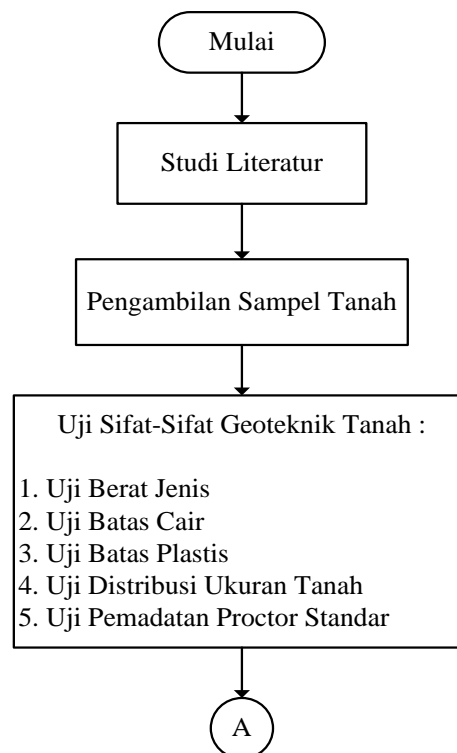


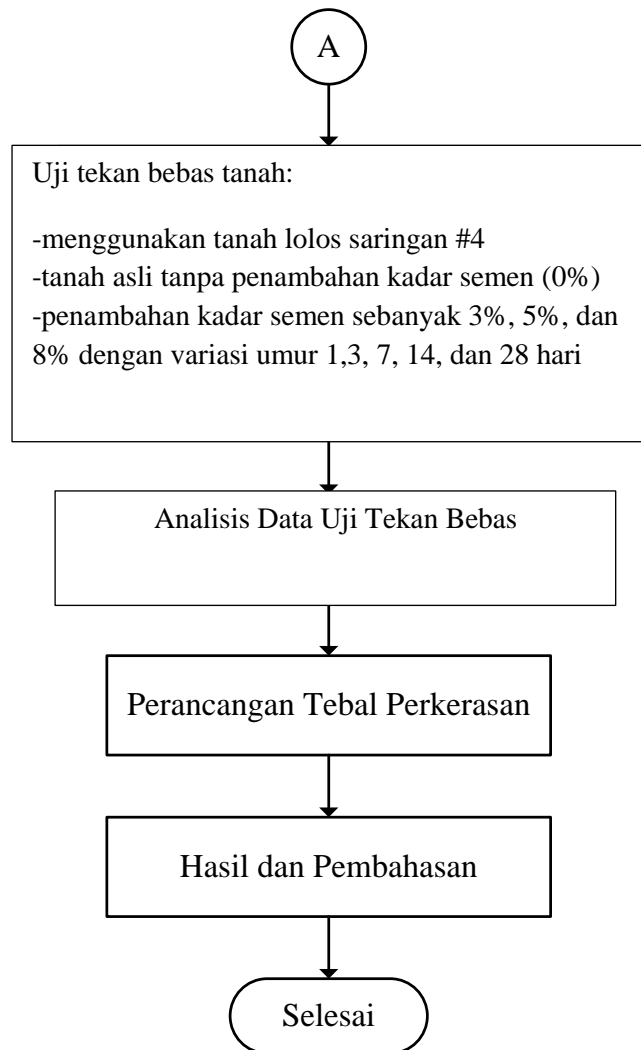
BAB III METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Pada penelitian uji tekan bebas ini, variabel utama yang akan dibahas adalah perubahan kuat tekan tanah yang distabilisasi menggunakan semen. Pengujian tekan bebas memberikan hasil yang berupa nilai tegangan tanah q_u (kPa) dan regangan tanah ϵ (%). Benda uji yang digunakan untuk pengujian ini dibedakan kadar semen dan umur benda uji. Kadar semen yang akan dicampurkan dengan tanah yaitu sebesar 3%, 5%, dan 8%. Untuk pengujian tekan bebas dilakukan pada saat benda uji berumur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Nilai kepadatan diambil dari OMC dan MDD tanah. Hasil pengujian ini nantinya akan membandingkan nilai kuat tekan bebas tanah benda uji dengan kadar semen dan umur benda uji yang telah di tentukan. Gambar 3.1 menunjukkan bagan alir (*flow chart*) dari kegiatan-kegiatan penelitian sampai dengan tahap penyusunan penelitian.



