

BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik

Penelitian ini menggunakan 3 (tiga) jenis tanah lempung, yaitu :

1. Tanah lempung *Kaolinite* komersial ; berupa bubuk (*powder*) berwarna putih.
2. Tanah lempung *Bentonite* komersial ; berupa bubuk (*powder*) berwarna coklat kemerahan.
3. Tanah lempung asli ; diambil langsung dari lapangan di Desa Pagedangan Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. Tanah ini berwarna coklat kekuningan.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, diperoleh hasil karakteristik tanahnya sebagai berikut :

4.1.1. Analisis Pembagian Butiran

Dalam penelitian ini, analisis pembagian butiran tanah menggunakan dua metode analisis yaitu : analisis ayakan dan analisis hydrometer. Analisis ayakan digunakan untuk mengetahui diameter butiran tanah antara 4,75 - 0,075 mm, sedangkan analisis hydrometer untuk diameter butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm. Berikut adalah hasil analisis pembagian butiran tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1. Hasil Analisis Pembagian Butiran Tanah

No.	Tanah	Jenis Butiran Tanah			
		Kerikil (Gravel)	Pasir (Sand)	Lanau (Silt)	Lempung (Clay)
1	Kaolinite	0,00 %	0,00 %	52,00 %	48,00 %
2	Bentonite	0,00 %	0,00 %	48,00 %	52,00 %
3	Tanah Asli	0,00 %	67,00 %	18,00 %	15,00 %

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa pada Tanah *Kaolinite* dan *bentonite* jenis butirannya terdiri dari jenis lanau dan lempung sehingga dalam analisis butiran tanahnya hanya menggunakan uji hydrometer sedangkan untuk tanah asli adalah pasir,lanau, dan lempung dengan fraksi pasir yang paling besar (67 %) sedangkan lanau dan lempung sebesar 33 %.

Untuk data pengujian dan hasil perhitungan analisa butiran selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.



4.1.2. Batas-batas Atterberg Tanah

Tujuan dari pengujian batas-batas Atterberg ini adalah untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis, batas cair, batas susut, dan indeks plastisitasnya. Berikut adalah hasil-hasil pengujian batas Atterberg dari ketiga tanah yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg

No.	Tanah	Batas-batas Atterberg Tanah			
		Liquid Limit, LL (%)	Platic Limit, PL (%)	Shringkage Limit, SL (%)	Plasticity Index, PI (%)
1	Kaolinite	64.354	38.698	28.788	25.656
2	Bentonite	410.932	58.205	10.279	352.727
3	Tanah asli	41.772	18.542	21.041	23.230

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.2, dapat diketahui bahwa Tanah *Bentonite* memiliki nilai indeks plastisitas yang paling besar dibandingkan dengan Tanah *Kaolinite* dan Tanah Asli, sehingga Tanah *Bentonite* memiliki plastisitas yang sangat besar.

Untuk data pengujian dan hasil perhitungan batas-batas atterberg selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.

4.1.3. *Specific Grafity* (Gs)

Pengujian *Specific Grafity* (Gs) bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu tanah. Berikut ini adalah hasil pengujian Gs, sebagai berikut :

- Tanah *Kaolinite* ; Gs = 2,60
- Tanah *Bentonite* ; Gs = 2,695 = 2,70
- Tanah Asli ; Gs = 2,61

Untuk data pengujian dan hasil perhitungan *Specific Grafity* (Gs) selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.

4.1.4. Klasifikasi Tanah

Dalam penelitian ini, klasifikasi tanah menggunakan dua (2) metode sistem klasifikasi yaitu, Sistem *Unified Soil Clasification System (USCS)* dan Sistem *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*. Kedua sistem ini sama-sama memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Berikut ini merupakan klasifikasi ketiga tanah yang digunakan seperti Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.3. Klasifikasi Tanah Menurut Standard USCS

Tanah	LL	PI	Simbol	Jenis Tanah
Kaolinite	64,354	25,656	MH	Lanau anorganik, lanau yang elastis
Bentonite	410,932	352,727	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi
Tanah Asli (Ds.Pagedangan,Turen)	41,772	23,230	CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berpasir dan berlanau

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4.4. Klasifikasi Tanah Menurut Standard AASTHO

Tanah	LL	PI	Simbol	Jenis Tanah
Kaolinite	64,354	25,656	A-7-5 (30)	Lanau sampai Lempung dengan $PI \leq LL - 30$
Bentonite	410,932	352,727	A-7-6 (30)	Lanau sampai Lempung dengan $PI > LL - 30$
Tanah Asli (Ds.Pagedangan,Turen)	41,772	23,230	A-2-6	Pasir Lanau atau Lempung

Sumber: Hasil analisis

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa : Tanah *Kaolinite* merupakan jenis tanah lanau sampai lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi yang memiliki daya dukung kurang baik, tanah bentonite merupakan jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi yang memiliki daya dukung juga kurang baik sedangkan untuk tanah asli merupakan jenis tanah pasir berlanau dan lempung dengan plastisitas rendah hingga sedang namun memiliki daya dukung yang baik dari pada tanah kaolinite dan bentonite.

Untuk data pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.

4.2. Potensi Pengembangan Tanah (*Swelling Potential Soil*)

Tanah mengembang atau disebut juga dengan *expansive soil*, adalah tanah yang memiliki ciri-ciri kembang susut yang besar, mengembang pada musim hujan dan menyusut pada musim kemarau. Proses pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*Shrinking*) tanah sebagian besar adalah akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar air pada tanah tersebut . Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air yang diikuti oleh kenaikan tegangan efektif menyebabkan volume tanah menyusut dan sebaliknya penambahan kadar air menyebabkan pengembangan.

Indeks plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berhubungan erat dengan jumlah partikel yang berukuran lebih kecil dari 0.001 mm, yaitu partikel yang sifatnya bergantung pada gaya permukaan dan bukan gaya gravitasi. Skempton mengemukakan rumus dari parameter aktivitas (A) sebagai berikut:

$$\text{Aktivitas (A)} : \frac{PI}{C-10}$$

Dimana: c : Presentase fraksi lempung < 0.002 mm
 A>1.25 : Tanah bersifat aktif dan ekspansif
 0.75>A<1.25 : Tanah digolongkan normal
 A<0.75 : Tanah digolongkan tidak aktif

Chen (1975) berpendapat bahwa potensi mengembang tanah ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas sehingga Chen membuat klasifikasi potensi pengembangan pada tanah lempung berdasarkan indeks plastisitas, seperti yang tercantum dalam Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5. Kriteria Pengembangan Tanah Berdasarkan PI

Plasticity Index (%)	Swelling Potential
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
20 – 35	High
>35	Very High

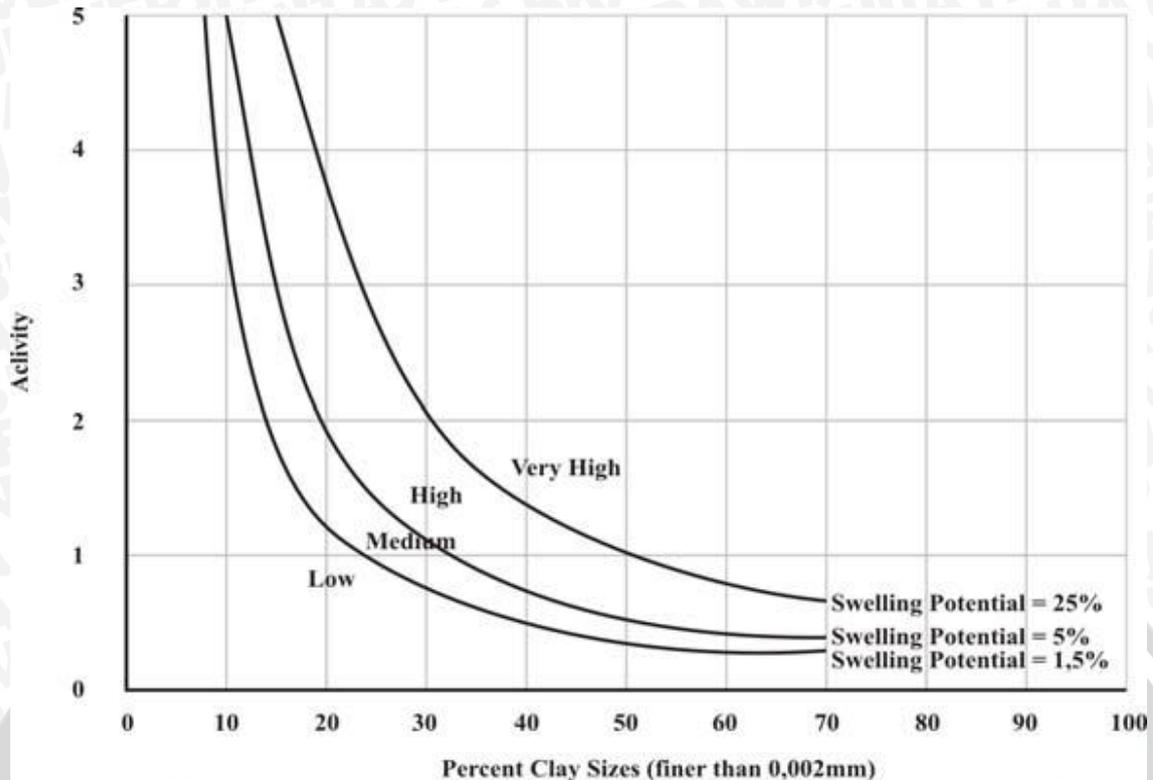
Sumber: Chen, 1988 dalam Das, 1995

Seed et. al (1962) juga mengembangkan grafik hubungan nilai aktivitas dan persentase butir tanah lempung yang lolos saringan 0,002 mm seperti Gambar 4.1 dan diklasifikasikan seperti Tabel 4.6 yang diperoleh dari hasil pengamatan sejumlah tanah lempung *remolded* yang berbeda-beda, yaitu: *Bentonite*, *Illite*, *Kaolinite* dan pasir halus dimana contoh tanah-tanah tersebut dipadatkan 100% pada kadar air optimumnya dan menerima beban lpsi.

