008 yang kemudian digunakan pada hubungan fungsional antara fase udara, air, dan butiran dalam tanah. Pengujian berat jenis menggunakan dua alat yaitu piknometer dan gelas ukur yang digunakan untuk mengisi air ke dalam piknometer. Adapun alat yang digunakan untuk membantu proses pengujian berat jenis dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.5 Piknometer



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.6 Gelas Ukur

d. Alat Pengujian Pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan berdasarkan SNI 1743:2008 dengan sampel tanah kering yang lolos saringan No.4 sebanyak 6 kg. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian pemadatan berupa cetakan yang terbuat dari logam dan alat penumbuk dengan diameter 50,80 mm yang berfungsi untuk memukul dan memadatkan tanah. Adapun alat yang digunakan pada pengujian pemadatan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.7 Cetakan



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.8 Alat Penumbuk

e. Alat Pengujian Kuat Geser Tanah

Pengujian Kuat Geser Tanah dilakukan berdasarkan SNI 3420:2016 yang bertujuan untuk memperoleh nilai sudut geser dan nilai kohesi dari tanah tersebut. Alat yang digunakan pada pengujian ini berupa peralatan uji geser langsung (*direct shear*) dan cetakan untuk pembuatan benda uji. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian kuat geser tanah dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.9 Alat Uji Geser Langsung



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

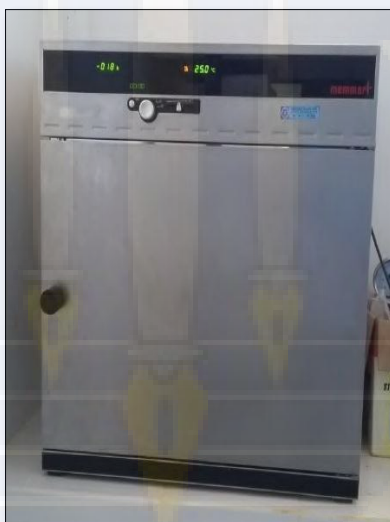
Gambar 3.10 Pencetak Benda Uji

2. Alat Pendukung

Alat pendukung digunakan untuk membantu pengujian-pengujian yang akan dilakukan. Adapun alat pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Oven Listrik

Oven listrik digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan sampel benda uji. Oven listrik dilengkapi dengan pengatur suhu yang dapat memelihara keseragaman temperatur $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk seluruh ruangan pengering dan dilengkapi dengan pengatur waktu agar dapat memudahkan pada saat proses pengeringan tanah di dalam oven listrik. Oven listrik dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.11 Oven Listrik

2. Talam

Talam digunakan sebagai alas untuk memecahkan gumpalan sampel tanah dan sebagai alas untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan. Selain itu, talam juga digunakan sebagai alas untuk menjemur cangkang telur yang digunakan untuk bahan tambah pada penelitian ini. Talam yang digunakan pada penelitian ini merupakan talam yang berbentuk persegi panjang dan berbahan logam. Talam yang digunakan harus bersiat kuat, tahan terhadap panas, dan tidak mudah pecah. Talam dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.12 Talam

3. Botol Penyemprot Air

Botol yang berisi air ini berfungsi untuk menyemprotkan air ke adukan supaya air dapat tersebar secara merata dan tidak ada penggumpalan hanya pada satu tempat. Botol penyemprot air dapat dilihat pada Gambar 3.13



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.13 Botol Penyemprot Air

4. Timbangan

Timbangan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tiga macam yaitu timbangan dengan kapasitas 50 kg, timbangan digital, dan neraca ohaus.

Timbangan dengan kapasitas 50 kg berfungsi untuk menimbang tanah dalam skala besar seperti sampel tanah untuk pengujian pemadatan, timbangan digital berfungsi untuk menimbang sampel tanah dalam skala kecil seperti sampel tanah untuk pengujian kadar air, analisis saringan (gradasi), batas-batas *Atterberg*, berat jenis, kuat geser. Sedangkan neraca ohaus digunakan untuk menimbang mol/cetakan yang digunakan pada pengujian pemadatan. Adapun macam-macam timbangan dapat dilihat pada Gambar 3.14, Gambar 3.15, dan Gambar 3.16.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.14 Timbangan dengan Kapasitas 50 kg



