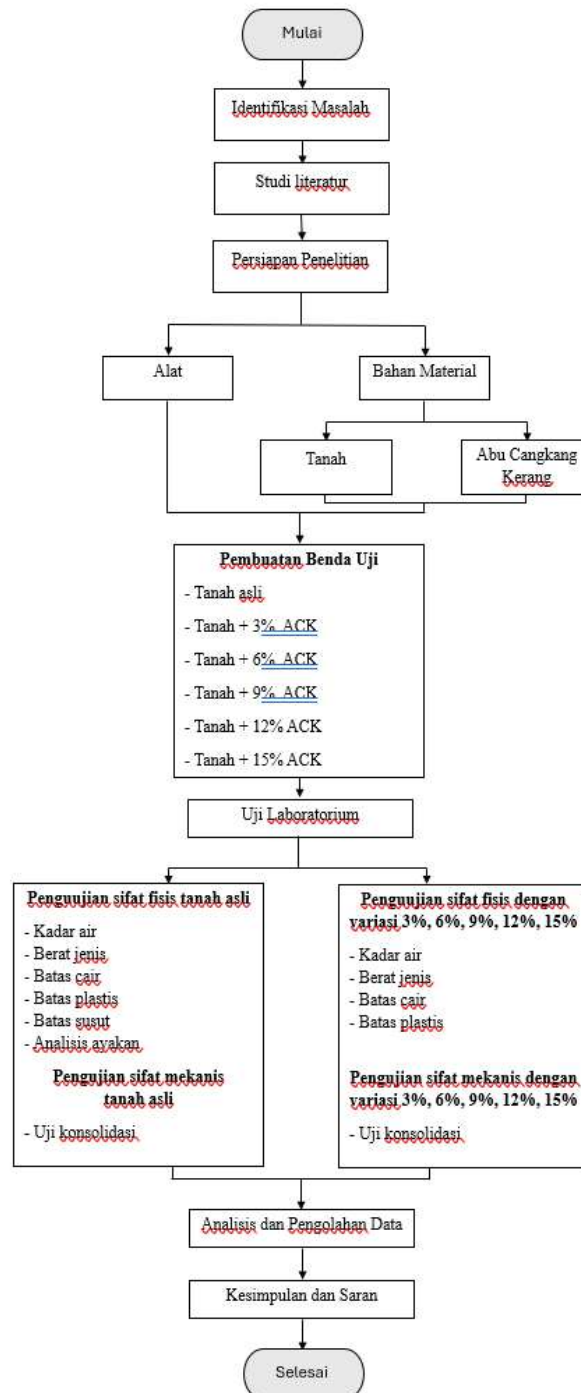


3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Adapun penjelasan diagram alir penelitian sebagai berikut:

a. Identifikasi Masalah

Menentukan dan menjelaskan permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian yaitu pemanfaatan limbah serbuk cangkang kerang yang menumpuk di Muara Angke.

b. Studi Literatur

Pada studi literatur dilakukan peninjauan terhadap literatur terdahulu sebagai panduan dalam melakukan penelitian ini untuk stabilisasi tanah dengan bahan stabilisator abu cangkang kerang.

c. Menyiapkan Bahan dan Peralatan

Untuk menyiapkan peralatan dapat dimulai dengan membuat surat peminjaman alat pada laboratorium, lalu menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu:

- Tanah uji, pengambilan tanah uji yang digunakan dalam penelitian dilakukan di pembangunan Jakarta *Sewerage Development Project* (JSDP)
- Abu cangkang kerang, diawali dengan pengumpulan cangkang kerang hijau, lalu dibersihkan dan dijemur, kemudian cangkang kerang dibakar hingga menjadi abu cangkang kerang.

d. Pembuatan benda uji

Benda uji dibuat dengan mencampur tanah lempung dengan abu cangkang kerang dalam variasi komposisi yang sudah ditentukan yang mana pada penelitian digunakan variasi abu cangkang kerang dengan persentase sebagai berikut:

- Tanah Asli
- Tanah + 3% abu cangkang kerang
- Tanah + 6% abu cangkang kerang

- Tanah + 9% abu cangkang kerang
- Tanah + 12% abu cangkang kerang
- Tanah + 15% abu cangkang kerrang

e. Uji Laboratorium

Uji laboratorium pada penelitian ini dilakukan pada contoh tanah asli dan contoh tanah yang telah diberi tambahan abu cangkang kerang dengan variasi 3%, 6%, 9%, 12%, 15%. Uji lab yang dilakukan pada tanah asli terdiri dari uji parameter fisik yang meliputi kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut, analisis ayakan, dan uji parameter mekanik yaitu dengan uji konsolidasi. Sedangkan pada contoh tanah dengan penambahan abu cangkang kerang dengan variasi 3%, 6%, 9%, 12%, 15% meliputi kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis dan uji parameter mekanik yaitu dengan uji konsolidasi.