Tabel 4.6. Klasifikasi Derajat Ekspansif

Swelling Potential (%)	Swelling Degree
0 – 1.5	Low
1.5 – 5	Medium
5 – 25	High
>25	Very High

Sumber: Seed et al.1962 dalam Das, 1995



Gambar 4.1. Grafik klasifikasi potensi mengembang.

Sumber : Seed et. Al, 1962

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh data-data seperti Tabel 4.7 dibawah ini :

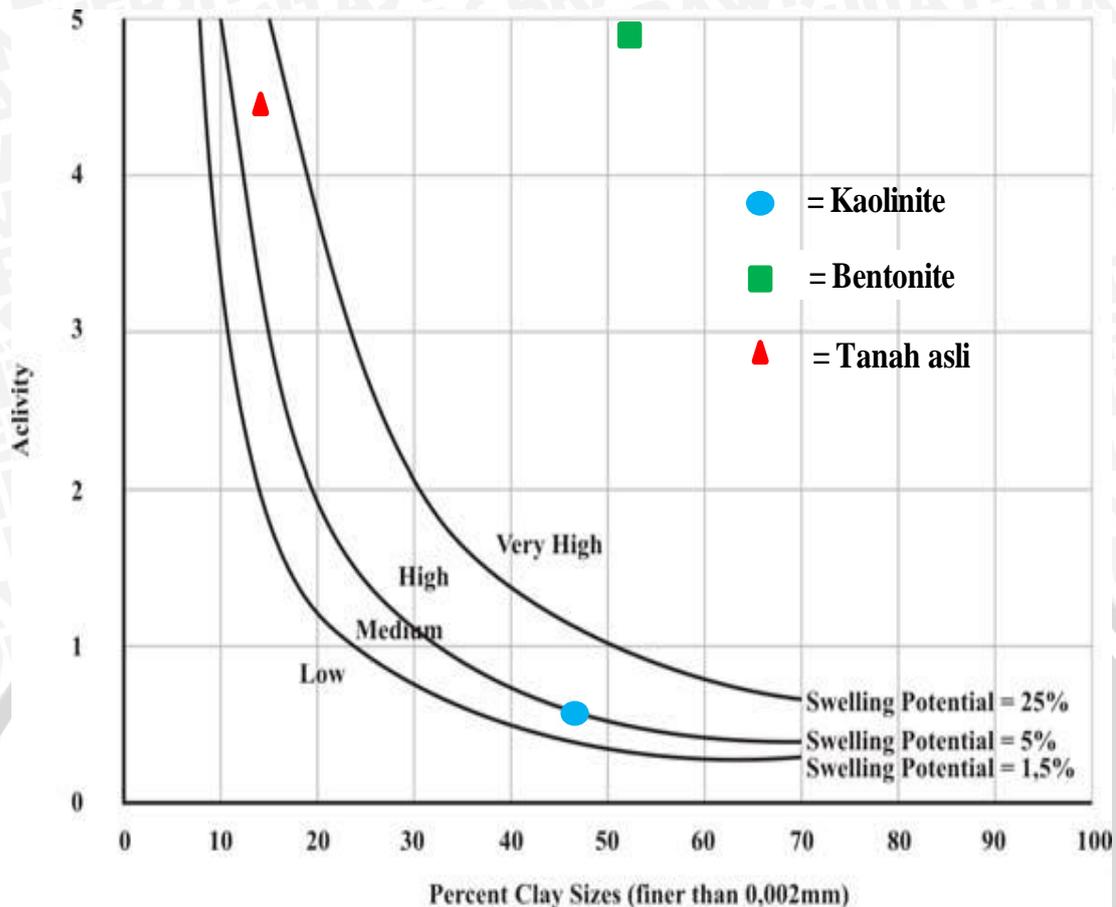
Tabel 4.6. Batas-Batas Attenberg, Persen Lempung, dan Aktivitas

No.	Tanah	Batas-batas Atterberg Tanah			Persen Lempung (% C)	Activity (A)	Keterangan
		Liquid Limit, LL (%)	Platic Limit, PL (%)	Plasticity Index, PI (%)			
1	Kaolinite	64.354	38.698	25.656	48.000	0.675	Tidak Aktif
2	Bentonite	410.932	58.205	352.727	52.000	8.398	Aktif
3	Tanah asli	41.772	18.542	23.230	15.000	4.646	Aktif

Sumber : Hasil perhitungan

Keterangan : $A = \frac{PI}{C-10}$

Dari data-data pada Tabel 4.7 diatas, dapat ditentukan potensi mengembang (*Swelling Potential*) dari ketiga tanah yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Gambar 4.2.

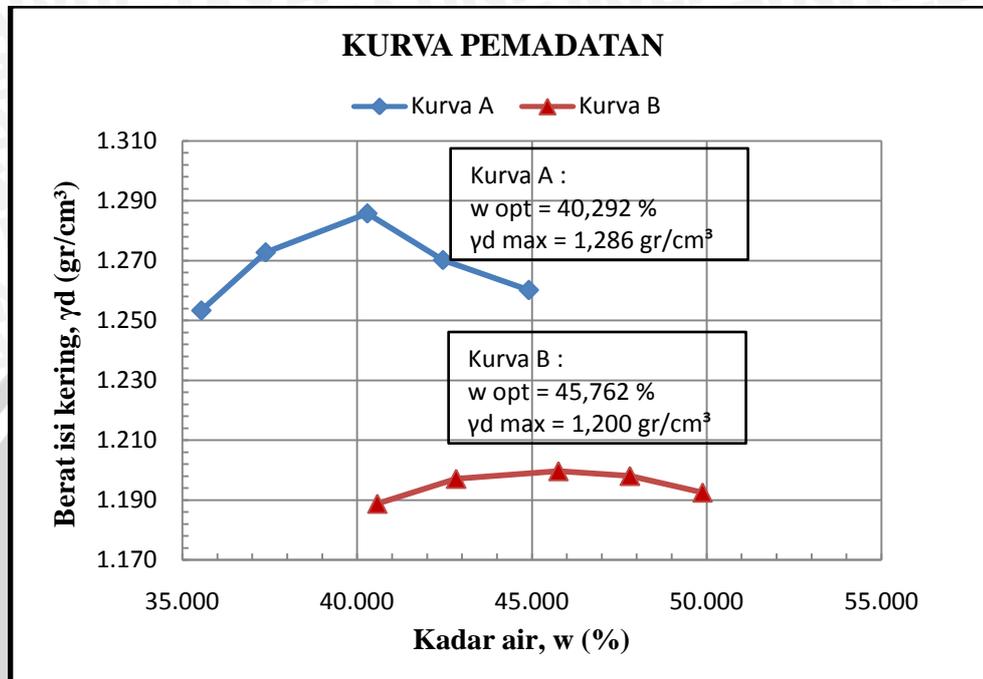


Gambar 4.2. Grafik Potensi mengembang (*Swelling Potential*) tanah.