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.15 Timbangan Digital



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.16 Neraca Ohaus

5. Spatula

Spatula yang digunakan adalah spatula berbahan *stainless* yang memiliki pegangan berbahan plastik yang bersifat kuat dan tidak mudah patah. Spatula berfungsi untuk meratakan permukaan benda uji atau membuang sisa-sisa benda uji yang berlebihan ketika proses pemadatan telah selesai dilakukan. Spatula dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.17 Spatula

6. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang mampu mengukur jarak, kedalaman, maupun diameter dalam suatu objek dengan tingkat akurasi serta juga presisi yang sangat baik. Jangka Sorong juga merupakan alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus millimeter. Jangka sorong digunakan secara luas di berbagai bidang industri *engineering* (teknik), mulai dari suatu proses desain/perancangan, manufaktur/pembuatan, hingga pengecekan akhir produk. Pada penelitian ini, jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter serta tinggi cetakan yang akan digunakan pada saat pengujian pemadatan. Jangka sorong dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.18 Jangka Sorong

7. Cawan

Cawan berfungsi sebagai tempat atau wadah benda uji untuk memeriksa kadar air. Cawan terbuat dari material yang tahan karat dan tahan terhadap perubahan berat akibat pemanasan berulang, pendinginan dan tanah terhadap material pH bervariasi. Cawan dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.19 Cawan

8. Baskom

Baskom digunakan sebagai tempat pencampuran dan pengadukan dalam proses pembuatan benda uji. Baskom diperlukan pada saat pencampuran tanah dengan bahan tambah serta pencampuran tanah dengan air. Baskom yang digunakan pada penelitian ini merupakan baskom berbahan plastik. Baskom dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.20 Baskom

9. Cangkul dan Sekop

Cangkul adalah alat yang digunakan untuk menggali, membersihkan tanah ataupun meratakan tanah. Sekop merupakan alat penggali tanah dan pasir. Selain itu, cangkul dan sekop juga dapat digunakan untuk mempermudah dalam proses pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed soil*) yang akan diteliti. Cangkul dan sekop dapat dilihat pada Gambar 3.21 dan Gambar 3.22.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.21 Cangkul



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.22 Sekop

10. Palu

Penggunaan palu pada penelitian ini berfungsi untuk menghancurkan cangkang telur. Palu dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.23 Palu

11. Palu Karet

Penggunaan palu karet pada penelitian ini berfungsi untuk menghancurkan bongkahan tanah yang menggumpal. Palu karet dapat dilihat pada Gambar 3.24.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.24 Palu Karet

12. *Hand Boring*

Penggunaan *hand boring* pada penelitian ini berfungsi untuk mengambil sampel tanah yang tidak terganggu (*undisturbed soil*) yang akan diteliti. *Hand boring* dapat dilihat pada Gambar 3.25.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.25 *Hand Boring*

13. Mesin *Hardgrove Grindability Index* (HGI)

Hardgrove Grindability Index (HGI) adalah suatu tolak ukur secara laboratorium dari mudah atau sulitnya batubara digerus atau di *pulverizing*. Uji ini ditentukan dengan menyiapkan ukuran butir tertentu yang digerus menggunakan mesin *hardgrove grindability index* (HGI) dalam kondisi standar dan jumlah batubara yang tergerus dibandingkan secara linearitas standar batubara. Semakin tinggi nilai HGI maka semakin mudah batubara untuk dihancurkan. Indeks ini sangat membantu dalam memperkirakan kapasitas *mill* yang digunakan untuk menggiling batubara sampai ukuran yang diperlukan. Adapun prinsip kerja alat *hardgrove grindability index* (HGI) termasuk semangkuk penggilingan *stasioner* besi cor, dengan delapan bola baja dipoles, bola didorong oleh *grinding* cincin yang berputar secara otomatis selama 22 putaran dengan digerakkan oleh motor listrik. Penggunaan mesin *hardgrove grindability index* (HGI) pada penelitian ini berfungsi untuk menghancurkan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Mesin *hardgrove grindability index* (HGI) dapat dilihat pada Gambar 3.26.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 3.26 Mesin *Hardgrove Grindability Index* (HGI)

3.3 Pembuatan Sampel

Jumlah sampel benda uji yang digunakan untuk penelitian ini sebanyak 30 sampel benda uji. Sampel benda uji tersebut meliputi 4 sampel benda uji untuk pengujian kadar air tanah lempung asli, 2 sampel benda uji untuk pengujian berat jenis tanah lempung asli, 1 sampel benda uji untuk pengujian batas cair tanah lempung asli, 2 sampel benda uji untuk pengujian batas plastis tanah lempung asli dan 5 sampel benda uji untuk pengujian pemadatan tanah lempung asli.