f. Analisis dan pengolahan data

Data hasil pengujian diolah dan dianalisis untuk mengetahui klasifikasi contoh tanah yang digunakan dalam penelitian dan pengaruh penambahan abu cangkang kerang hijau terhadap tanah lempung.

g. Kesimpulan dan saran

Dari langkah kerja awal hingga analisis dan pengolahan data maka dapat ditarik kesimpulan atas efektivitas penambahan abu cangkang kerang terhadap stabilisasi. Untuk mengetahui klasifikasi tanah diambil dari data uji batas cair, batas plastis dan analisis ayakan pada tanah asli. Tujuan klasifikasi tanah asli ini adalah untuk memastikan jenis tanah yang digunakan merupakan tanah lunak.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan dapat dikategorikan data sekunder dan data primer, yaitu:

- Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui pengujian laboratorium, yaitu diantaranya uji fisis dan mekanis tanah seperti pengujian kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut, analisis saringan, dan uji konsolidasi.
- Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber lain untuk mendukung penelitian seperti tabel klasifikasi tanah menurut USCS, data uji kimia bahan stabilitas yaitu abu cangkang kerang, panduan standar teknis seperti SNI, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

Tabel 3. 1 Perencanaan sampel penelitian

	Tanah Asli	ACK 3%	ACK 6%	ACK 9%	ACK 12%	ACK 15 %
Uji Kadar Air	3	3	3	3	3	3
Uji Berat Spesifik	3	3	3	3	3	3
Uji Batas Cair	3	3	3	3	3	3
Uji Batas Plastis	3	3	3	3	3	3
Uji Batas Susut	3	-	-	-	-	-
Uji Analisis Saringan	1	-	-	-	-	-
Uji Konsolidasi	1	1	1	1	1	1
Total				80		

(Sumber : : Perhitungan Data, 2025)

Tabel 3. 2 Perhitungan Penggunaan Bahan

Pengujian	Bahan	Tanah Asli	TA+ ACK 3%	TA+ ACK 6%	TA+ ACK 9%	TA+ ACK 12%	TA+ ACK 15%	Total
Uji Berat	Tanah	250	242,5	235	227,5	220	212,5	1387,5
Spesifik	ACK	0	7,5	15	22,5	30	37,5	112,5
Uji Batas	Tanah	100	97	94	91	88	85	555
Cair	ACK	0	3	6	9	12	15	45
Uji Batas	Tanah	20	19,4	18,8	18,2	17,6	17	111
Plastis	ACK	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	9
Uji Batas	Tanah	30	0	0	0	0	0	30
Susut	ACK	0	0	0	0	0	0	0
Uji	Tanah	500	0	0	0	0	0	500
Analisis	ACK	0	0	0	0	0	0	0
Saringan								
Uji	Tanah	3000	2910	2820	2730	2640	2550	16650
Consolidat ion	ACK	0	90	180	270	360	450	1350

(Suer : Perhitungan Data, 2025)

3.3 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Data tanah lempung yang diperoleh dari hasil uji laboratorium meliputi parameter sifat fisis dan mekanis tanah seperti kadar air, berat jenis, indeks plastisitas, serta hasil pengujian konsolidasi (*consolidation test*). Data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel atau grafik sebagai dasar untuk mengevaluasi pengaruh penambahan abu cangkang kerang terhadap stabilitas tanah. Data hasil pengujian kemudian diolah lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik tanah setelah stabilisasi sesuai dengan kondisi eksperimental yang dilakukan.

Pada penelitian ini, tanah lempung yang belum distabilisasi akan dibandingkan dengan tanah yang telah dicampur dengan variasi persentase abu cangkang kerang. Melalui pengujian konsolidasi (*consolidation test*), akan dianalisis perubahan sifat kompresibilitas dan daya dukung tanah. Analisis lanjut dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian kondisi tanah asli dengan tanah yang telah distabilisasi untuk menentukan komposisi campuran yang optimal. Adapun untuk menentukan parameter uji tanah sebagai berikut:

3.4.1 Kadar air

Nilai kadar air dihitung berdasarkan persamaan (2.1), yaitu perbandingan antara massa air yang terkandung dalam tanah dengan massa partikel padatnya. Dalam SNI 1965:2019, pengujian kadar air terdapat beberapa peralatan yang akan digunakan yaitu:

- a. Oven
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- c. Cawan benda uji
- d. Desikator
- e. Alat pemegang cawan, seperti sarung tangan, jepitan, atau alat pemegang lainnya
- f. Spatula, sendok, kain pembersih, pengiris contoh.