Gambar 3. 1 Tahapan peneltian



Gambar 3. 2 Lanjutan

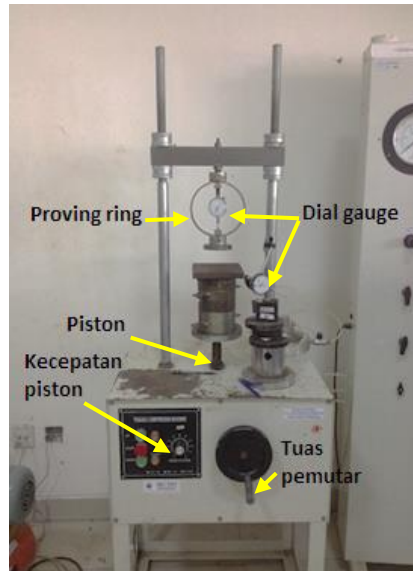
B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat uji tekan bebas. Bagian-bagian utama dari alat ini seperti pada Gambar 3.2, yaitu:
 - 1) Alat penekan tanah (*loading device*)
 - 2) Arloji pengukur tegangan dan pengukur kecepatan

Arloji pengukur beban digunakan untuk pembacaan nilai beban yang diberikan, sedangkan pengukur kecepatan digunakan untuk mengukur kecepatan pembebanan selama pengujian.



Gambar 3. 3 Alat uji bekan bebas

b. Cetakan Benda Uji

Cetakan silinder dengan diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Cetakan ini terbuat dari pipa baja terbelah (*Splitting Mold*) yang dimaksudkan untuk memepmudahkan proses pembuatan benda uji. Skema cetakan ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 4 Tabung Cetak Belah

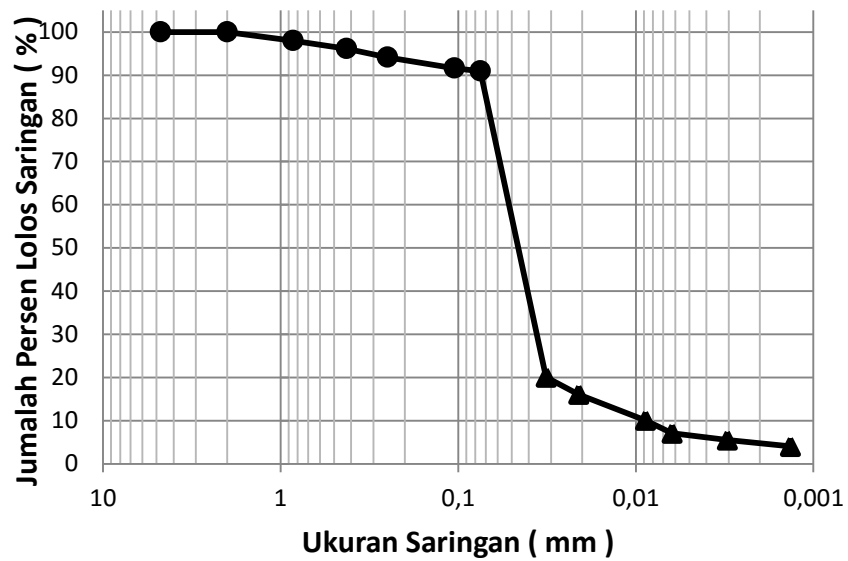
2. Bahan

a. Tanah *Colluvium*

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah *Colluvium* yang berasal dari Kulon Progo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan identifikasi pengujian sifat-sifat fisis dan indeks, tanah tersebut memiliki parameter seperti disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian sifat-sifat geoteknik tanah *Colluvium*

Parameter	Hasil
Berat Jenis, G_s	2,60
Batas-batas <i>atteberg</i> :	
Batas cair, LL	68,8 %
Batas plastis, PL	33,79 %
Indeks plastisitas, PI	35,26 %
Pemadatan <i>Proctor Standard</i> :	
Tanah Asli :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,43 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	25 %
Tanah + 3% semen :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,35 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	24,49 %
Tanah + 5% semen :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,08 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	26,5 %
Tanah + 8% semen :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,03 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	26 %



Gambar 3. 5 Grafik distribusi ukuran butir tanah

Pada grafik distribusi ukuran butir tanah menunjukkan bahwa tanah mengandung fraksi tanah berbutir kasar sebanyak 9,08% dan fraksi tanah berbutir halus 90,92%. Karena persentase fraksi tanah berbutir halus lebih dari 50%, maka dapat dikategorikan sebagai tanah berbutir halus. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis (lihat tabel 3.1), sehingga menurut sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System (USCS)*, tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas tinggi dengan simbol CH.