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dan serbuk cangkang telur yang digunakan untuk pengujian gradasi dan pengujian kuat geser. Pengujian gradasi (analisis saringan) dilakukan pada tanah lempung asli dan tanah lempung yang diberi campuran serbuk cangkang telur 3% dari berat tanah kering dan campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi komposisi 22%, 25%, dan 28% dari berat tanah kering untuk mengetahui nilai gradasi tanah. Sampel yang dibuat berjumlah 4 sampel.

Pengujian kuat geser tanah lempung asli dan tanah lempung yang diberi campuran serbuk cangkang telur 3% dari berat tanah kering dan campuran serbuk

cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi komposisi 22%, 25%, dan 28% dari berat tanah kering untuk mengetahui nilai kuat geser tanah juga dilakukan. Sampel yang dibuat berjumlah 12 sampel. Adapun jumlah sampel benda uji yang akan dilakukan pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jumlah Sampel Benda Uji

Variasi Sampel	Jenis Pengujian						
	Kadar Air	Berat Jenis	Batas Cair	Batas Plastis	Pemadatan	Gradasi	Kuat Geser
TLA	4	2	1	2	5	1	3
TLA + 3% SCT + 22% SCKD	-	-	-	-	-	1	3
TLA + 3% SCT + 25% SCKD	-	-	-	-	-	1	3
TLA + 3% SCT + 28% SCKD	-	-	-	-	-	1	3
Total Sampel	4	2	1	2	5	4	12

*Keterangan :

