

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di dua laboratorium yaitu Laboratorium Tanah Dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan (untuk pengujian pemadatan proctor dan dispersivitas tanah) dan Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (untuk pengujian konsistensi tanah, *specific gravity*, analisis saringan, dan *hydrometer*).

### 3.2. Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan, dilakukan langkah-langkah penelitian seperti tercantum pada Gambar 3.1 berupa diagram alir penelitian, dan akan dirinci lebih mendetail seperti berikut :

#### 3.2.1. Persiapan Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat untuk menguji :

- Identifikasi dan klasifikasi tanah
- Dispersivitas tanah (*Pinhole* dan *Crumb test*)

Sedangkan, untuk bahan benda uji tanah menggunakan tanah lempung *kaolinite* dan *bentonite* komersial

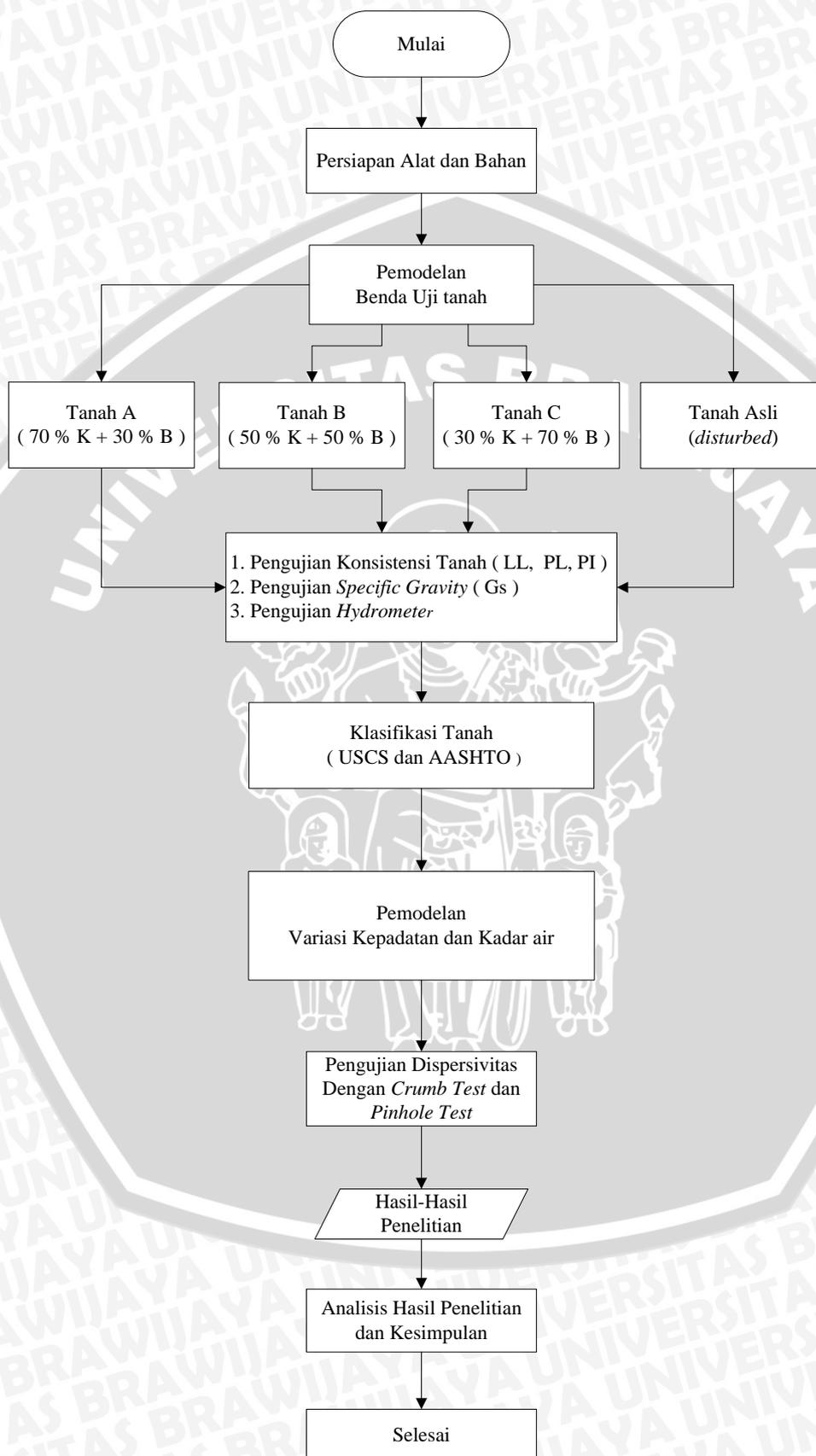
#### 3.2.2. Pemodelan Benda Uji Tanah.

Pada pemodelan benda uji tanah ini, dibuat 4 ( empat ) buah sampel dengan variasi atau komposisi antara tanah lempung *kaolinite* dan *bentonite* serta tanah asli sebagai berikut :

- Tanah A ( 70 % K + 30 % B ), artinya komposisi sampel dengan jumlah tanah *kaolinite* sebanyak 70 % dan *bentonite* sebanyak 30 %.
- Tanah B ( 50 % K + 50 % B ), artinya komposisi sampel dengan jumlah tanah *kaolinite* sebanyak 50 % dan *bentonite* sebanyak 50 %.
- Tanah C ( 30 % K + 70 % B ), artinya komposisi sampel dengan jumlah tanah *kaolinite* sebanyak 30 % dan *bentonite* sebanyak 70 %.
- Tanah Asli (*disturbed*).