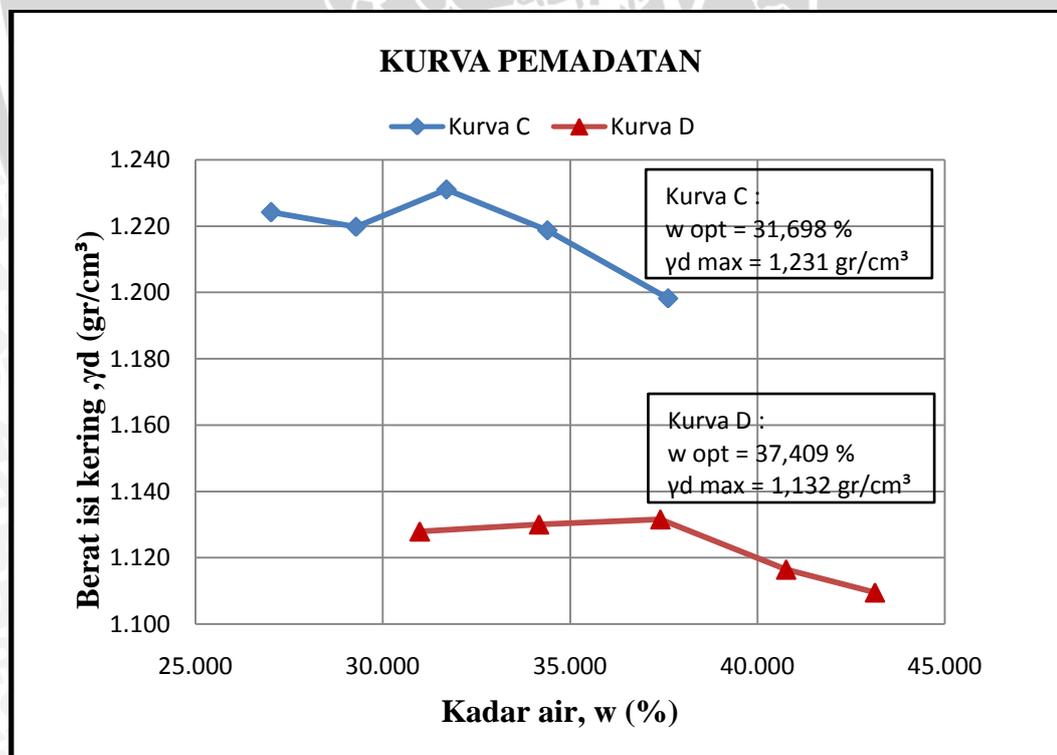
Dari Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa untuk ketiga tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki potensi mengembang (*swelling potential*) yang berbeda-beda. Untuk tanah *kaolinite* termasuk dalam kategori sedang (*medium*) dan tergolong tidak aktif ($A < 0,75$), tanah *bentonite* termasuk dalam kategori sangat tinggi (*very high*) dan tergolong aktif dan ekspansif ($A > 1,25$), sedangkan tanah asli termasuk dalam kategori tinggi (*high*) dan tergolong aktif dan ekspansif ($A > 1,25$).

4.3. Hasil Pengujian Proctor

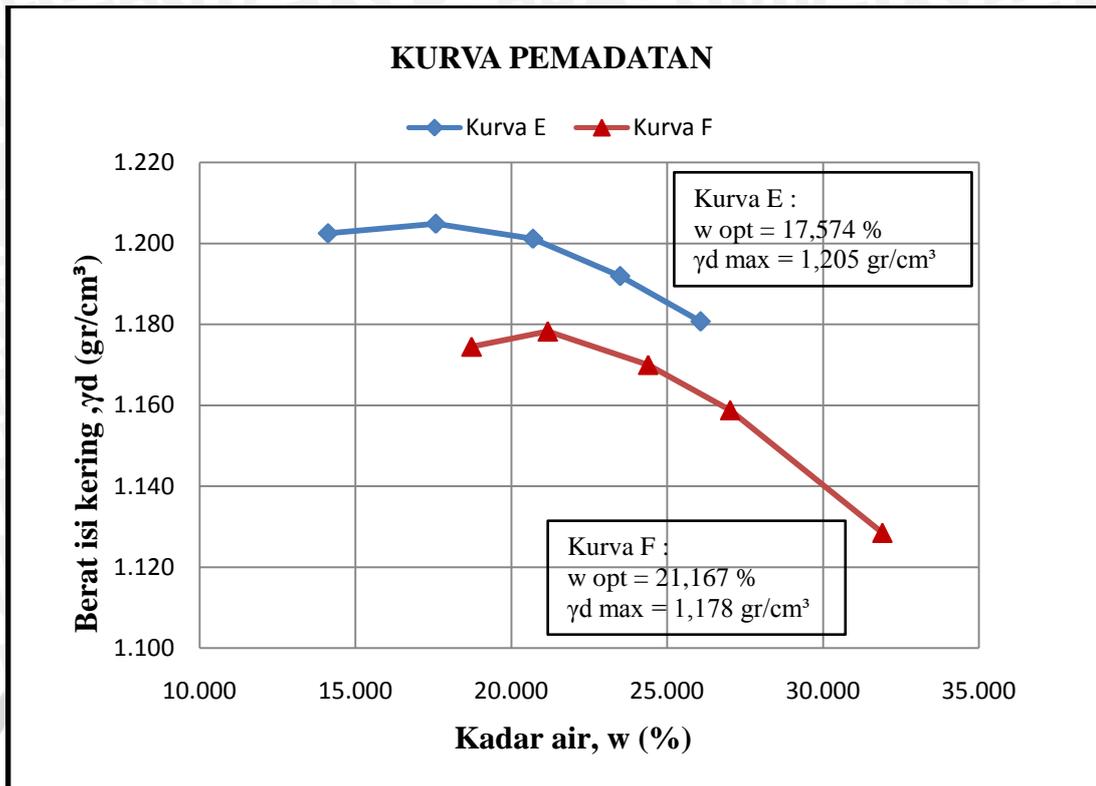
Dari hasil pengujian pemadatan Standar Proctor dan Reduced Proctor pada penelitian ini, didapatkan kurva-kurva pemadatan (*compaction curves*) seperti pada Gambar 4.3 – 4.5 berikut ini.



Gambar 4.3. Kurva pemadatan A dan B untuk Tanah *Kaolinite*.



Gambar 4.4. Kurva pemadatan C dan D untuk Tanah *Bentonite*.



Gambar 4.5. Kurva pemadatan E dan F untuk Tanah Asli.

Berdasarkan Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa, ternyata hasil pemadatan proctor standard dan reduced memiliki pola hasil yang sama. Pola hasil yang sama dalam hal ini adalah pada pemadatan standard akan menghasilkan nilai berat isi kering maksimum (γ_{dmax}) yang lebih besar dibandingkan dengan pemadatan reduced, sedangkan sebaliknya nilai kadar air optimumnya (W_{opt}) akan lebih kecil dibanding pemadatan reduced. Selain itu, ada perbedaan yang dapat dilihat pada ketiga tanah tersebut yakni nilai γ_{dmax} dan W_{opt} dimana untuk Tanah *Kaolinite* dan *bentonite* perbedaan penurunan nilainya cukup besar (lihat Gambar 4.3 dan 4.4) dibanding tanah asli yang hanya mengalami penurunan yang tidak terlalu besar (lihat Gambar 4.5). Untuk lebih jelasnya, hasil rekapitulasi hasil pengujian proctor dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan

No.	Tanah	Standard Proctor		Reduced Proctor	
		γ_d max (gr/cm ³)	w opt (%)	γ_d max (gr/cm ³)	w opt (%)
1	Kaolinite	1,286	40,292	1,200	45,762
2	Bentonite	1,231	31,698	1,132	37,409
3	Tanah asli	1,205	17,574	1,178	21,167

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil pengujian pemadatan ini dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Pengaruh energi pemadatan terhadap kurva pemadatan

Energi pemadatan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kepadatan maksimum (γ_{dmax}) dan kadar air optimum (W_{opt}). Penambahan terhadap energi pemadatan menyebabkan naiknya kepadatan maksimum dan turunnya kadar air optimum pada suatu jenis tanah.

2. Pengaruh pemadatan terhadap permeabilitas

Dari beberapa referensi, pada daerah kering dari OMC (*Optimum Moisture Content*), peningkatan kadar air menyebabkan penurunan permeabilitas tanah. Permeabilitas minimum terjadi pada kadar air sedikit di atas OMC. Pada daerah basah dari OMC, peningkatan kadar air mengakibatkan sedikit peningkatan permeabilitas.

3. Pengaruh pemadatan terhadap pengembangan

Untuk tanah kaolinite dan bentonite memiliki potensi mengembang yang lebih besar (lihat Gambar 4.3 dan 4.4) dibandingkan tanah asli. Variasi energi pemadatan sangat berpengaruh terhadap karakteristik pemadatannya.

Hasil pengujian dari ketiga kurva pemadatan untuk masing-masing tanah tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

4.4. Hasil-hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada serangkaian benda uji berupa 3 jenis tanah lempung yakni 2 (dua) jenis tanah lempung murni ; komersial yaitu tanah lempung *Kaolinite* dan *bentonite* serta 1 jenis tanah lempung asli (contoh dilapangan). Ketiga benda uji ini dipadatkan dengan 2 (dua) macam energi pemadatan, yaitu *Standard* dan *Reduced Proctor*, selanjutnya dari hasil proctor tersebut diambil masing-masing 3 (tiga) titik sampel dari kurva pemadatannya yaitu 1. Pada kondisi berat isi kering maksimum (γ_{dmax}) dan kadar air optimum (OMC), 2. Kadar air optimum (OMC) dikurangi 3 % (OMC -3) dan 3. Kadar air optimum (OMC) ditambah 3 % (OMC+3). Untuk kondisi OMC ± 3 % digunakan karena secara umum angka kadar air yang diperkenankan supaya ditetapkan dengan memperhitungkan fungsi bahan pada susunan tubuh bendungan yang tingkat kadar airnya terletak di dalam daerah sekitar ± 5 % dari angka kadar air optimum pada pengujian pemadatan standard (Suyono Sosrodarsono,1981 : 309)

Dari 3(tiga) kondisi pemadatan tersebut maka selanjutnya akan dibuat benda uji untuk dilakukan uji dispersifitas dengan alat pinhole.