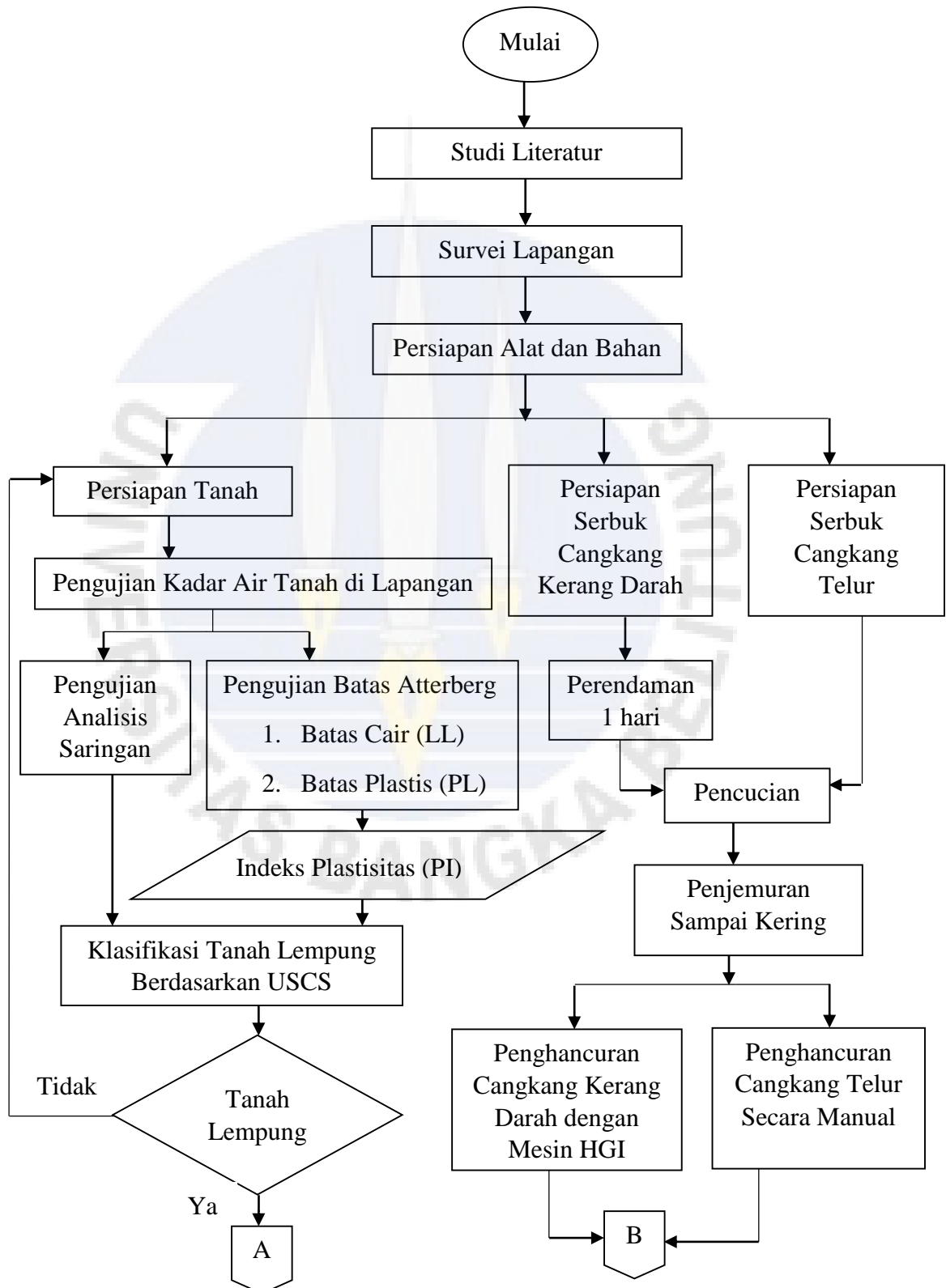
TLA = Tanah Lempung Asli

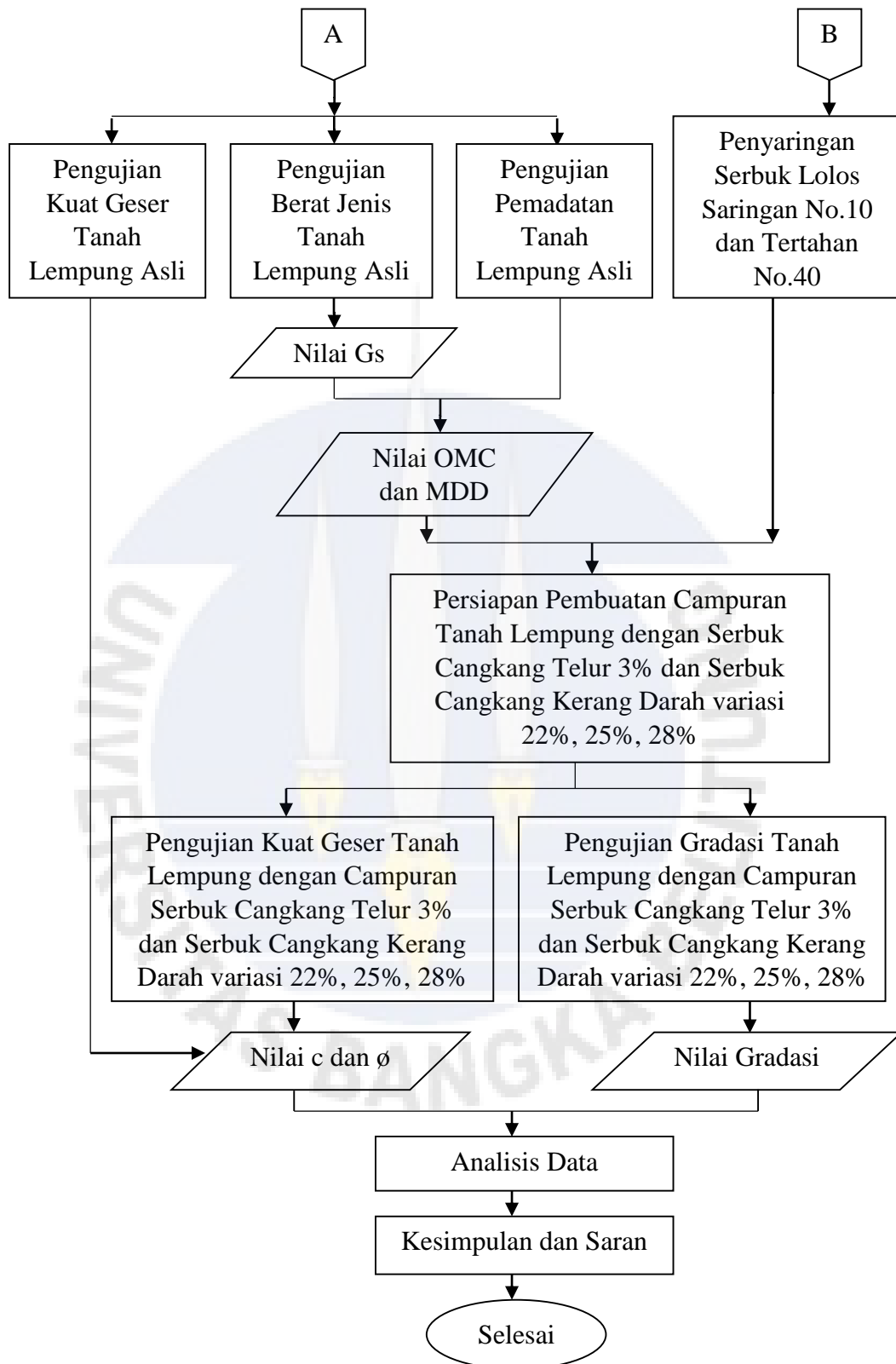
SCT = Serbuk Cangkang Telur

SCKD = Serbuk Cangkang Kerang Darah

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang terdapat pada Gambar 3.27 digunakan untuk menjelaskan tahapan-tahapan selama proses penelitian.





Gambar 3.27 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah mengumpulkan data dengan mempelajari, menelaah, dan menganalisis data literatur, dokumen dan peraturan serta referensi lainnya, yang berkaitan erat dengan masalah yang akan diteliti.

3.4.2 Survei Lapangan

Pada langkah ini, kegiatan yang dilakukan adalah kegiatan survei lokasi rencana penelitian serta melakukan kunjungan ke lapangan untuk melihat sampel tanah lempung yang akan diteliti.

3.4.3 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap persiapan awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah persiapan alat dan bahan. Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada penjelasan 3.2.2 yang terdiri dari alat utama dan alat pendukung, sedangkan bahan-bahan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Tanah

Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada wilayah Hutan *Mangrove* di Kampung Sawah Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat. Daerah ini merupakan bekas penambangan timah ilegal dan sekarang dijadikan tempat wisata baru.