Adapun tujuan dari variasi tersebut adalah untuk memodelkan plastisitas tanah asli yang mewakili kondisi tanah pada lereng-lereng alami sungai maupun tebing-tebing alam yang akan diuji dispersivitasnya.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

### 3.2.3. Pengujian Karakteristik Tanah.

Pada tahapan ini dilakukan beberapa pengujian karakteristik tanah, yaitu meliputi pengujian konsistensi ( batas-batas Atterberg : LL, PL, dan PI ), pengujian *Specific Gravity* (  $G_s$  ) dan pengujian distribusi partikel dengan cara *hydrometer* dengan tahapan percobaan sebagai berikut :

#### A. Percobaan *Plastic Limit* ( PL )

##### ➤ Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis.

##### ➤ Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam pemeriksaan *Plastic Limit* adalah :

- ❖ Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
- ❖ Sendok dempul panjang 12,5 cm
- ❖ Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ Cawan untuk menentukan kadar air
- ❖ Botol tempat air
- ❖ Air
- ❖ Oven dengan penagtur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

##### ➤ Langkah Kerja

- ❖ Letakkan 100 gram benda uji yang sudah dipersiapkan di dalam sebuah wadah
- ❖ Aduklah benda uji tersebut sambil menambahkan air sedikit demi sedikit sampai kadar air merata
- ❖ Setelah contoh menjadi campuran yang rata, buat bola-bola tanah dari benda uji itu seberat 8 gram, kemudian bola-bola tanah itu di giling-giling di atas plat kaca. Penggilingan dilakukan dengan telapak tangan sampai membentuk batang dengan diameter  $\pm 3$  mm.
- ❖ Jika pada saat penggilingan ternyata sebelum benda uji mencapai diameter  $\pm 3$  mm sudah retak, maka benda uji disatukan kembali, kemudian ditambah sedikit air dan diaduk sampai merata. Setelah itu, buat bola-bola lagi dan lakukan kembali penggilingan hingga mencapai diameter  $\pm 3$  mm.
- ❖ Jika ternyata penggilingan bola-bola itu bisa mencapai diameter lebih dari 3 mm tanpa menunjukkan retakan-retakan, maka contoh tanah perlu dibiarkan beberapa menit di udara agar kadar airnya berkurang sedikit.

- ❖ Pengadukan dan penggilingan diulangi terus sampai retakan-retakan itu terjadi tepat pada saat pilinan mempunyai diameter  $\pm 3$  mm.

➤ Perhitungan

Menentukan kadar air rata-rata ( $W_c$ ) sebagai harga batas plastis :

Kadar Air pada batas plastis (*Plastic Limit Water Content*) :

Berat air = (berat cawan+ tanah basah) – (Berat cawan + tanah kering)

Berat tanah kering = (Berat cawan + tanah kering) – berat cawan

Perhitungan Kadar Air =  $W_p = \frac{W_1+W_2}{2}$

### B. Percobaan *Liquid Limit* ( LL )

➤ Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

➤ Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam pemeriksaan batas cair (*liquid limit*) adalah :

- ❖ Alat batas cair standard
- ❖ Alat pembuat alur (*grooving tool*)
- ❖ Sendok dempul
- ❖ Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ Air
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (  $110 \pm 5$  )°C

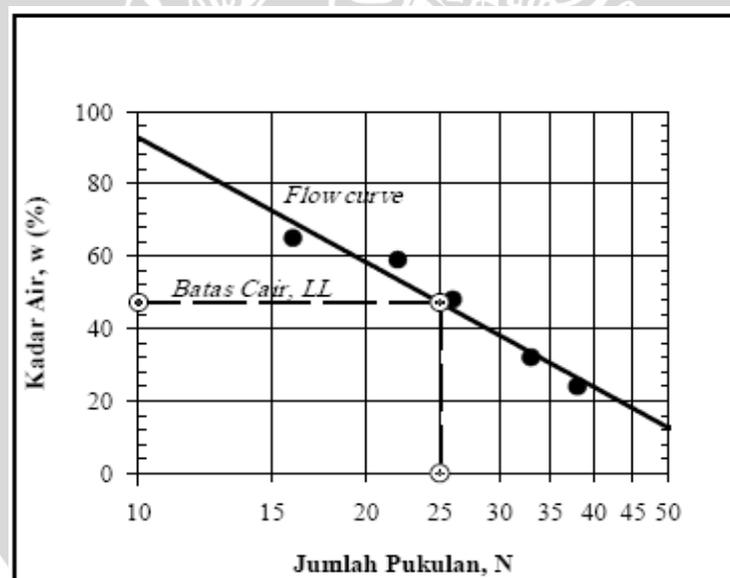


Gambar 3.2. Alat pembuat alur (*grooving tool*).

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah, 2008

➤ **Langkah Kerja**

- ❖ Aduk benda uji sebanyak 100 ml dengan menggunakan spatula, dan tambahkan air sambil diaduk hingga tanah menjadi homogen.
  - ❖ Setelah merata, letakkan sebagian benda uji diatas mangkuk batas cair, dan ratakan permukaan hingga bagian paling tebal sekitar 1cm.
  - ❖ Buat alur dengan membagi 2 tanah *sample* tersebut dengan *grooving tools*.
  - ❖ Putar tuas alat dengan kecepatan jatuhnya mangkuk 2 putaran perdetik
  - ❖ Lakukan putaran terus hingga belahan *sample* besinggungan sepanjang 1.25 cm dan catat jumlah ketukannya.
  - ❖ Ulangi pekerjaan c dan e beberapa kali hingga didapat jumlah ketukan yang sama.
  - ❖ Kembalikan lagi sampel uji, dan buat adonan baru dengan merubah kadar airnya
- Untuk nilai LL, ditentukan dengan hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan yang digambarkan dalam grafik semi-logaritma, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3. Grafik semi-log untuk menentukan harga LL.

Dari pasangan data tersebut ditarik suatu hubungan linear yang terbaik (*best-fit straight line*) yang disebut dengan *flow curve*. Kadar air pada jumlah pukulan 25 yang dihasilkan dari *flow curve* ini ditetapkan sebagai batas cair tanah (LL). Sedangkan untuk Indeks Plastisitas (PI) merupakan selisih antara LL dan PL.