4.4.1. Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, benda uji dibuat berdasarkan kondisi kepadatannya. Berikut ini adalah contoh pembuatan benda uji untuk tanah lempung *kaolinite*.

- a. Kondisi berat isi kering maksimum ($\gamma_{d_{max}}$) dan Kadar air optimum (OMC)

Contoh perhitungan :

Diketahui :

- $\gamma_{d_{max}} = 1,286 \text{ gr/cm}^3$ → dari hasil uji proctor standard
- OMC = 40,296 % → dari hasil uji proctor standard
- $V = 41,940 \text{ cm}^3$ → volume tabung *pinhole*

Diperoleh :

- $W_s = \gamma_d \times V$
 $= 1,286 \times 41.940$
 $= 53,277 \text{ gr}$
- $W_w = W_s \times W \text{ (OMC)}$
 $= 53,277 \times 0,402$
 $= 21,468 \text{ gr}$
 $= 21,468 \text{ mL.}$

Jadi, untuk memperoleh kondisi kepadatan $\gamma_{d_{max}}$ dan OMC maka diperlukan berat tanah (W_s) adalah 53,277 gram dan berat air (W_w) 21,468 mL.

- b. Kadar air optimum dikurangi 3 % (*Dry side*)

Contoh perhitungan :

Diketahui :

- $\gamma_d = 1,270 \text{ gr/cm}^3$ → dari pembacaan kurva standard uji proctor
- $w = 37,296 \%$ → OMC dikurangi 3 %
- $V = 41,940 \text{ cm}^3$ → volume tabung *pinhole*

Diperoleh :

- $W_s = \gamma_d \times V$
 $= 1,270 \times 41.940$
 $= 52,621 \text{ gr}$
- $W_w = W_s \times w$
 $= 52,621 \times 0,372$
 $= 19,626 \text{ gr}$
 $= 19,626 \text{ mL.}$

Jadi, untuk memperoleh kondisi kepadatan pada kondisi daerah sisi kering (*Dry side*) maka diperlukan berat tanah (W_s) adalah 52,621 gram dan berat air (W_w) 19,626 mL.

- c. Kadar air optimum ditambah 3 % (*Wet side*)

Contoh perhitungan :

Diketahui :

- $\gamma_d = 1,267 \text{ gr/cm}^3$ → dari pembacaan kurva standard uji proctor
- $w = 43,296 \%$ → OMC ditambah 3 %

$$- V = 41,434 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \text{volume tabung pinhole}$$

Diperoleh :

$$\begin{aligned} - W_s &= \gamma_d \times V \\ &= 1,267 \times 41,940 \\ &= 52,497 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - W_w &= W_s \times w \\ &= 52,497 \times 0,432 \\ &= 22,729 \text{ gr} \\ &= 22,729 \text{ mL.} \end{aligned}$$

Jadi, untuk memperoleh kondisi kepadatan pada daerah sisi basah (*Wet side*) maka diperlukan berat tanah (W_s) adalah 52,497 gram dan berat air (W_w) 22,729 mL.

Untuk hasil perhitungan benda uji lainnya dapat dilihat pada lampiran B

4.4.2. Hasil Pengujian Dispersivitas dengan Uji *Pinhole* dan Uji *Crumb*

Pada penelitian ini, total sampel tanah yang digunakan untuk uji *pinhole* maupun uji *crumb* masing-masing adalah 18 sampel. Berikut adalah hasil uji *pinhole* yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Dispersivitas dengan Uji *Pinhole*

No.	Sampel	Tingkat Dispersivitas						
		ND1	ND2	ND3	ND4	D2	D1	
1	K	K-Std-OMC		√				
2		K-Std-Dry side			√			
3		K-Std-Wet side		√				
4	K	K-Red-OMC	√					
5		K-Red-Dry side		√				
6		K-Red-Wet side	√					
7	B	B-Std-OMC			√			
8		B-Std-Dry side			√			
9		B-Std-Wet side			√			
10	B	B-Red-OMC		√				
11		B-Red-Dry side		√				
12		B-Red-Wet side		√				
13	TA	TA-Std-OMC			√			
14		TA-Std-Dry side			√			
15		TA-Std-Wet side			√			
16	TA	TA-Red-OMC	√					
17		TA-Red-Dry side	√					
18		TA-Red-Wet side	√					

Sumber: Hasil analisis data

Keterangan :

K = Tanah Kaolinite

B = Tanah Bentonite

TA = Tanah asli

Std = Standard Proctor Test

Red = Reduced Proctor Test

OMC = Optimum Moisture Content

ND1-ND2 = Non- Dispersif

ND3-ND4 = Intermediate- Dispersif

D2-D1 = Dispersif

Untuk hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran B

Untuk Uji *crumb* ini, dimana uji ini merupakan uji sederhana di lapangan untuk mengetahui tanah dispersif dengan mengamati perilaku agregat disekitarnya yang akan direndam dalam sebuah gelas ukur kemudian dibiarkan dalam interval waktu 2 jam (Emerson 1967). Hasil dari uji *crumb* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Dispersivitas dengan Uji *Crumb*

No.	Sampel	Tingkat Dispersivitas/Grade			
		1	2	3	4
1	K	<i>K-Std-OMC</i>	√		
2		<i>K-Std-Dry side</i>		√	
3		<i>K-Std-Wet side</i>	√		
4	K	<i>K-Red-OMC</i>	√		
5		<i>K-Red-Dry side</i>	√		
6		<i>K-Red-Wet side</i>	√		
7	B	<i>B-Std-OMC</i>	√		
8		<i>B-Std-Dry side</i>	√		
9		<i>B-Std-Wet side</i>	√		
10	B	<i>B-Red-OMC</i>	√		
11		<i>B-Red-Dry side</i>	√		
12		<i>B-Red-Wet side</i>	√		
13	TA	<i>TA-Std-OMC</i>		√	
14		<i>TA-Std-Dry side</i>		√	
15		<i>TA-Std-Wet side</i>		√	
16	TA	<i>TA-Red-OMC</i>	√		
17		<i>TA-Red-Dry side</i>	√		
18		<i>TA-Red-Wet side</i>	√		

Sumber: Hasil analisis data

Keterangan :

K = Tanah Kaolinite

B = Tanah Bentonite

TA = Tanah asli

Std = Standard Proctor Test

Red = Reduced Proctor Test

OMC = Optimum Moisture Content

1 = Grade 1

2 = Grade 2

3 = Grade 3

1 = Grade 1 (Non- Dispersif)

2 = Grade 2 (Intermediate- Dispersif)

3 = Grade 3 (Intermediate- Dispersif)

4 = Grade 4 (Dispersif)

Dari Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa hasil uji *crumb* ada 14 (empat belas) benda uji termasuk dalam grade 1 (*Non-Dispersive*), 1 (satu) tanah grade 2 (*Non-Dispersive*), dan 3 (tiga) termasuk dalam grade 3 (*Intermediate-Dispersive*). Dari hasil uji tersebut berarti sebagian benda uji yang digunakan adalah bersifat *Non-Dispersive*.