Gambar 3. 6 Tanah *Colluvium*

b. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan tambahan adalah semen Portland tipe I dengan *merk* Holcim.



Gambar 3. 7 Semen sebagai bahan stabilisasi

C. Desain Campuran Benda Uji

1. Campuran Tanah dan Semen

Dalam penelitian ini, benda uji dibuat dengan campuran tanah *Colluvium* dan semen dengan menggunakan variasi prosentase semen 3%, 5%, dan 8%. Formula perhitungan campuran benda uji yang digunakan berdasarkan MDD dan OMC yang didapat pada Tabel 3.1

2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan merupakan tanah yang dicampur dengan semen. Berikut langkah-langkah pembuatan benda uji :

- a. Digunakan tanah lolos saaringan no. #4 dalam kondisi kering oven sebanyak 255 g
- b. Digunakan semen dengan komposisi 3%, 5%, dan 8% dari berat kering tanah
- c. Setiap variasi campuran ditambah dengan air berdasarkan OMC yang didapat, lihat Tabel 3.1
- d. Campuran dimasukkan ke dalam silinder cetak kemudian dipadatkan secara bertahap dan dikeluarkan dengan membuka cetakan silinder.

- e. Hasil cetakan tersebut kemudian ditimbang beratnya dan diukur dimensinya lalu dibungkus dengan plastik rapat-rapat agar bentuk dan kadar air dalam benda uji tidak berubah kemudian disimpan sesuai dengan variasi hari pengujian, yaitu 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.



Gambar 3. 8 Benda uji yang telah siap kemudian diperam

D. Prosedur Pengujian Laboratorium

Uji tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*), tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji yang telah mencapai variasi hari untuk pengujian yaitu 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14, hari dan 28 hari diukur berat, tinggi, dan diameternya



Gambar 3. 9 Benda uji yang telah siap

- b. Benda uji kemudian diletakkan berdiri dan simetris pada plat dasar alat tekan bebas.



Gambar 3. 10 Benda uji pada alat uji tekan bebas

- c. Jarum penunjuk angka penurunan dan pembebanan diatur agar menunjuk pada angka nol.



(a)



(b)

Gambar 3. 11 Arloji penunjuk angka penurunan (a), arloji penunjuk angka pembebanan (b)

- d. Pembacaan dilakukan setiap arloji penunjuk angka penurunan menunjukkan kenaikan 30 mm
- e. Pengujian dihentikan setelah benda uji mengalami penurunan pada angka pembebanan, retak atau pecah, atau benda uji mengalami regangan sebesar 20%.



Gambar 3. 12 Benda uji mengalami retakan

E. Analisis Data

1. Uji Tekan Bebas

Parameter utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah kuat tekan bebas tanah (q_u) yang diperoleh dari hasil uji tekan bebas. Nilai kuat tekan bebas ini kemudian dibandingkan dengan masing masing benda uji dengan kadar semen yang berbeda juga variasi pemeraman yang telah ditentukan. Perubahan nilai kuat tekan tanah terhadap kadar semen dan waktu pemeraman dikaji dari analisis yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan kuat tekan tanah dan kadar semen, juga kuat tekan tanah dengan waktu pemeraman. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan bebas.

Dari hasil pengujian tekan bebas didapatkan data:

$$\text{Diameter awal benda uji} = 5,13$$

$$\text{Tinggi awal benda uji} = 10,05$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang awal, } A_0 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 5,13^2 \\ &= 20,67 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Data pembacaan beban aksial dan deformasi

$$\begin{aligned} \text{Deformasi, } \Delta H &= a \times 10^{-3} \\ &= 300 \times 10^{-3} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Regangan, } \varepsilon &= \frac{\Delta H}{H} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3}{10,05} \times 100\% \\
 &= 2,994 \\
 \\
 \text{Beban, P} &= \text{arloji ukur} \times \text{kalibrasi} \\
 &= 25 \times 0,4825 \\
 &= 12,0625 \text{ kg} \\
 \\
 \text{Tegangan, } \sigma &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{12,0625}{20,67} \times 9,81 \\
 &= 55,9723 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

2. Desain Perkerasan Jalan

Data Geometrik Jalan :

Nama jalan	: Ruas Jalan Siluk-Kretek, Bantul, DIY
Status Jalan	: Jalan Provinsi
Fungsi Jalan	: Kolektor
Kelas Jalan	: II
Tipe Jalan	: 2 Lajur 2 Arah

Data Perancangan Tebal Perkerasan :