### C. Pengujian *Specific Gravity* (Gs)

#### ➤ Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan no. 4 dengan *picnometer*.

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

#### ➤ Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis butiran tanah adalah :

- ❖ *Picnometer* dengan kapasitas minimum 100 mL atau 50 mL
- ❖ *Desikator*
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$
- ❖ Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ *Thermometer* ukuran  $0^\circ - 5^\circ\text{C}$  dengan ketelitian pembacaan  $1^\circ\text{C}$
- ❖ Saringan No. 10, No. 40 dan penadahnya
- ❖ Botol dan air suling



Gambar 3.4a Saringan tanah uji      Gambar 3.4b *picnometer*  
Sumber : Praktikum Mekanika Tanah, 2008

#### ➤ Langkah Kerja sebagai berikut.

- Benda Uji yang dipersiapkan :
  - ❖ Saringlah bahan yang akan diperiksa dengan saringan no. 40
  - ❖ Benda uji dalam keadaan kering oven tidak boleh lebih dari 10 gram untuk botol ukuran 50 gram untuk *picnometer*
  - ❖ Keringkan benda uji pada temperature  $105^\circ - 110^\circ\text{C}$
- Kalibrasi Labu Ukur :
  - ❖ Menimbang labu ukur dengan ketelitian 0,01 gram

- ❖ Labu diisi dengan air sampai 2/3 bagian kemudian dididihkan
- ❖ Ketika air dalam labu mendidih, tambahkan air dingin sampai labu terisi penuh kemudian diangkat
- ❖ Timbang labu dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ Ukur suhu dengan *thermometer* suhu
- ❖ Ulangi langkah-langkah di atas sampai suhu tertinggi
- ❖ Kemudian dari data yang ada dibuat grafik kalibrasi labu ukur
- ☑ Pengukuran Berat Jenis :
  - ❖ Siapkan labu yang sudah dikalibrasi
  - ❖ Siapkan sampel tanah kering 20 gram lolos saringan no. 9 dan no. 10
  - ❖ Masukkan sampel tanah ke dalam labu ukur dan tambahkan air sampai setengah bagian dan dididihkan
  - ❖ Setelah mendidih tambahkan air pelan-pelan kemudian angkat (saat mendidih tutup jangan dipasang)
  - ❖ Tambahkan air sampai penuh kemudian ditimbang
  - ❖ Ukur suhu labu tersebut dengan menggunakan *thermometer* suhu
  - ❖ Ulangi langkah E dan F pada suhu di *thermometer* suhu diintervalkan kalibrasi labu ukur

#### **D. Pengujian Hydrometer.**

##### ➤ Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan metode *hydrometer*

##### ➤ Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam percobaan analisa butiran dengan menggunakan metode *hydrometer* adalah :

- ❖ *Hydrometer* dengan skala konsentrasi ( 5 – 60 gram per Liter)
- ❖ Tabung-tabung gelas ukuran kapasitas 1000 mL. dengan diameter  $\pm 6,5$  cm
- ❖ *Thermometer* 0 – 50° C dengan ketelitian 0,1° C
- ❖ Pengaduk mekanis dan mangkuk *disperse (mechanical stirrer)*
- ❖ Saringan-saringan standar ASTM
- ❖ Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$
- ❖ Tabung-tabung ukuran 59 mL dan 100 mL

- ❖ Batang pengaduk dari gelas
- ❖ *Stopwatch*



(a)



ASTM Soil Hydrometers  
ASTM D-422, E-100, AASHTO T-88.

(b)



Hydrometer Jar  
ASTM D-422, AASHTO T-88.

(c)

Gambar 3.5 (a) Pengaduk mekanis dan mangkuk *disperse* (*mechanical stirrer*),  
(b) Alat *hydrometer* (c) Gelas ukur.

Sumber : Praktikum Mekanika Tanah, 2008

#### ➤ Langkah Kerja

- ❖ Sampel tanah ditumbuk, kemudian diayak hingga lolos saringan No.200, sample yang lolos saringan No.200 diambil sebanyak 50 gram kemudian dicampur dengan 100 ml larutan NaOH 10% kemudian didiamkan selama 24 jam.
- ❖ Setelah direndam selama 24 jam, campuran ditambah larutan H<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3% kemudian dimixer
- ❖ Kemudian larutan dicampur air sampai 1000 ml
- ❖ Tutup rapat-rapat mulut lubang dengan telapak tangan dan kocoklah dengan mendatar sampai tercampur
- ❖ Setelah dikocok letakkan gelas ukur ditempat yang datar kemudian masukkan *hydrometer*
- ❖ Biarkan *hydrometer* terapung bebas dan tekanlah stopwatch
- ❖ Catatlah angka skala pada *hydrometer* pada rentang waktu ½, 1, dan 2 menit dan ukur suhunya
- ❖ Sesudah pembacaan di menit kedua, angkatlah *hydrometer* dan cuci dengan menggunakan air
- ❖ Masukkan kembali *hydrometer* dengan hati-hati ke dalam tabung dan lakukan pembacaan pada saat 15, 30, 60, 120 dan 1440 menit.

### 3.2.4. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Standard AASHTO Dan USCS.

#### ✚ Sistem *Unified Soil Classification System (USCS)*.

Dalam sistem ini, *Casagrande* membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu :

1. Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No. 200.
2. Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200.
3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh- tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

**Tabel 3.1.a Sistem Klasifikasi Tanah USCS**

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
		Gradasi Baik	W
Kerikil	G	Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50 %	L
Organik	O	wL > 50 %	H
Gambut	Pt		