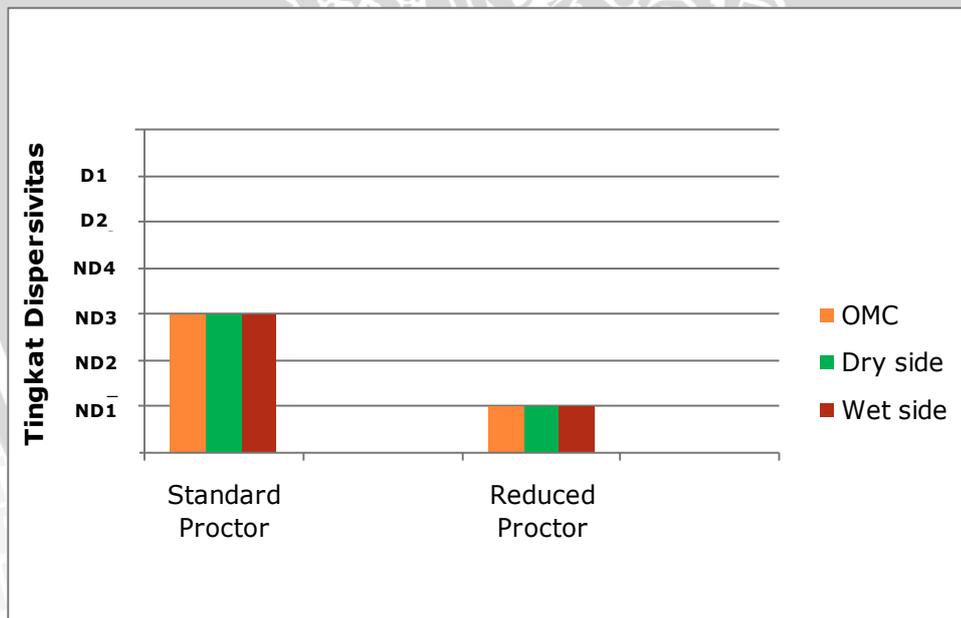
Untuk hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C

Dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 dapat dilihat perbedaan tingkat dispersivitas tanah antara hasil uji pinhole dengan uji crumb. Pada uji pinhole sebagian besar (ada tujuh benda uji) merupakan ND3 (*Intermediate-Dispersive*), 6 (enam) benda uji merupakan ND2 (*Non-Dispersive*), dan 5 (lima) benda uji merupakan ND1 (*Non-Dispersive*), sedangkan pada hasil uji crumb sebagian besar merupakan grade 1 (*Non-Dispersive*). Namun, persamaan dari kedua jenis uji ini adalah sama-sama bersifat kualitatif dimana melihat tingkat kekeruhan air dari setiap benda uji yang digunakan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil uji pinhole tidak sama dengan hasil uji crumb, dimana jika dilihat pada Tabel 4.9 hasil uji crumb yang menunjukkan sifat non-dispersif ternyata ketika dilakukan uji pinhole ada kemungkinan tanahnya bersifat dispersif.

4.4.3. Analisis Hasil Penelitian Uji *Pinhole*

4.4.3.1. Pengaruh Kadar Air Pematatan

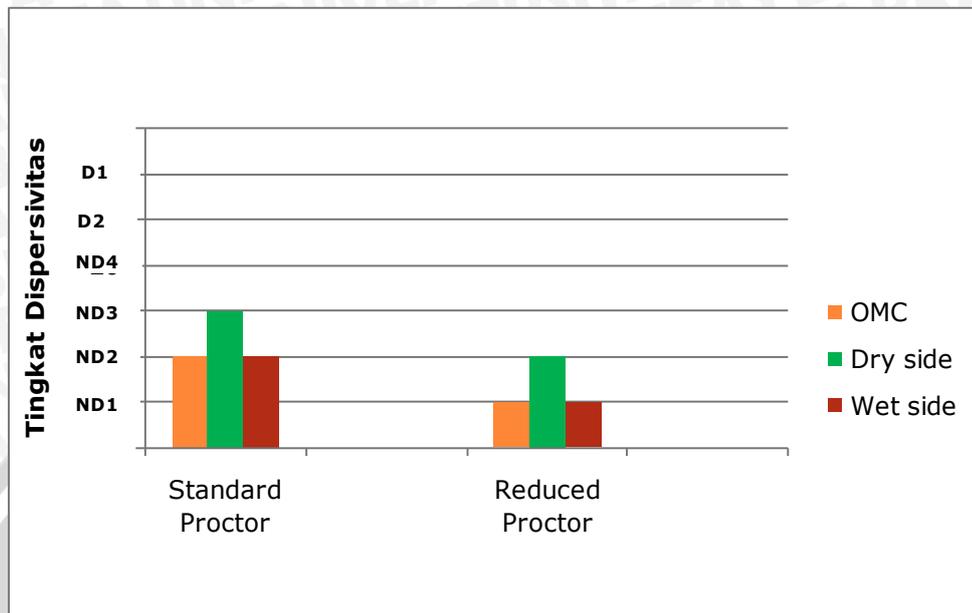
Dari uji *pinhole* yang dilakukan, diperoleh hasil-hasil dispersivitas tanah dimana yang jika dibandingkan dengan jenis pematatannya untuk masing-masing jenis tanah dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.6, 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.6. Pengaruh kadar air pematatan terhadap dispersivitas Tanah Asli.

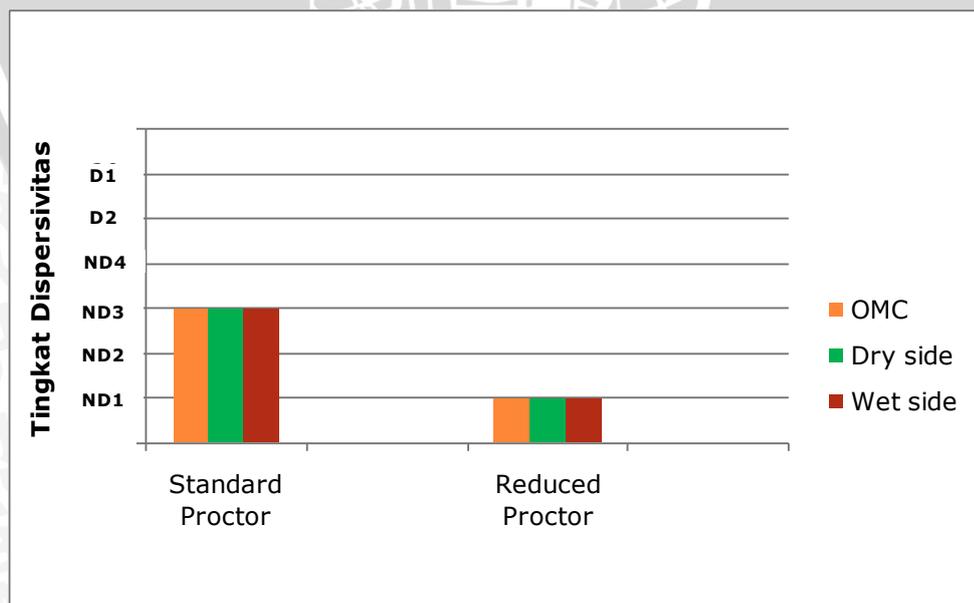
Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa ada perbedaan antara pematatan dengan *Standard Proctor* dengan *Reduced Proctor*, dimana tingkat dispersivitas tanah pada pematatan standard lebih besar dari pematatan reduced. Pada pematatan standard tingkat dispersivitasnya termasuk dalam klasifikasi ND3 sedangkan pada *Reduced Proctor* termasuk dalam klasifikasi ND1, baik pada kondisi OMC, *dry side*, maupun *wet*

side. Jadi, benda uji Tanah Asli yang digunakan pada penelitian ini nilai/tingkat dispersivitasnya berpengaruh terhadap jenis pemadatan.



Gambar 4.7. Pengaruh kadar air pemadatan terhadap dispersivitas Tanah *Kaolinite*.

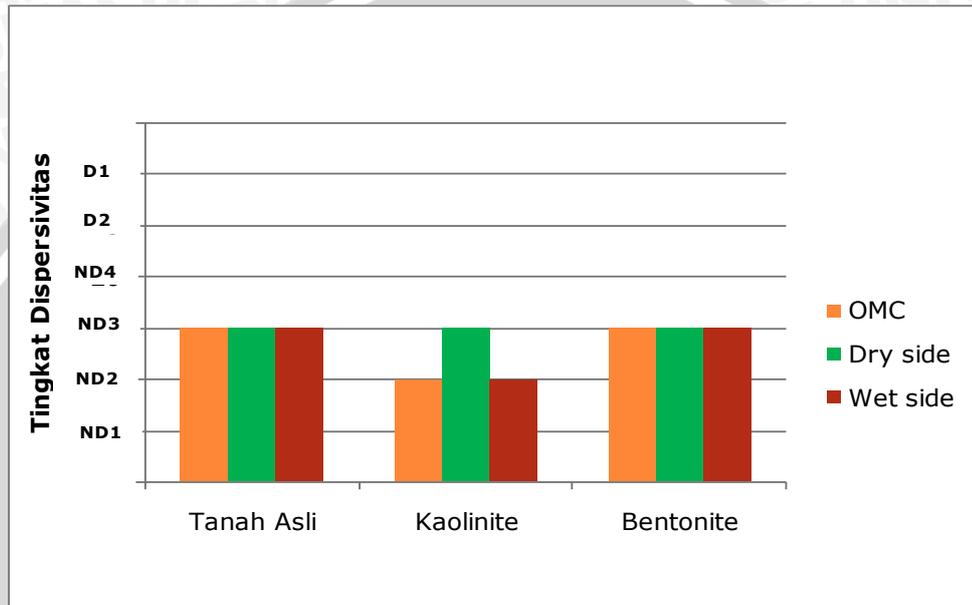
Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa ada perbedaan antara pemadatan dengan *Standard Proctor* dengan *Reduced Proctor* sama halnya seperti tanah asli, namun tingkat dispersivitas tanah pada kondisi *dry side* lebih besar daripada kondisi OMC dan *wet side*. Jadi, benda uji Tanah *Kaolinite* yang digunakan pada penelitian ini nilai/tingkat dispersivitasnya berpengaruh terhadap jenis/energi pemadatan dan kadar air hanya untuk kondisi tertentu (*dry side*).