2. Persiapan Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang digunakan sebagai bahan tambah didapatkan dari proses penghancuran dengan mesin di Laboratorium Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung. Sebelum masuk ke proses penghancuran dengan mesin *hardgrove grindability index* (HGI), cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) direndam selama satu hari untuk menghilangkan sisa-sisa tanah yang menempel. Mengingat bahwa cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan limbah yang sudah tercampur dengan tanah. Setelah direndam selama satu hari, proses selanjutnya adalah proses pencucian dan dilanjutkan dengan proses penjemuran sampai kering. Langkah selanjutnya adalah proses penghancuran dengan mesin *hardgrove grindability index* (HGI). Serbuk cangkang

kerang darah (*Anadara granosa*) yang digunakan adalah serbuk yang lolos saringan No.10 dan tertahan di saringan No.40.

Variasi campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang digunakan pada penelitian ini adalah 22%, 25%, dan 28%. Kebutuhan masing-masing serbuk cangkang kerang didapatkan dari perbandingan persentase campuran terhadap berat kering tanah lempung masing-masing pengujian.

3. Persiapan Serbuk Cangkang Telur

Serbuk cangkang telur yang digunakan sebagai bahan tambah didapatkan dari proses penghancuran secara manual dengan menggunakan palu. Tahap awal yang dilakukan adalah proses pencucian dan dilanjutkan dengan proses penjemuran sampai kering. Setelah itu, cangkang telur dihancurkan secara manual dengan menggunakan palu. Serbuk cangkang telur yang digunakan adalah yang lolos saringan No.10 dan tertahan No.40.