Dimana :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

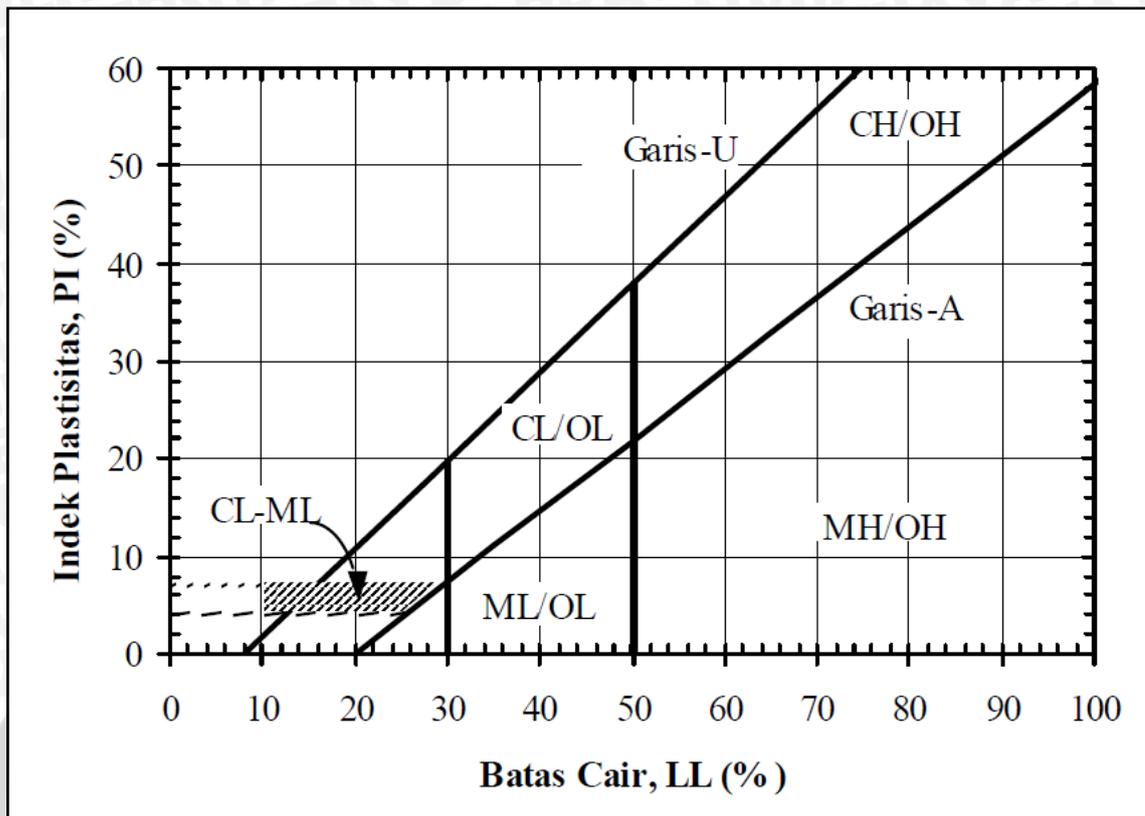
P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL> 50).

Tabel 3.1 b Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan lempung dengan batas cair $LL < 50\%$	ML	Lanau inorganik dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung	$PI < 4$ atau berada di bawah digaris A dalam grafik plastisitas
	CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah, hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau.	$PI > 7$ dan berada pada atau berada dibawah garis – A dalam grafik plastisitas
	CL-ML	Lanau berlempung inorganik, dengan pasir halus atau sedikit kerikil.	PI berada dalam daerah yang diarsir (hatched area) dalam grafik plastisitas
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	PI berada dalam daerah OL dalam grafik plastisitas dan $\frac{LL(overdried)}{LL(not\ dried)} < 0,75$
Lanau dan lempung dengan batas cair $LL > 50\%$	MH	Lanau inorganik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.	PI berada di bawah digaris A dalam grafik plastisitas
	CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ( <i>fat clays</i> )	PI berada berada diatas garis – A dalam grafik plastisitas
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.	PI berada dalam daerah OH dalam grafik plastisitas dan $\frac{LL(overdried)}{LL(not\ dried)} < 0,75$
	Pt	Gambut ( <i>peat</i> ), dan tanah lain kandungan organik tinggi	



Gambar 3.6. Grafik plastisitas Cassagrande  
 Sumber : <http://ejournal.narotama.ac.id/files/012xcj.pdf>

- Garis A pada umumnya memisahkan material seperti tanah liat (*clay*) dari material tanah gambut (*silty*), dan organik dari non-organik.
- Garis U menyatakan batas teratas untuk tanah pada umumnya.

*catatan:* Jika batas pengukuran tanah berada di kiri garis U, maka perlu dilakukan pengecekan ulang. (Holtz and Kovacs, 1981)

#### ✚ Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hogentogler dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas palstis.

Sistem ini membedakan tanah dalam 8 ( delapan ) kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. (Sukirman, 1992)

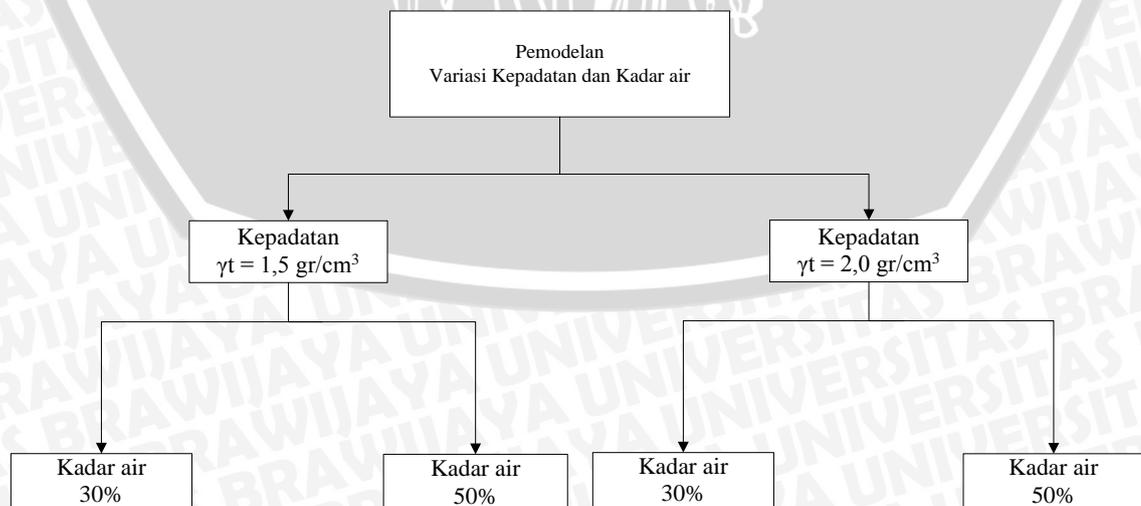
Tabel 3.2. Klasifikasi tanah untuk tanah dasar jalan raya, AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler <sup>1</sup>					
	A-1		A-3	A-2		
Kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6
Persen lolos saringan :						
No. 10	50 max		51 min			
No. 40	30 max	50 max				
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max
Batas cair <sup>a</sup>				40 max	41 min	40 max
Indek Plastisitas <sup>a</sup>	6 max		NP	10 max	10 max	11 min
Fraksi tanah	Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir lanau atau lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik					
Klasifikasi Umum	Tanah Granuler		Tanah Mengandung Lanau-Lempung <sup>2</sup>			
Kelompok	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-2-7				A-7-5 <sup>b</sup>	A-7-6 <sup>c</sup>
Persen lolos saringan :						
No. 10						
No. 40						
No. 200	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair <sup>a</sup>	41 min	40 max	41 min	40 max	40 max	41 min
Indek Plastisitas <sup>a</sup>	11 min	10 min	10 max	10 min	10 min	11 min
Fraksi tanah	Kerikil, pasir lanau/lempung	Lanau		Lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik		Kurang baik hingga jelek			
Keterangan : <sup>1</sup> Persen lolos saringan No. 200 $\leq$ 35%, <sup>2</sup> Persen lolos saringan No. 200 $>$ 35%, <sup>a</sup> Tanah yang lolos saringan No. 40, <sup>b</sup> Untuk A-7-5, PI $\leq$ LL - 30, <sup>c</sup> Untuk A-7-6, PI $>$ LL - 30.						