CBR Tanah Dasar	: 6,34%
CBR Tanah <i>Colluvium</i>	: 5,23%
Umur Rencana, P	: 10 Tahun
Pertumbuhan Lalu Lintas, R	: 3,5% per tahun
Distribusi arah , DF	: 50%
<i>Reliability</i>	: 90%

Tabel 3. 2 Data Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	LHR
Mobil Penumpang	2809
Bus Kecil	105
Bus Besar	20
Truk Sedang 2 as	89
Truk Besar 2 as	116
Total AADT	3139
Total HV	330

a. Analisis Data Lalu Lintas

1. Menghitung Kumulatif Faktor Pertumbuhan, CGF

$$\begin{aligned}
 \text{CGF} &= ((1+0,01R)^P-1)/0,01R \\
 &= ((1+0,01 \times 3,5)^{10}-1)/0,01 \times 3,5 \\
 &= 11,73
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Kendaraan Berat, %HV

$$\begin{aligned}
 \%HV &= \text{Total AADT}/\text{Total HV} \\
 &= 3139/330 \\
 &= 10,51 \%
 \end{aligned}$$

3. Menghitung angka kelompok gandar per kendaraan berat, N_{HVAG} .
Asumsi Nilai N_{HVAG} dapat dilihat pada Tabel 2. 6. Dari tabel, nilai N_{HVAG} didapatkan sebesar 2,8.

4. Menghitung LDF

Faktor distribusi arah ditentukan dengan cara asumsi sesuai Tabel 2. 5. berdasarkan jumlah lajur yang terdapat pada ruas jalan Siluk-Kretek yaitu 2 lajur. Sehingga didapatkan nilai LDF = 1,00.

5. Menghitung Kumulatif Kelompok Gandar Kendaraan berat, N_{DT}

$$\begin{aligned}
 N_{DT} &= 365 \times (\text{AADT} \times \text{DF}) \times (\%HV/100) \times N_{HVAG} \times \text{LDF} \times \text{CGF} \\
 &= 365 \times (3139 \times 0,5) \times (10,51/100) \times 2,8 \times 1 \times 11,73 \\
 &= 1,978,265 \text{ HVAG} \\
 &= 1,978 \times 10^6 \text{ HVAG}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan karakteristik distribusi beban lalu lintas, TLD

Dari Tabel 2.7, untuk jalan *rural* didapatkan distribusi beban lalu lintas antara lain :

- a. ESA/HVAG : 0,9
- b. ESA/HV : 2,5
- c. SARa/ESA : 1,1
- d. SARs/ESA : 1,6
- e. SArc/ESA : 12

7. Menghitung desain angka ekuivalen gandar standar dari beban lalu lintas, DESA

$$\begin{aligned} \text{DESA} &= \text{ESA}/\text{HVAG} \times N_{DT} \\ &= 0,9 \times 1,978 \times 10^6 \text{ ESA} \\ &= 1,78 \times 10^6 \text{ ESA} \end{aligned}$$

8. Menghitung desain repetisi gandar standar, DSAR

$$\text{DSAR}_{asc} = \text{SAR}_{asc}/\text{ESA} \times \text{DESA}$$

a. Kelelahan Aspal

$$\text{DSAR}_a = 1,1 \times 1,78 \times 10^6 = 1,958 \times 10^6 \text{ SAR}$$

b. *Rutting* dan *Shape Loss*

$$\text{DSAR}_s = 1,6 \times 1,78 \times 10^6 = 2,848 \times 10^6 \text{ SAR}$$

c. Kelelahan Material Bersemen

$$\text{DSAR}_c = 12 \times 1,78 \times 10^6 = 2,136 \times 10^7 \text{ SAR}$$

b. Perhitungan Tebal Perkerasan

1. Asumsi Komposisi Perkerasan

Tipe Material	E	Ketebalan
<i>Asphalt Concrete</i>	2800 MPa	160
<i>Soil Cement</i>	11,48 MPa*	315
<i>Subgrade, CBR = 6,34%</i>	6,34 MPa	-

*didapatkan dari hasil pengujian tekan bebas tanah semen 28 hari.