Penggunaan serbuk cangkang telur sebagai bahan campuran yang digunakan pada penelitian ini bernilai konstan yaitu 3%.

3.4.4 Pemeriksaan Kadar Air Tanah di Lapangan

Hasil dari pengujian kadar air berguna untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya, karena pada dasarnya tanah kohesif tergantung dari kadar airnya. Adapun tahapan-tahapan dalam pengujian kadar air sesuai dengan SNI 1965:2008.

1. Timbang dan catat berat cawan kering yang kosong beserta tutupnya sebagai tempat benda uji (W_3).
2. Pilih benda uji yang mewakili sesuai dengan persyaratan pemilihan benda uji sesuai dengan SNI 1965:2008.
3. Masukkan benda uji dengan kondisi basah ke dalam cawan dan pasang tutupnya hingga rapat, lalu benda uji dengan kondisi basah dan cawan ditimbang, kemudian catat hasilnya (W_1).
4. Langkah selanjutnya yaitu benda uji dengan kondisi basah dan cawan tanpa tutup dimasukkan ke dalam oven pengering. Keringkan benda uji hingga beratnya konstan (sekitar 12 jam sampai 16 jam). Pertahankan oven pengering pada temperatur $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Setelah benda uji selesai dikeringkan dan beratnya menjadi konstan, keluarkan cawan dari dalam oven, lalu biarkan benda uji dan cawan menjadi dingin pada temperatur ruangan atau sampai cawan dapat dipegang dengan aman menggunakan tangan. Setelah itu benda uji dan cawan beserta tutupnya ditimbang dan catat hasilnya (W_2).
6. Hitung nilai kadar air yang didapatkan dari pengujian dengan menggunakan rumus 2.1.

3.4.5 Pengujian Analisis Saringan (Gradasi Tanah)

Pengujian analisis saringan tanah pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran tanah yang halus maupun kasar. Pengujian analisis saringan dilakukan terhadap tanah lempung asli dan tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dengan komposisi konstan yaitu 3% serta campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi 22%, 25%, dan 28%. Berdasarkan pengujian analisis saringan ini diperoleh nilai persen lolos dan tertahan sehingga dapat dilakukan klasifikasi tanah dengan metode USCS (*Unified Soil Classification System*). Sistem USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam butir kasar (kerikil dan pasir) jika lolos saringan No.200 kurang dari 50% lolos saringan No.200, sedangkan untuk tanah yang berbutir halus (lanau/lempung) jika lolos saringan No.200 lebih dari 50%.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian analisis saringan ini berdasarkan SNI 3423:2008 yang diuraikan sebagai berikut :

1. Siapkan contoh benda uji dan peralatan yang terdiri dari set saringan, arloji dan alat pengguncang (*sieve shaker*).
2. Benda uji dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven dengan suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap.
3. Masukkan benda uji kedalam susunan saringan kemudian ditutup. Pasang satu set saringan yang berisi benda uji ke *sieve shaker* dan hidupkan *sieve shaker* selama 10 menit sampai 15 menit.
4. Setelah dilakukan pengguncangan dengan *sieve shaker*, benda uji dibiarkan selama 5 menit didalam saringan untuk memberi kesempatan debu-debu untuk mengendap.

5. Timbang dan catat benda uji yang tertahan di tiap-tiap saringan serta yang tertahan di pan.
6. Lakukan perhitungan dan jenis gradasi tanah.

3.4.6 Pengujian Batas Atterberg

Batas *Atterberg* terdiri dari dua macam pengujian yaitu pengujian batas cair (LL) dan pengujian batas plastis (PL).

a. Batas Cair (LL)

Batas cair (*liquid limit*) ditentukan uji Casagrande. Pengujian ini dilakukan dengan bantuan alat pembuat alur (*grooving tool*) dan dibutuhkan 25 kali pukulan hingga mendapatkan nilai batas cair tanah. Pengujian batas cair dilakukan sesuai dengan SNI 1967:2008, dengan langkah-langkah pengujian batas cair sebagai berikut :