(Sumber : Bowles, 1989)

### 3.2.5. Pemodelan Variasi Kepadatan dan Kadar air.

Pada pemodelan kepadatan dan kadar air ini, dilakukan 2 variasi kepadatan dengan 2 variasi kadar air pada masing-masing sampel seperti pada gambar 3.8 berikut :



Gambar 3.7 Diagram pemodelan variasi kepadatan dan kadar air

Tujuan dari variasi ini adalah untuk melihat pengaruh kepadatan serta kadar air tanah terhadap tingkat dispersivitas sampel benda uji. Sehingga nantinya untuk tiap-tiap jenis tanah akan ada 16 sampel benda uji yang memiliki kepadatan dan kadar air yang berbeda pula. Hal ini diharapkan mampu mewakili kondisi tanah asli di lapangan yang juga memiliki kepadatan dan kadar air yang beragam.

### 3.2.6. Pengujian Dispersivitas Tanah Dengan Alat Pinhole.

Pada pengujian dispersivitas ini, dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia ( SNI ). Untuk selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.10 dan akan diuraikan sebagai berikut.

#### a. Bahan dan Peralatan

##### ➤ Peralatan

Pada penelitian ini, alat uji dispersivitas tanah yang utama digunakan adalah *pinhole*. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 3405 : 2011 ), peralatan yang digunakan dalam cara uji ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Saringan no. 10 ( 2mm ),
- b. Tabung plastik/kaca dengan tebal minimum 3,5 mm dan diameter dalam 32,5 mm sampai dengan 50 mm,
- c. Tabung ukur dari kaca berdiameter dalam 3 mm,
- d. Selang plastik,
- e. Gelas ukur berkapasitas 50 ml sampai dengan 100 ml,
- f. Tangki air dari kaca berkapasitas 10 L sampai dengan 15 L,
- g. *Stopwatch*
- h. Saringan kawat 3 lembar dengan lubang saringan berukuran 14 mm sampai dengan 25 mm,
- i. Kerikil berdiameter 6 mm sampai dengan 9 mm,
- j. Jarum logam dan kerucut logam atau plastik,
- k. Alat pemadat mini.

##### ➤ Bahan

Benda uji dan bahan penunjang uji yang digunakan harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

- a. Benda uji tanah terganggu

Beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk benda uji adalah sebagai berikut ;

- Contoh tanah yang diperlukan dalam pengujian adalah contoh tanah lolos saringan no. 10 ( 2 mm ) sebanyak  $\pm 1$  kg untuk setiap ketinggian muka air.
- Dalam pengujian diperlukan 1 buah benda uji berukuran : diameter (  $\emptyset$  ) = 32,5 mm dan panjang 37,5 mm.

b. Benda uji dan bahan penunjang uji ( air )

Air sebagai bahan penunjang uji yang digunakan dalam sistem pengujian ini harus bersih, bebas dari kotoran dan suspensi lumpur ( disarankan menggunakan air bebas udara atau air suling ).

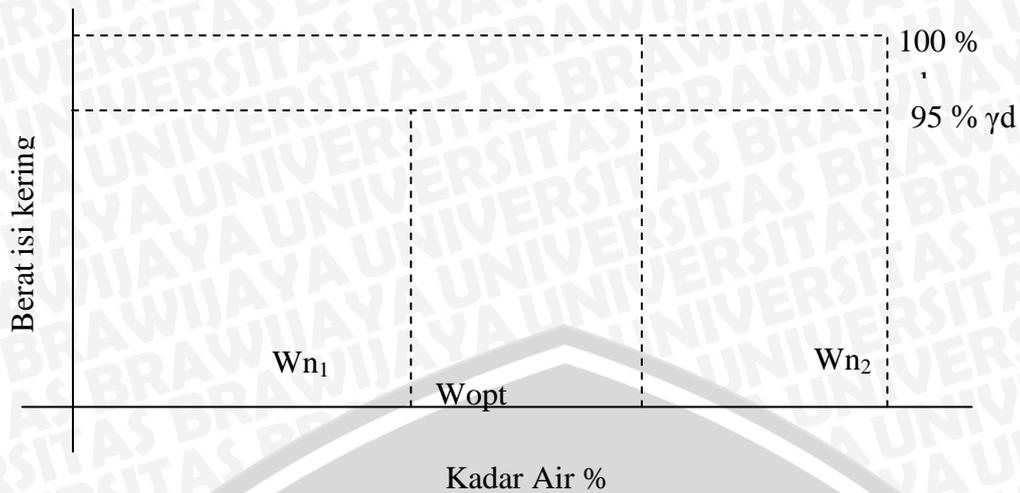
**b. Tahapan Penelitian**

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 3405 : 2011 ), ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam uji dispersivitas tanah dengan alat *pinhole*, sebagai berikut :

a. Persiapan benda uji tanah terganggu

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam persiapan benda uji adalah sebagai berikut :