2. *Subgrade*

$$\text{CBR} = 6,34 \%$$

$$E_v = 10 \times \text{CBR}$$

$$\begin{aligned}
 &= 60,34 \text{ MPa} \\
 E_H &= 0,5 \times E_V \\
 &= 0,5 \times 52,3 \\
 &= 26,15 \text{ MPa} \\
 V_V = V_H &= 0,45 \\
 f &= E_V / (1 + V_V) \\
 &= 52,3 / (1 + 0,45) \\
 &= 36,07
 \end{aligned}$$

3. Soil Cement

$$\begin{aligned}
 E &= 11,48 \text{ MPa} \\
 V_V = V_H &= 0,2
 \end{aligned}$$

4. Asphalt

$$\begin{aligned}
 E_V &= 2800 \text{ MPa} \\
 V_V = V_H &= 0,4
 \end{aligned}$$

5. Menentukan regangan vertikal (*Vertical Strain*)

Parameter-parameter yang sebelumnya telah dihitung dan diasumsikan, dimasukkan ke dalam program CIRCLY untuk mendapatkan regangan kritis pada area dasar lapis aspal, dasar lapis material bersemen, dan diatas tanah dasar. Regangan kritis dari hasil running program CIRCLY dapat dilihat pada Gambar 3. 12.

```

Asphalt- 2800MPa
Maximum damage values for each vehicle type
-----
Vehicle Type      Damage Factor      Critical Strain
-----
ESA750-Full       .88085E+00         -0.35007E-03
Maximum of total damage=          0.8808489

Cemented, E=11,48 MPa
Maximum damage values for each vehicle type
-----
Vehicle Type      Damage Factor      Critical Strain
-----
ESA750-Full       .20790E-07         -0.65809E-04
Maximum of total damage=          2.0790472E-08

Subgrade, CBR6, 34
Maximum damage values for each vehicle type
-----
Vehicle Type      Damage Factor      Critical Strain
-----
ESA750-Full       .15017E-03         0.23724E-03
Maximum of total damage=          1.5016882E-04

```

Gambar 3. 13 Hasil *running* program CIRCLY dalam mencari nilai regangan vertical

6. Menghitung repetisi beban yang diizinkan (*Allowable Loading*)

Nilai repetisi beban yang diizinkan dihitung untuk masing-masing tipe kerusakan.

a. Deformasi permanen yang diijinkan

$$\begin{aligned} N_S &= (9300/\mu\varepsilon)^7 \\ &= (9300/350)^7 \\ &= 9,35 \times 10^9 \text{ SAR} \end{aligned}$$

Konversi SAR ke ESA menggunakan $SARS_S/ESA = 1,6$

$$N_S = (9,35 \times 10^9)/1,6 = 5,84 \times 10^9 \text{ ESA}$$

b. Kelelahan material semen yang diijinkan

$$\begin{aligned} N_C &= RF((113000/E^{0,804} + 191)/\mu\varepsilon)^{12} \\ &= 2 ((113000/11,48^{0,804} + 191)/65)^{12} \\ &= 4,16 \times 10^{11} \text{ SAR} \end{aligned}$$

Konversi SAR ke ESA menggunakan $SARS_C/ESA = 12$

$$N_C = (4,16 \times 10^{11})/12 = 3,46 \times 10^{10} \text{ ESA}$$

c. Kelelahan aspal yang diijinkan

$$\begin{aligned} N_A &= RF(6918(0,856 \times 14,08 + 1,08)/S_{\text{mix}}^{0,36} \times \mu\varepsilon)^5 \\ &= 1,5 (6918(0,856 \times 14,08 + 1,08)/2800^{0,36} \times 230)^5 \\ &= 8,9 \times 10^6 \text{ SAR} \end{aligned}$$

Konversi SAR ke ESA menggunakan $SARS_A/ESA = 1,1$

$$N_A = (8,9 \times 10^6)/1,1 = 8,09 \times 10^6 \text{ ESA}$$

Tabel 3. 3 Hasil Analisis Beban Rencana dan Beban Ijin

<i>Distress Mode</i>	Beban yang diijinkan (SAR)	Lalu Lintas Desain/Rencana (SAR)
Deformasi Permanen (<i>Permanent Deformation of Subgrade</i>)	$9,35 \times 10^9$ SAR	$2,848 \times 10^6$ SAR
Kelelahan Material Bersemen (<i>Cemented Material Fatigue</i>)	$4,16 \times 10^{11}$ SAR	$2,136 \times 10^7$ SAR
Kelelahan Aspal (<i>Asphalt Fatigue</i>)	$8,9 \times 10^6$ SAR	$1,958 \times 10^6$ SAR

Dari hasil analisis repetisi beban lalu lintas rencana dan repetisi beban yang diizinkan untuk masing-masing jenis kerusakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3, diperoleh nilai repetisi beban yang diizinkan lebih besar daripada nilai beban lalu lintas rencana ($N > DSAR$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi komposisi atau susunan lapis perkerasan dapat diterima.