1. Siapkan mangkok pengaduk, mangkok kuningan dan pemutarnya serta alat pembuat alur (*grooving tool*).
2. Tempatkan benda uji sebanyak 100 gram di atas mangkok pengaduk, kemudian aduk benda uji sampai rata dan kalis dengan menambahkan air sebanyak 15 ml sampai dengan 20 ml.
3. Setelah itu, masukkan benda uji yang sudah kalis ke dalam mangkok kuningan dan sisakan sebagian isi mangkok.
4. Goreslah tanah yang berada dalam mangkok kuningan serta membagi dua tanah dengan menggunakan alat pembuat alur yang berbentuk lengkung sepanjang diameter mangkok melalui garis tengahnya sehingga alur terlihat jelas.
5. Langkah selanjutnya adalah memutar mangkok kuningan dengan putarannya sampai dua sisi alur benda uji menjadi bersentuhan pada bagian bawah alur sepanjang 13 mm. Banyaknya pukulan yang diperlukan untuk tertutupnya alur sepanjang ini harus dicatat.
6. Ambil sedikit tanah yang sudah di uji tersebut dengan spatula dan masukkan ke dalam cawan untuk mengetahui kadar air serta catat hasilnya.

7. Setelah pengujian ini, mangkok kuning dan alat pembuat alur dibersihkan dan dikeringkan.

b. Batas Plastis (PL)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan batas terendah kondisi kadar air ketika tanah masih dalam kondisi plastis. Pengujian ini dilakukan dengan cara membentuk tanah menjadi silinder berdiameter 3 mm dan digulung sampai mulai retak. Langkah-langkah pada pengujian ini terdapat pada SNI 1966:2008 yang diuraikan sebagai berikut :

1. Siapkan benda uji sekitar 20 gram dari material yang telah lolos saringan No.40. Letakkan tanah kering dalam mangkok pengaduk dan campur dengan air sampai benda uji menjadi cukup plastis untuk dibentuk.
2. Ambil 1,5 gram sampai 2,0 gram berat tanah basah. Bentuk bagian yang diambil menjadi bentuk bulat panjang. Geleng benda uji dengan telapak tangan atau jari pada plat kaca dengan tekanan yang cukup untuk menggeleng benda uji menjadi beberapa gelengen kecil dengan diameter dan panjang yang sama. Diameter yang dibentuk harus berukuran 3 mm.
3. Apabila tanah hasil gelengan tanah berdiameter 3 mm belum terjadi retakan, maka tanah gelengan dibagi menjadi enam atau delapan potongan. Satukan dan remas semua potongan dengan kedua tangan dan geleng kembali dengan jari tangan hingga membentuk bulat panjang dengan diameter 3 mm.
4. Kumpulkan bagian-bagian tanah yang retak dan masukkan ke dalam cawan lalu ditimbang. Setelah itu, tanah tersebut dikeringkan dengan oven.
5. Tanah yang sudah kering ditimbang kembali untuk menghitung nilai kadar air.

3.4.7 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis terhadap contoh benda uji dilakukan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya. Pengujian ini dilakukan pada tanah lempung asli untuk mendapatkan nilai berat jenis yang kemudian digunakan untuk pengujian pemadatan tanah lempung asli.

Pengujian berat jenis tercantum pada SNI 1964:2008 dengan langkah-langkah dibawah ini :

1. Siapkan bahan dan alat, lakukan pengeringan benda uji dengan oven pada suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah itu dinginkan.
2. Cuci piknometer atau botol ukur dengan air mineral, kemudian keringkan dan timbang (W_1).
3. Masukkan benda uji ke dalam piknometer yang digunakan, kemudian timbang (W_2).
4. Tambahkan air ke dalam piknometer yang berisi benda uji sehingga piknometer atau botol ukur terisi dupertiganya.
5. Panaskan piknometer yang berisi rendaman benda uji dengan hati-hati selama 10 menit atau lebih sehingga udara dalam benda uji keluar seluruhnya.
6. Setelah itu, rendamlah piknometer dan tambahkan air suling secukupnya sampai penuh. Keringkan bagian luar piknometer, lalu timbang (W_3).
7. Benda uji dalam piknometer beserta air suling dikeluarkan, lalu dikeringkan dan ditimbang (W_4).