- Benda uji mempunyai kadar air optimum yang mendekati kadar air yang ditentukan dalam pelaksanaan pemadatan (  $OMC \pm 3\%$  ).
- Jika contoh tanah mengandung butiran tanah kasar lebih besar dari 2 mm, harus disaring dulu melalui ayakan no. 100.
- Benda uji ditumbuk dan dipadatkan dalam tabung/cetakan yang sesuai dengan ukuran benda uji dengan alat *pinhole* atau dipadatkan langsung pada tabung *pinhole* lapis demi lapis sampai 5 lapisan, sehingga berat isi tanah sama dengan  $95\% \pm 3\%$  kepadatan tanah kering proctor dengan tebal 37,5 mm dan diameter (  $\emptyset$  ) = 32,5 mm.
- Benda uji diberi nomor/label.



Gambar 3.8. Grafik hasil pemadatan.

Sumber : SNI 3405, 2011

- Cara pembuatan benda uji dilakukan sebagai berikut :
  - 1) Gunakan grafik hasil uji pemadatan tanah yang akan digunakan untuk bahan bangunan (gambar 3.9)

- 2) Tarik garis horizontal pada nilai 95%  $\gamma_d$  pada grafik hasil pemadatan yang sudah diketahui; garis ini akan memotong grafik di dua titik ( $W_{n1}$  dan  $W_{n2}$ ) dan digunakan  $W_{n2}$  dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_n}{\left(1 + \left(\frac{W_n}{100}\right)\right)} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

$\gamma_d$  = berat isi kering

$\gamma_n$  = berat isi basah

$W_n$  = kadar air yang bersangkutan

- 3) Dengan diketahuinya nilai 95%  $\gamma_d$  dan  $W_n$  pada rumus (1) diatas, maka  $\gamma_n$  dapat diperoleh dengan rumus perhitungan :  $\gamma_n = (1 + W_{n2}) \times 95\% \gamma_d$

- 4) Ukuran benda uji pinhole sudah ditentukan, sehingga berat benda uji dapat ditentukan dengan  $= V \times \gamma_n$  ; dimana V adalah volume benda uji, (benda uji dapat dibuat sesuai dengan yang ditentukan)

- Pasang satu lembar saringan kawat pada bagian atas benda uji dan dua lembar saringan kawat pada bagian bawah benda uji.
- Kerucut ditusukkan ke dalam benda uji dengan jalan ditekan dengan jari, lalu dibuat lubang dengan diameter ( $\emptyset$ ) = 1 mm (dengan jarum)



- Ruang tabung yang kosong diisi dengan kerikil berdiameter ( $\emptyset$ ) = 6mm s.d 9 mm dan pasang penutupnya.
- Pasang alat pinhole horizontal dan aliri dengan air suling secara gravitasi.
- Setelah selesai pengamatan, catat, bongkar peralatan dan benda uji, serta ukur diameter lubang pinhole untuk dibandingkan dengan diameter pinhole semula.

#### b. Cara Pengujian

##### + Prosedur pengujian.

Prosedur pengujian untuk contoh tanah terganggu dan contoh tanah tidak terganggu adalah sama. Berikut ini diuraikan pelaksanaan pengujian dengan alat pinhole pada beda tinggi air berturut-turut sebesar 50 mm, 180 mm, 380 mm, dan 1020 mm.

##### a. Pengujian pada beda tinggi air 50 mm

Hal-hal yang harus diperhatikan dan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Ukur jumlah air yang mengalir ke dalam gelas ukur dalam waktu tertentu.
2. Amati warna air dari dua arah, yaitu dari samping dan dari atas gelas ukur
3. Jika tidak ada air yang keluar, buka tutupnya dan tusuk sekai lagi atau tutup lubang pertama dan buat lubang kedua (walaupun hal ini jarang terjadi)
4. Perbedaan antara tanah dispersif dan non dispersif diperoleh dari hasil pengujian dengan beda tinggi air 50 mm.
5. Jika pengaliran air untuk beda tinggi ini terlihat keruh dan tidak menjadi lebih jernih setelah selang beberapa waktu, benda uji tergolong lempung dispersif. Petunjuk yang jelas terlihat pada waktu benda uji tergerus adalah keluarnya koloid (terbawanya buti-butir tanah)
6. Pada umumnya lempung dispersif tergerus dengan cepat bila beda tinggi air kurang dari 50 mm dan disertai keluarnya air dalam kondisi keruh.
7. Untuk tanah lempung dispersif, banyaknya air dapat mencapai maksimum dalam waktu 2 menit s.d 5 menit yaitu sekitar 1,0 ml/s s.d 1,4ml/s.
8. Untuk jenis tanah lempung dispersif, lubang akan membesar > 2 kali diameter jarum setelah pengaliran selama 5 menit jenis ini tergolong "sangat dispersif" (D1)