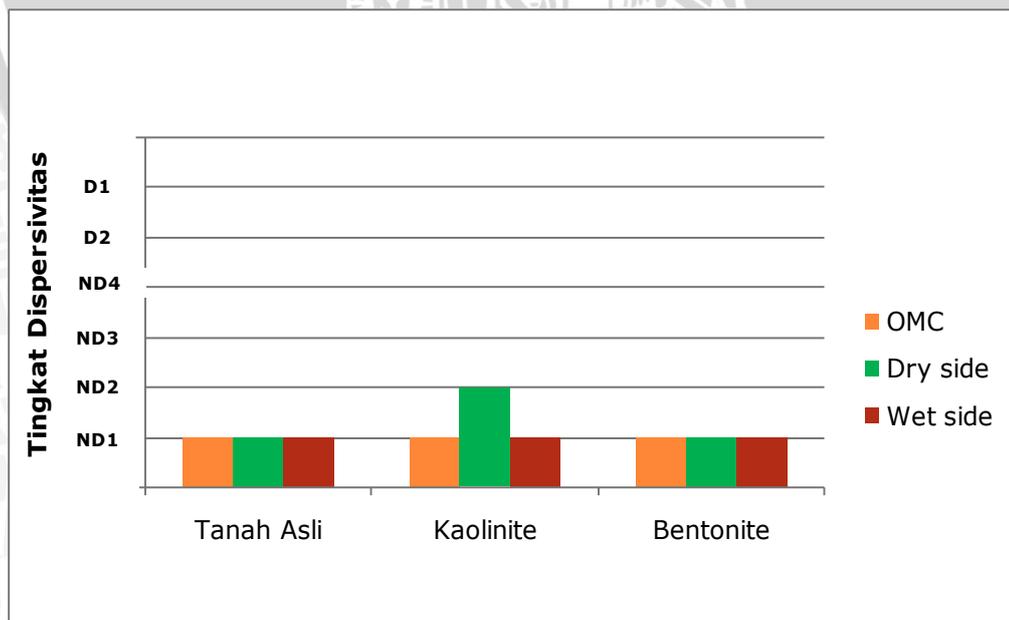
Gambar 4.8. Pengaruh kadar air pemadatan terhadap dispersivitas Tanah *Bentonite*.

Dari Gambar 4.9, jika melihat referensi dari Sherard et.al., (1976b) maka untuk tanah asli dan *bentonite* ada kemungkinan bersifat dispersif, sedangkan tanah kaolinite bersifat *non-dispersif*.

Dari 3 (tiga) jenis tanah tersebut, nilai plastisitas yang paling kecil adalah Tanah Asli dan Tanah *Kaolinite* sedangkan yang terbesar adalah Tanah *Bentonite*. Jika diurutkan nilai plastisitasnya dari yang terkecil hingga terbesar maka akan seperti Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 dibawah ini



Gambar 4.10. Pengaruh plastisitas terhadap dispersivitas Tanah Lempung (*Standard Proctor*).



Gambar 4.11. Pengaruh plastisitas terhadap dispersivitas Tanah Lempung (*Reduced Proctor*).

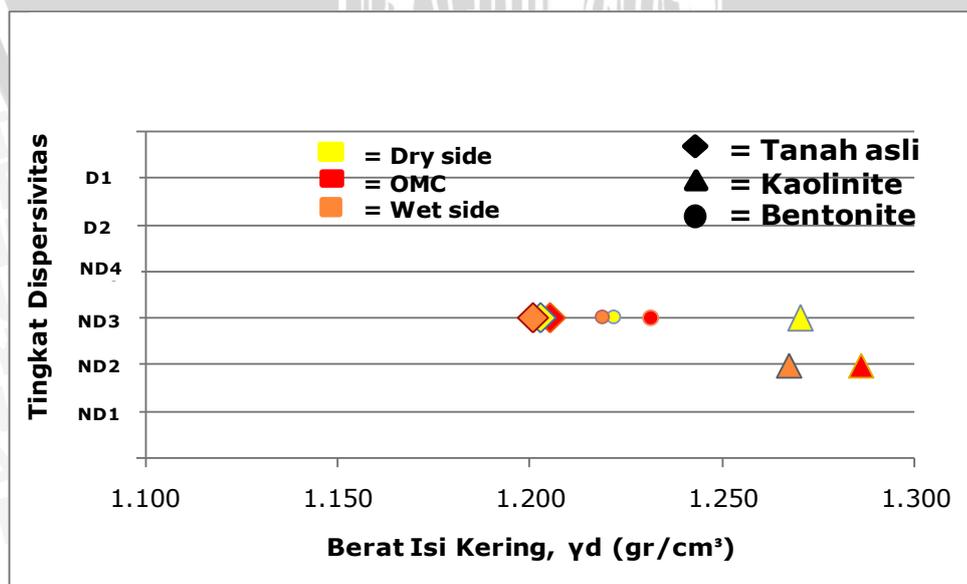
Dari Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, dapat dilihat bahwa tingkat dispersivitas Tanah Asli sama seperti Tanah *Bentonite* termasuk ND3 (*Intermediate-Dispersive*) pada *Standard Proctor* dan ND1 (*Non-Dispersive*) pada *Reduced Proctor*, sedangkan Tanah *Kaolinite* pada kondisi *dry side* (ND3) sama seperti Tanah Asli dan *Bentonite* pada *Standard Proctor* walaupun berbeda untuk *Reduced Proctor*.

Dari pengamatan tersebut, yakni Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, maka dapat disimpulkan bahwa :

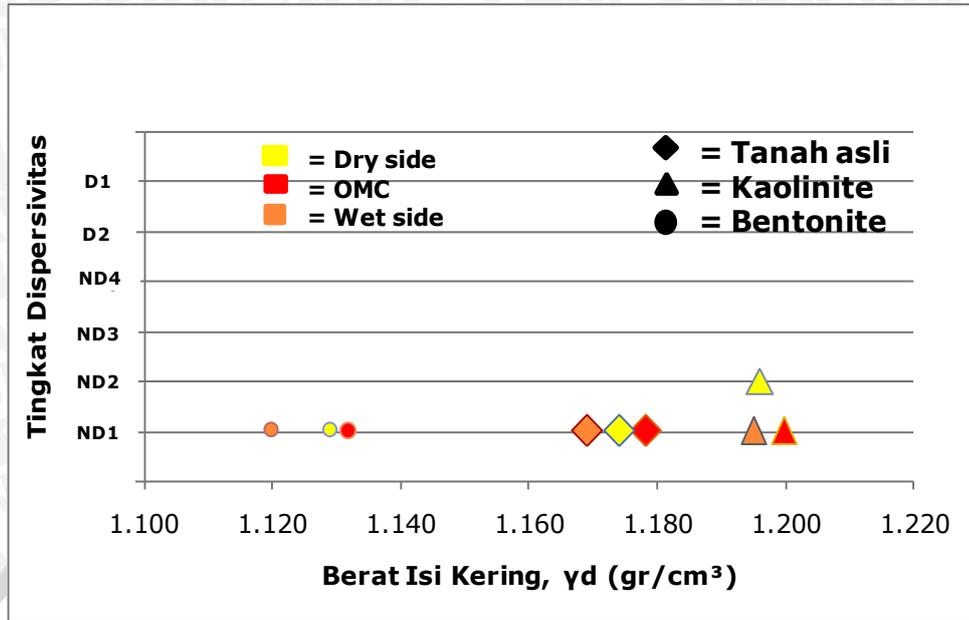
1. Nilai plastisitas tanah tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas tanah (pada energi pemadatan yang sama) namun untuk jenis tanah *kaolinite* dengan plastisitas sedang memiliki kecenderungan tingkat dispersivitasnya lebih rendah daripada bentonite.
2. Jadi, berdasarkan teori dari Sherard et.al., (1976b) : hasil dari batas atterberg tanah hanya bisa digunakan untuk menduga atau identifikasi awal adanya kemungkinan sifat suatu tanah yang bersifat dispersif atau non-dispersif.

4.4.3.3. Pengaruh Berat Isi Kering (γ_d) dan Angka Pori (e)

Berat isi kering (γ_d) merupakan perbandingan berat tanah basah dengan kadar airnya yang ditentukan berdasarkan hasil pemadatan proctor, sedangkan Angka pori (e) merupakan perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V_s). Jika seluruh benda uji dibandingkan nilai berat isi kering dan angka porinya terhadap tingkat dispersivitasnya berdasarkan energi pemadatan maka akan seperti Gambar 4.12-4.15.



Gambar 4.12. Pengaruh berat isi kering terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji pinhole (*Standard Proctor*).