3.4.8 Pengujian Pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume serta mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan. Pada umumnya, tanah memiliki satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimum. Pengujian pemadatan ini dilakukan dengan cara pemadatan secara *modified*. Tanah dipadatkan pada suatu cetakan dan banyak pukulannya pada setiap lapisan sebanyak 56 kali per lapisan. Tanah dipadatkan dalam 5 lapisan. Alat pemukul yang digunakan untuk pengujian pemadatan memiliki berat 10 pound dan tinggi jatuhnya 18 inch.

Pengujian pemadatan bertujuan untuk mendapatkan nilai OMC (*Optimum Moisture Content*) yang digunakan dalam pengujian kuat geser tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dengan komposisi konstan yaitu 3% serta campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi 22%, 25%, dan 28% untuk menentukan kadar air yang digunakan.

Pengujian pemadatan ini terdapat pada SNI 1743:2008 yang diuraikan pada langkah-langkah berikut :

1. Siapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
2. Timbang massa cetakan tanpa leher sambungan beserta keping alas serta ukur diameter dalam dan tinggi cetakan.
3. Pasang leher sambungan pada cetakan, kemudian dikunci dan ditempatkan pada dasar yang stabil.
4. Ambil benda uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam baskom dan aduk sampai merata dengan botol penyemprot.
5. Padatkan benda uji di dalam cetakan. Bagi menjadi 5 lapisan yang masing-masing ditumbuk sebanyak 56 kali, dengan ketebalan yang sama sehingga ketebalan total setelah dipadatkan kira-kira 125 mm. Pemadatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Untuk lapis pertama, isi benda uji ke dalam cetakan dengan jumlah yang sedikit melebihi $\frac{1}{5}$ dari ketebalan padat total, sebarkan secara merata dan ditekan sedikit dengan alat penumbuk atau alat lain yang serupa agar tidak lepas atau rata. Padatkan secara merata pada seluruh bagian permukaan benda uji di dalam cetakan dengan menggunakan alat penumbuk yang mempunyai massa 4,54 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 457 di atas permukaan contoh benda uji tersebut sebanyak 56 kali.
 - b. Lakukan pemadatan untuk lapis selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama seperti lapis pertama.
6. Langkah selanjutnya adalah melepaskan leher sambungan dan ratakan permukaan tanah yang terdapat di cetakan.
7. Timbang cetakan dan keping alasnya beserta benda uji yang telah dipadatkan dengan ketelitian 1 gram.
8. Buka keping alas dan keluarkan benda uji dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji. Ambil bagian atas, bawah, dan tengah benda uji yang terdapat pada cetakan untuk melakukan pengujian kadar air.

3.4.9 Pengujian Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah berfungsi untuk memperoleh parameter kuat geser tanah dan diuji geser dengan diberi kesempatan terdrainase serta kecepatan pergeseran/deformasi tetap. Pengujian kuat geser tanah dilakukan pada tanah lempung asli dan tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dengan komposisi konstan yaitu 3% serta campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi 22%, 25%, dan 28%. Pengujian kuat geser tanah lempung asli dilakukan setelah sampel tanah diambil langsung dari lapangan, sedangkan untuk pengujian tanah lempung campuran serbuk cangkang telur dengan komposisi konstan 3% dan campuran serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi 22%, 25%, dan 28% dilakukan setelah pengujian pemadatan tanah lempung asli. Adapun pengujian kuat geser tanah tercantum pada SNI 3420:2016 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Lakukan penjenjuran benda uji dengan cara mengisi bak dengan air sampai benda uji dan batu pori terendam seluruhnya. Benda uji selalu direndam dalam air selama pengujian sebelum pembebanan pada benda uji dilakukan dengan cara meletakkan beban pada ujung sebuah balok datar.
3. Pengujian kuat geser tanah dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Buka baut pengunci kotak geser agar bagian atas dan bagian bawah kotak dapat bergeser.
 - b. Setel kotak cincin pembeban agar dapat menempel pada kotak geser bagian atas.
 - c. Setel arloji cincin pembeban sehingga letak jarum ada pada posisi nol.
 - d. Pergeseran dimulai dengan penggerakkan engkol dengan kecepatan yang stabil.
 - e. Catat waktu deformasi vertikal, deformasi horizontal dan gaya geser cincin pembeban.
 - f. Pergeseran dihentikan apabila telah mencapai deformasi horizontal minimum 15% dari diameter benda uji semula.