9. Pada umumnya pengujian dilanjutkan sampai 10 menit. Jika warna air yang keluar menjadi jernih, pengujian dianggap selesai. Jika pengaliran pada beda tinggi air 50 mm, air yang keluar sedikit keruh dan debit aliran tidak melebihi 1,00 ml/s setelah 5 menit, lanjutkan pengujian sampai 10 menit. Setelah 10 menit, jika air masih keruh hentikan pengujian dan ukur lubang pinhole. Klasifikasi tanah adalah D2 jika debit aliran antara 1,0 ml/s s.d 1,4 ml/s dan ukuran lubang 1,5 kali diameter semula.
10. Jika aliran air tetap dan air terus dalam kondisi, hentikan pengujian.
11. Bila setelah 10 menit jumlah air antara 0,8 ml/s s.d 1,0 ml/s dan diameter lubang kurang dari 1,5 kali diameter semula, jenis ini termasuk “kemungkinan dispersif” (ND4)
12. Bila setelah 10 menit aliran air melampaui 1ml/s dan diameter lubang melewati 1,5 kali diameter semula, jenis ini tergolong “dispersif” (D2)
13. Bila pengujian diberhentikan setelah 10 menit dan hasilnya adalah ND4 dan D2, pengujian perlu diulangi dengan benda uji baru untuk mengetahui sifat-sifatnya pada beda tinggi air 180mm.
14. Jika aliran pada beda tinggi air 50 mm dalam kondisi jernih atau hanya sedikit sekali keruh dilihat dari samping gelas ukur setelah 10 menit dan debit aliran sebesar 0,4 ml/s s.d 0,8 ml/s, naikan tinggi air menjadi 180 mm.

b. Pengujian pada beda tinggi air 180 mm

Hal-hal yang harus diperhatikan dan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Jika pada beda tinggi ini air keruh dan pengujian dihentikan, tanah tersebut tergolong “kemungkinan dispersif” (ND3), debit aliran yang keluar, biasanya sebesar 1,4 ml/s s.d 2,7 ml/s dan diameter lubang menjadi sama atau lebih besar dari 1,5 sampai 2 kali diameter semula.
2. Jika aliran yang keluar jernih atau hanya sedikit keruh dilihat dari samping gelas ukur setelah 5 menit dan debit aliran antara 0,4ml/s s.d 1,4 ml/s, naikan beda tinggi air menjadi 380 mm dan lanjutkan pengujian

c. Pengujian pada beda tinggi air 380 mm

Hal-hal yang harus diperhatikan dan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Jika aliran air bertambah keruh atau debit aliran bertambah menjadi 1,8 ml/s s.d 3,2 ml/s, hentikan pengujian, dan tanah tergolong “kemungkinan dispersif” (ND3)

2. Jika air yang keluar tetap jernih dilihat dari atas gelas ukur setelah 5 menit dan debit aliran menjadi 1,0 ml/s s.d 1,8 ml/s, naikan beda tinggi air menjadi 1020 mm.

✚ Penilaian hasil pengujian

Penilaian hasil pengujian pinhole diperlihatkan pada table di bawah ini.

**Tabel 3.3. Kriteria untuk evaluasi hasil pengujian *pinhole***

Kalisifikasi dispersif	Beda tinggi air (head) ; (mm)	Waktu pengujian (menit)	Debit aliran yang keluar (ml/s)	Keadaan akhir pengujian		Ukuran lubang sesudah pengujian(d) ; (mm)
				Dari samping	Dari atas	
D1	50	5	1,0 - 1,4	keruh (dark)	sangat keruh (very dark)	≥ 2,0
D2	50	10	1,0 - 1,4	keruh sedang (moderately dark)	keruh (dark)	> 1,5
ND4	50	10	0,8 - 1,0	agak keruh (slightly dark)	keruh sedang (moderately dark)	≤ 1,5
ND3	180	5	1,4 - 2,7	hampir tidak keruh (barely visible)	agak keruh (slightly dark)	≥ 1,5
	380	5	1,8 - 3,2			
ND2	1020	5	> 3,0	jernih (clean)	hampir tidak keruh (barely visible)	< 1,5
ND1	1020	5	> 3,0	jernih sekali (perfectly clean)	jernih sekali (perfectly clean)	1,0