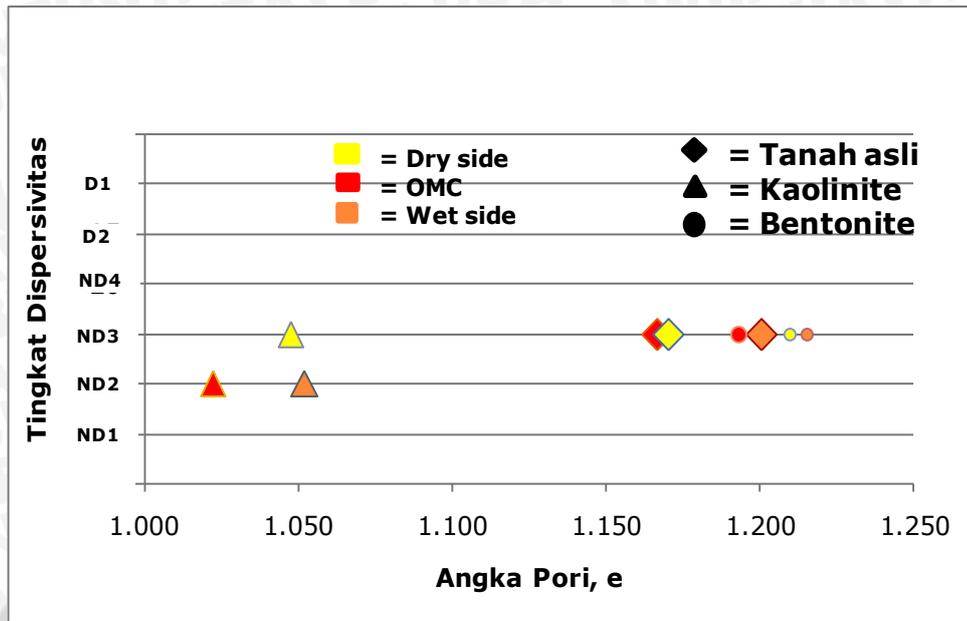


Gambar 4.13. Pengaruh berat isi kering terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji pinhole (*Reduced Proctor*).

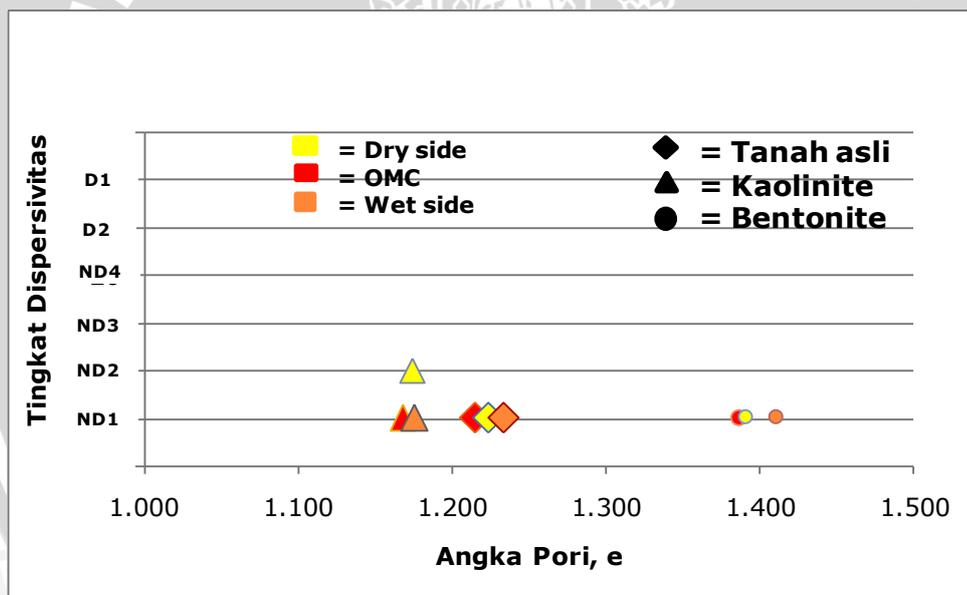
Dari Gambar 4.12 dan 4.13 dapat dilihat bahwa pada kedua jenis pemadatan tersebut memiliki pola yang sama. Untuk jenis Tanah Asli dan Tanah *Bentonite* nilai berat isi kering tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitasnya sedangkan pada Tanah *Kaolinite* semakin besar berat isi keringnya maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya.

Dari kedua gambar diatas maka dapat disimpulkan :

1. Secara umum, semakin besar berat isi kering suatu tanah maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya (pada energi pemadatan yang sama).
2. Semakin besar energi pemadatan maka berat isi kering semakin besar dan tingkat dispersivitas tanahnya pun semakin kecil
3. Berat isi kering (γ_d) tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas untuk jenis Tanah Asli dan *Bentonite*.



Gambar 4.14. Pengaruh angka pori terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji pinhole (*Standard Proctor*).



Gambar 4.15. Pengaruh angka pori terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji pinhole (*Reduced Proctor*).

Dari Gambar 4.14 dan 4.15 dapat dilihat bahwa, pola perbandingannya sama halnya seperti Gambar 4.12 dan 4.13 dimana angka pori untuk Tanah Asli dan Tanah *Bentonite* tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas kecuali Tanah *Kaolinite* yang dimana semakin kecil angka pori maka semakin kecil pula tingkat dispersivitasnya.

Dari Gambar 4.14 dan 4.15 diatas maka dapat disimpulkan :

1. Secara umum, semakin kecil angka pori suatu tanah maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya (pada energi pemadatan yang sama). Hal ini karena,

angka pori berbanding lurus dengan permeabilitas tanah yang akan semakin rendah akibat penambahan kadar airnya.

2. Semakin besar energi pemadatan maka angka pori semakin kecil dan tingkat dispersivitas tanahnya pun semakin kecil
3. Angka pori (e) tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas untuk jenis Tanah Asli dan *Bentonite*.

Berikut adalah hasil-hasil perhitungan angka pori dapat dilihat pada Tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10. Perhitungan Angka Pori.

No.	Sampel	Kadar air, w (%)	Berat isi kering, γ_d (gr/cm ³)	Berat isi Tanah, γ (gr/cm ³)	Angka pori, e	
1	K	<i>K-Std-OMC</i>	40.296	1.286	53.099	1.022
2		<i>K-Std-Dry side</i>	37.296	1.270	48.636	1.047
3		<i>K-Std-Wet side</i>	43.296	1.267	56.123	1.052
4	K	<i>K-Red-OMC</i>	45.762	1.200	56.097	1.167
5		<i>K-Red-Dry side</i>	42.762	1.196	52.339	1.174
6		<i>K-Red-Wet side</i>	48.762	1.195	59.465	1.176
7	B	<i>B-Std-OMC</i>	31.698	1.231	40.255	1.193
8		<i>B-Std-Dry side</i>	28.698	1.222	36.291	1.209
9		<i>B-Std-Wet side</i>	34.698	1.219	43.516	1.215
10	B	<i>B-Red-OMC</i>	37.409	1.132	43.464	1.386
11		<i>B-Red-Dry side</i>	34.409	1.129	39.977	1.391
12		<i>B-Red-Wet side</i>	40.409	1.120	46.378	1.411
13	TA	<i>TA-Std-OMC</i>	17.574	1.205	22.379	1.166
14		<i>TA-Std-Dry side</i>	14.574	1.203	18.728	1.170
15		<i>TA-Std-Wet side</i>	20.574	1.201	25.900	1.174
16	TA	<i>TA-Red-OMC</i>	21.167	1.178	26.119	1.215
17		<i>TA-Red-Dry side</i>	18.167	1.174	22.502	1.223
18		<i>TA-Red-Wet side</i>	24.167	1.169	29.420	1.233

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan Tanah Kaolinite (K-Std-OMC) :