Berikut prosedur pelaksanaan pengujian kadar air berdasarkan SNI 1965:2019

- a. Timbang dan catat berat cawan kosong beserta tutupnya sebelum diisi dengan sampel uji, lalu beri tanda (W_3).
- b. Ambil sampel uji yang akan diuji dan masukkan ke dalam cawan kosong, kemudian timbang catat sebagai (W_1).
- c. Buka penutup cawan kosong dan taruh wadah yang sudah berisi sampel uji pada oven pengering. Oven dalam suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 12-16 jam (jika menggunakan oven *forced draft*) dan 24 jam (jika menggunakan oven non *forced draft*).
- d. Keluarkan sampel uji dari oven, lalu dinginkan. Jika sudah mendingin hingga suhu ruang maka timbang sampel uji dan cawan kosong dan catat massanya (W_2).
- e. Nilai kadar air akan dihitung dengan persamaan (2.1)

3.4.2 Berat jenis

Nilai berat jenis tanah dihitung berdasarkan persamaan (2.2), yaitu perbandingan antara berat butiran padat tanah dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berdasarkan SNI 1964:2008, pengujian berat jenis digunakan peralatan sebagai berikut:

- a. Piknometer ukuran 100 ml
- b. Saringan 4,75 mm (No.4) dan saringan 2,00 mm (No. 10) dan pan
- c. Timbangan ketelitian 0,01 gram
- d. Oven
- e. Desikator
- f. Termometer
- g. Bak perendam
- h. Botol
- i. Tungku Listrik

Berikut prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis sesuai dengan SNI 1964:2008:

- a. Sebelum dilakukan pengujian perlu dilakukan kalibrasi piknometer.
- b. Setelah kalibrasi piknometer, oven benda uji pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- c. Setelah di oven selama 24 jam keluarkan benda uji dan dinginkan lalu masukkan dalam desikator.
- d. Cuci piknometer, keringkan dan timbang massa piknometer kosong (W_1).
- e. Masukkan benda uji ke dalam piknometer, lalu timbang massa piknometer + benda uji (W_2).
- f. Tambahkan air suling pada piknometer yang terisi benda uji, hingga terisi dua pertiga dari piknometer.
- g. Jika benda uji mengandung lempung maka benda uji perlu di diamkan selama 24 jam dengan kondisi terendam.
- h. Siapkan bak peredam dan kompor listrik lalu panaskan piknometer yang berisi benda uji selama 10 menit atau lebih hingga udara dalam benda uji ke luar seluruhnya
- i. Setelah itu, rendam piknometer dalam bak air hingga suhunya stabil, lalu tambahkan air hingga penuh, keringkan bagian luar wadah dan timbang dan catat sebagai (W_3).
- j. Ukur suhu piknometer dengan menggunakan termometer, lalu catat untuk mendapatkan nilai faktor koreksi (K).
- k. Jika volume piknometer atau botol ukur belum diketahui, tentukan isinya sebagai berikut:
 - Bersihkan piknometer dan kosongkan piknometer yang hendak digunakan
 - Isi piknometer dengan air suling yang memiliki suhu sama, keringkan dan timbang (W_4)
- l. Nilai berat jenis akan dihitung dengan persamaan (2.2)

3.4.3 Batas cair

Nilai batas cair ditentukan berdasarkan persamaan (2.3) dan (2.4), yaitu hubungan antara jumlah ketukan dan kadar air tanah pada kondisi batas cair. Peralatan pengujian batas cair berdasarkan SNI 1967:2008 yaitu:

- a. Mangkok pengaduk
- b. Spatula
- c. Alat uji batas cair mekanik/elektrik
- d. Alat pembuat alur (grooving tool)
- e. Cawan
- f. Timbangan
- g. Oven

Berikut prosedur pelaksanaan pengujian batas cair berdasarkan SNI 1967:2008:

- a. Siapkan peralatan uji batas cair dalam kondisi bersih dan pastikan alat dalam keadaan baik dan siap digunakan
- b. Ambil tanah lolos ayakan No. 40 sebanyak ± 100 gram. Lalu letakkan sampel uji ke dalam mangkuk pengaduk
- c. Lakukan pencampuran awal dengan menambahkan 15-20 mL air suling. Aduk hingga tercampur rata. Jika sudah rata ambil sebagian tanah dan letakkan dalam mangkuk kuningan
- d. Ratakan permukaan tanah hingga mencapai ketebalan $\pm$
- e. Pasang mangkuk kuningan pada alat uji batas cair mekanik/elektrik
- f. Buatlah alur pada mangkuk kuningan menggunakan alat pembuat alur (grooving tool) di tengah sampel uji. Pastikan alur yang dibuat tegak lurus dan simetris
- g. Lakukan pemutaran tuas penguji dengan kecepatan tetap sebanyak 2 putaran per detik, sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 12,5 mm. Hitung dan catat jumlah ketukan sampai kedua sisi tanah bertemu (N)
- h. Ulangi prosedur pengujian secara identik hingga dua hasil pengujian dengan jumlah ketukan melebihi 25 kali dan dua hasil lainnya dengan jumlah ketukan di bawah 25 kali.

- i. Setiap kali pengujian selesai dilakukan, segera ambil sampel tanah dari dalam mangkuk uji menggunakan alat yang bersih, kemudian masukkan ke dalam cawan kosong yang telah diketahui berat awalnya (W_1). Lakukan penimbangan terhadap cawan yang telah berisi sampel tanah basah untuk mendapatkan nilai berat (W_2), kemudian lanjutkan dengan proses pengeringan sampel dalam oven (W_3).
- j. Nilai batas cair akan dihitung dengan persamaan (2.3) & (2.4)

3.4.4 Batas plastis

Nilai batas plastis ditentukan berdasarkan persamaan (2.5), yaitu kadar air tanah saat mulai retak ketika digulung hingga diameter 3 mm. Peralatan yang digunakan dalam pengujian batas plastis berdasarkan SNI 1966:2008 yaitu:

- a. Mangkok porselen
- b. Batang pengaduk
- c. Batang pembanding
- d. Plat kaca sebagai permukaan untuk menggeleng
- e. Alat penggeleng batas plastis
- f. Kertas penggeleng
- g. Cawan
- h. Timbangan
- i. Oven

Prosedur pelaksanaan batas plastis sesuai dengan SNI 1966:2008 yaitu:

- a. Ambil sampel tanah seberat 1,5-2,0 gram lalu bentuk menjadi bulat panjang
- b. Proses pilin tanah dilakukan dengan meletakkan sampel di atas plat kaca atau kertas di permukaan rata, lalu digeleng menggunakan telapak tangan atau jari dengan tekanan yang disesuaikan jenis tanah. Teknik pilin yang tepat adalah membentuk serangkaian pilin kecil berdiameter seragam, kemudian menyatukannya kembali hingga mencapai diameter 3 mm dalam waktu maksimal 2 menit.

- c. Untuk tanah berplastisitas rendah yang mudah pecah, gunakan sisi telapak tangan atau pangkal ibu jari. Jika telah mencapai diameter 3 mm tanpa retakan, bagi sampel menjadi 6-8 bagian, remas, dan geleng kembali. Sebaliknya, jika muncul retakan pada diameter 3 mm (khususnya pada tanah lempung padat mendekati batas plastis), teruskan pilin hingga terbentuk serpihan sepanjang 6-9 mm.
- d. Kumpulkan tanah yang retak pada diameter 3 mm, taruh dalam cawan yang sudah di timbang (W_1). Timbang cawan dan tanah yang sudah di pilin (W_2), lalu oven untuk dikeringkan (W_3)
- e. Nilai batas plastis akan dihitung dengan persamaan (2.5)

3.4.5 Batas susut

Nilai batas susut ditentukan berdasarkan persamaan (2.7) pada Bab 2, yaitu selisih volume tanah antara kondisi basah dan kering oven relatif terhadap massa tanah kering. Pengujian batas susut berdasarkan SNI 3423:2008 membutuhkan peralatan sebagai berikut:

- a. Cawan penguap porselen diameter 150mm
- b. Spatula
- c. Cawan porselen diameter 45mm
- d. Mistar baja
- e. Cawan gelas
- f. Pelat transparan
- g. Gelas ukur kapasitas 25ml
- h. Timbangan
- i. Air raksa
- j. Oven

Prosedur pengujian batas susut berdasarkan SNI 3423:2008:

- a. Taruh sampel pada cawan sebanyak ± 30 gr yang lolos saringan No. 40
- b. Tuang air suling secara bertahap, lalu campur sampai sampel menjadi jenuh dan menjadi pasta. Pastikan hingga tidak ada gelembung-gelembung udara