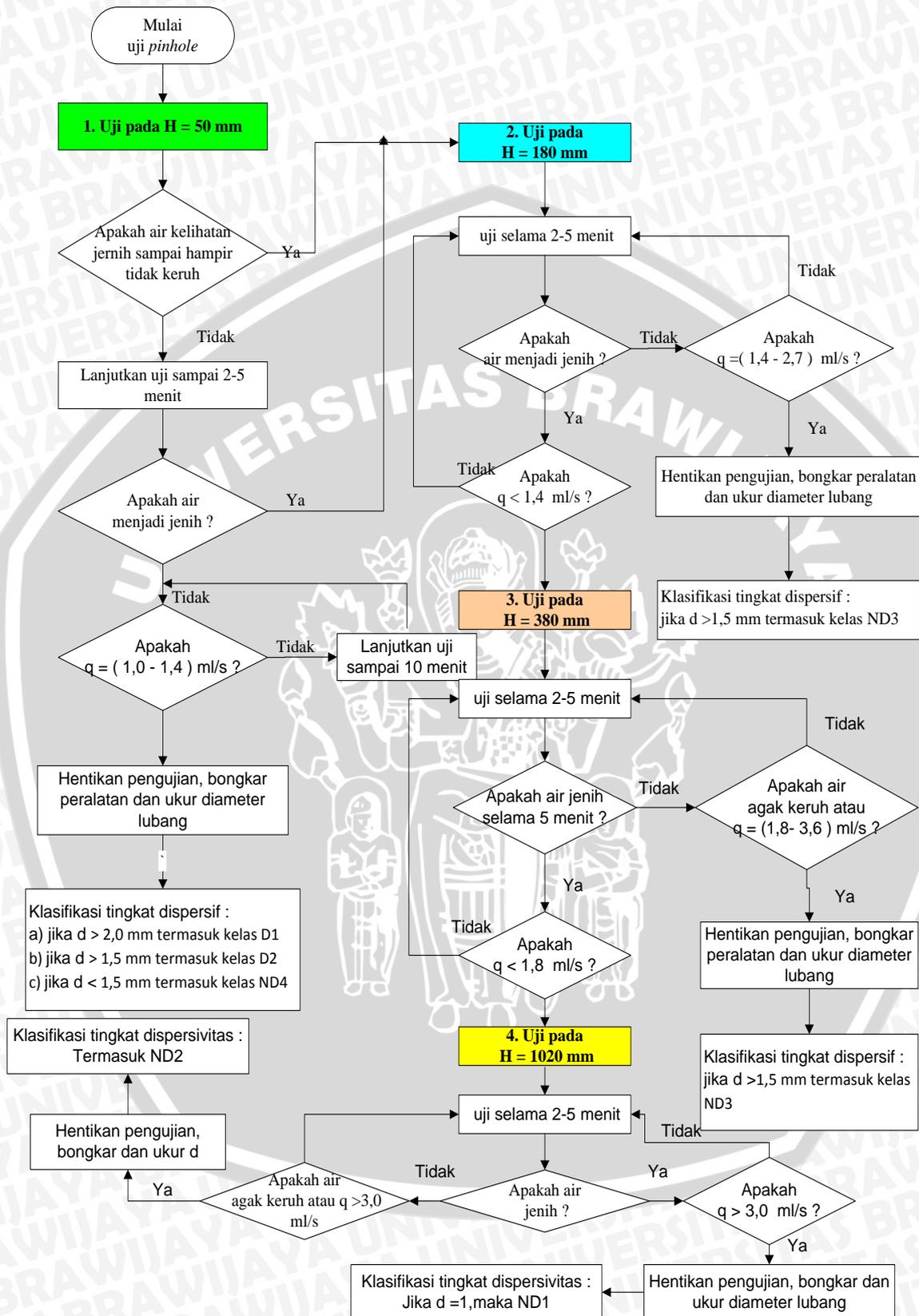
Sumber : SNI 3405, 2011

Kriteria diatas, khususnya untuk kekeruhan air masih bersifat kualitatif, jika dikategorikan menurut kriteria kekeruhan air yang kuantitatif, maka didapatkan kriteria sebagai berikut :

Kondisi air	Kekeruhan (NTU)
Jernih sekali (perfectly clean)	0 - 1
jernih (clean)	< 5
hampir tidak keruh (barely visible)	5 - 10
agak keruh (slightly dark)	10 - 15
keruh sedang (moderately dark)	15 - 25
keruh (dark)	> 25
sangat keruh (very dark)	> 50

Sumber : Permenkes No.16 Th.1990; PP No.20 Th.1990; Kepmenkes No.907 Th.2002

### Diagram Alir Alir Cara Uji Sifat Dispersif Tanah Dengan Alat *Pinhole*



Gambar 3.10. Bagan alir cara uji sifat dispersif tanah dengan alat *pinhole*.

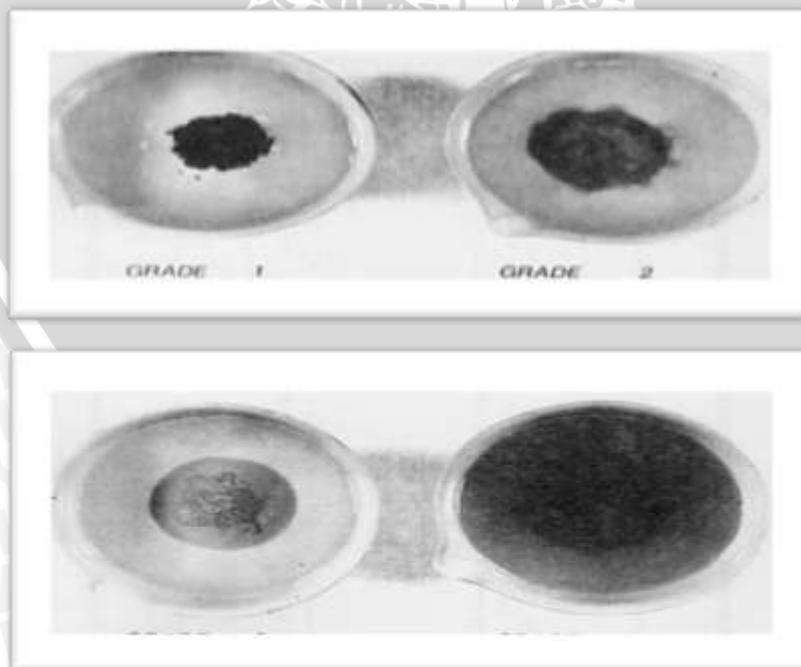
Sumber : SNI 3405, 2011

### 3.2.7. Pengujian Dispersivitas Tanah Dengan *Crumb Test*.

Pada pengujian dispersivitas tanah dengan *Crumb test* langkah-langkah yang dilakukan adalah cukup sederhana yakni benda uji dimasukkan kedalam bejana berisi air destilasi sebanyak 250 ml, dan ditunggu perubahan yang terjadi karena reaksi dengan air. Uji ini bersifat kualitatif dengan membandingkan pola keruntuhan benda uji pada interval waktu tertentu dengan pola standard keruntuhan seperti terlihat pada Gambar 3.11.

Tingkat dispersivitas tanah dalam uji *crumb* digolongkan dalam 4 tingkat yaitu:

- ✚ *Grade 1*, Benda uji luruh atau hancur, tetapi tidak menyebabkan air keruh. Untuk benda uji yang menunjukkan perilaku ini termasuk dalam tanah yang bersifat *non-dispersive*.
- ✚ *Grade 2*, Benda uji luruh atau hancur, dan menimbulkan air sedikit keruh disekitar benda uji. Untuk benda uji yang menunjukkan perilaku ini termasuk dalam tanah yang bersifat *intermediate-dispersive*.
- ✚ *Grade 3*, Benda uji luruh atau hancur, dan menimbulkan air keruh sampai dengan radius 10 mm disekitar benda uji. Untuk benda uji yang menunjukkan perilaku ini juga termasuk dalam tanah yang bersifat *intermediate-dispersive*.
- ✚ *Grade 4*, Benda uji luruh atau hancur, dan menimbulkan air keruh pada seluruh dasar bejana. Untuk benda uji yang menunjukkan perilaku ini juga termasuk dalam tanah yang bersifat dispersif.



Gambar 3.10. Tingkat dispersivitas pada uji *crumb*.  
Sumber : Acciardi, 1985