- c. siapkan cawan susut berukuran diameter 44 mm dan timbang berat kosongnya (W_1) sebagai data awal. Selanjutnya, oleskan lapisan tipis vaselin pada seluruh permukaan bagian dalam cawan untuk mencegah tanah menempel ke dinding cawan selama pengujian. Proses pengisian dilakukan secara bertahap yaitu dengan mengisi sepertiga bagian cawan dengan pasta tanah, lalu ketuk bagian dasarnya perlahan untuk memastikan material menyebar merata dan menempel pada dinding. Lanjutkan dengan menambahkan lagi sepertiga bagian kedua dan ketuk kembali dengan cara yang sama. Pada tahap akhir, isi cawan hingga melebihi kapasitasnya dan terus ketuk perlahan sampai seluruh ruang cawan terisi sempurna tanpa rongga udara. Ratakan kelebihan tanah di atas permukaan cawan menggunakan mistar besi dengan gerakan menyapu yang presisi, kemudian bersihkan sisa material yang menempel di bagian tepi luar cawan untuk memastikan kondisi sampel yang rapi.
- d. Timbang dan catat berat cawan susut + sampel (W_2)
- e. Proses pengeringan awal benda uji dilakukan dengan cara menganginkan pada suhu ruang hingga terjadi perubahan warna dari gelap menjadi lebih terang, yang menandakan berkurangnya kadar air permukaan. Tahap ini sangat penting untuk mencegah keretakan atau kerusakan sampel saat mengalami pemanasan tinggi dalam oven. Durasi penganginan harus memenuhi ketentuan minimal 6 jam dan maksimal 24 jam untuk menjamin pengeringan yang merata. Setelah perubahan warna teramati dan masa penganginan selesai, benda uji kemudian dimasukkan ke dalam oven yang telah disetel pada suhu terkontrol ($110 \pm 5^\circ\text{C}$). Proses pengeringan dalam oven ini dilanjutkan hingga tercapai berat konstan dengan waktu pemanggangan minimum 16 jam, yang menjamin penghilangan kandungan air secara sempurna dari sampel tanah.
- f. Lakukan penimbangan terhadap cawan susut beserta benda uji di dalamnya dan catat hasil pengukurannya (W_3). Selanjutnya, dengan hati-hati keluarkan benda uji yang telah kering tersebut dari dalam cawan susut untuk tahap pengujian berikutnya.

- g. Untuk menentukan volume cawan susut, pertama pastikan cawan dalam keadaan kosong dan bersih. Isi cawan tersebut dengan air raksa hingga permukaannya rata penuh. Gunakan plat berkaki tiga untuk menekan cawan secara merata, memastikan air raksa memenuhi seluruh rongga tanpa ada gelembung udara. Kemudian, tuangkan air raksa dari cawan susut ke dalam gelas ukur yang telah diketahui berat awalnya. Lakukan penimbangan terhadap gelas ukur yang berisi air raksa tersebut dan catat beratnya sebagai W_4 . (Perhatian: Selama proses ini, letakkan cawan susut di dalam cawan peluberan untuk menampung kelebihan air raksa yang mungkin tumpah, sehingga meminimalkan risiko kontaminasi dan memudahkan pembersihan).
- h. Pengukuran volume benda uji kering: Langkah pertama adalah menyiapkan cawan gelas/kristal berdiameter 50 mm dalam keadaan kosong, kemudian timbang dan catat berat awalnya. Isi cawan tersebut dengan air raksa hingga permukaannya rata dan penuh. Masukkan benda uji yang telah dikeringkan ke dalam cawan berisi air raksa, lalu tekan secara perlahan menggunakan plat datar berkaki tiga hingga benda uji terendam sempurna dan seluruh permukaannya tertutup oleh air raksa. Air raksa yang tumpah akibat perendaman kemudian dituangkan ke dalam gelas ukur yang telah dikalibrasi, lalu timbang dan catat beratnya sebagai W_5 .
- i. Nilai batas susut akan dihitung dengan persamaan (2.7)

3.4.6 Analisis Ayakan

Distribusi ukuran butir tanah ditentukan berdasarkan persamaan (2.8), yaitu persentase berat tanah yang tertahan pada setiap ayakan terhadap berat total contoh kering. Pengujian analisis ayakan berdasarkan SNI 3423:2008 menggunakan peralatan sebagai berikut:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- b. Ayakan ukuran ; No. 200; No. 100; No. 40; No. 20; No. 10; No. 4; $3/8''$; $3/4''$; $1 1/2''$ pan
- c. Sieve shaker
- d. Alat pemisah contoh tanah