Diketahui :

$$W = 40,296 \% \quad \rightarrow \text{Data}$$

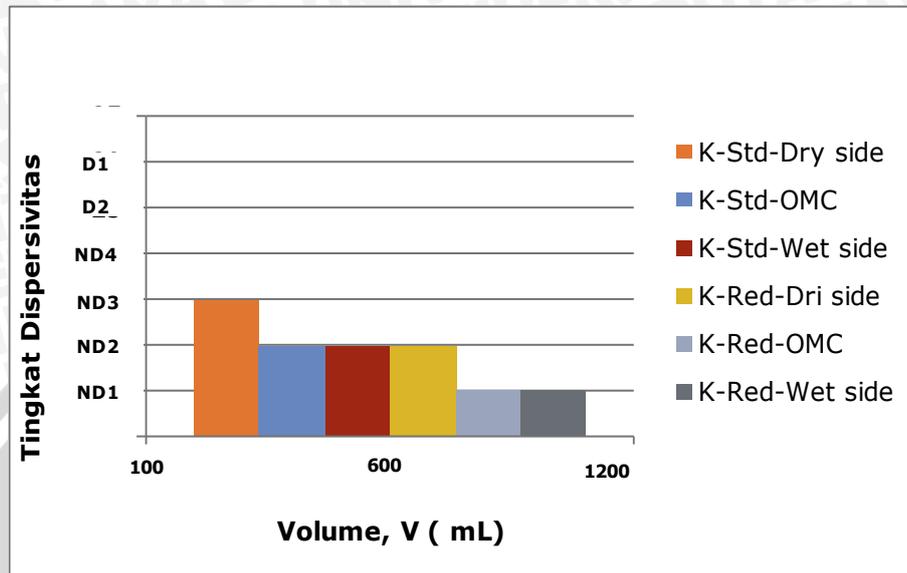
$$\gamma_d = 1,286 \text{ gr/cm}^3 \quad \rightarrow \text{Data}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \gamma_d \times (1+w) \\ &= 1,286 \times (1+40,296) \\ &= 53,099 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori (e)} &= \frac{(1+w)(G_s \times \gamma_w)}{\gamma} - 1 \\ &= \frac{(1+40,296)(2,60 \times 1)}{53,099} - 1 \\ &= 1,022 \end{aligned}$$

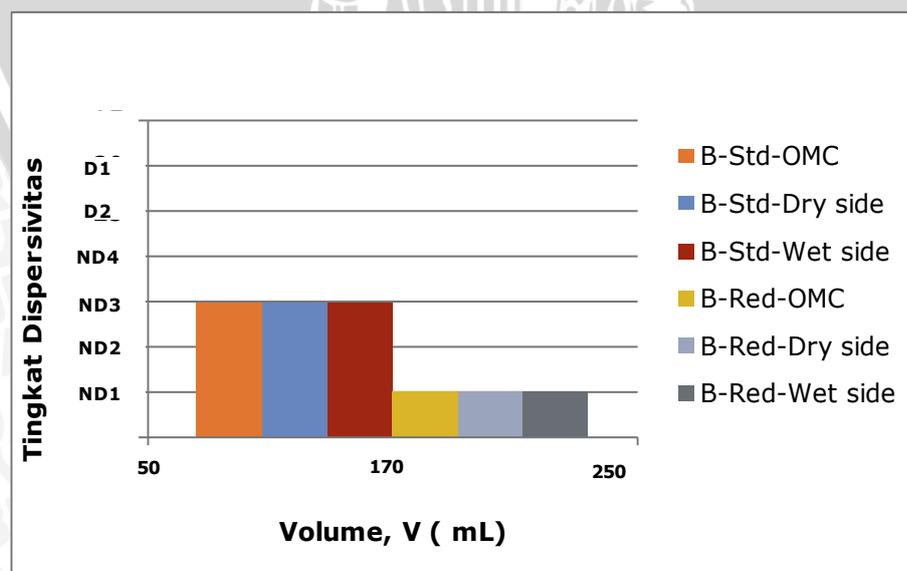
4.4.3.4. Volume (V) dan Debit aliran (q)

Dari hasil uji pinhole, diperoleh data Volume air dan juga debit aliran. Jika dihubungkan dengan tingkat dispersivitasnya maka akan seperti Gambar 4.16 - 4.18 berikut.

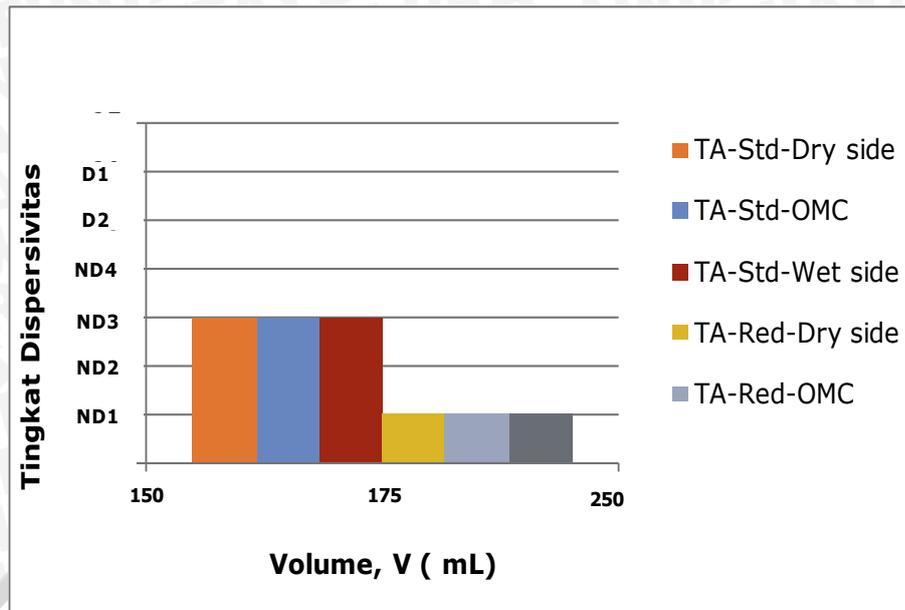


Gambar 4.16. Pengaruh Volume air terhadap dispersivitas Tanah *Kaolinite*.

Dari Gambar 4.18, dapat dilihat bahwa pada energi pemadatan yang sama semakin besar volume maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya. Pada pemadatan *Reduced Proctor*, volumenya semakin besar dan tingkat dispersivitasnya semakin kecil sehingga pada tanah kaolinite volume air berpengaruh terhadap dispersivitasnya.



Gambar 4.17. Pengaruh Volume air terhadap dispersivitas Tanah *Bentonite*.



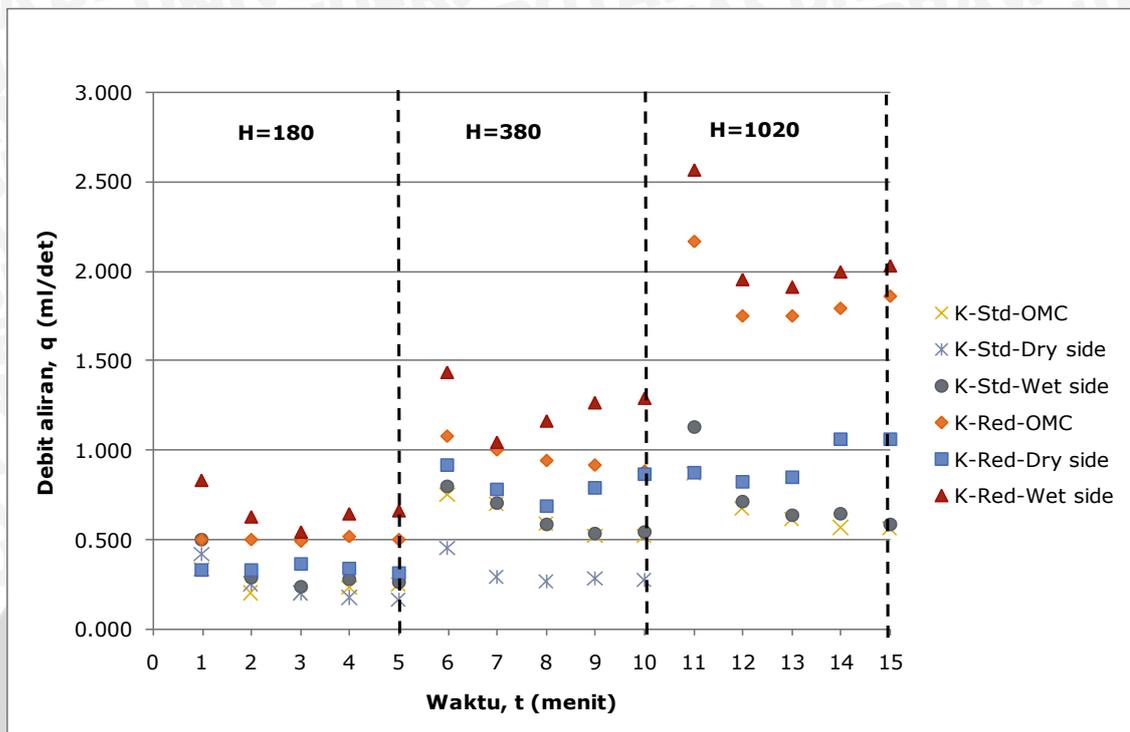
Gambar 4.18. Pengaruh Volume air terhadap dispersivitas Tanah Asli

Dari Gambar 4.17 dan 4.18, dapat dilihat bahwa keduanya mempunyai pola yang sama dimana besarnya volume yang dihasilkan dari uji *pinhole* tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitasnya (pada pemadatan yang sama).

Dari ketiga gambar diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Volume tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas tanah (pada energi pemadatan yang sama).
2. Semakin besar volume maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya.
3. Untuk jenis tanah kaolinite, volume berpengaruh pada tingkat dispersivitasnya (pada energi pemadatan yang sama)
4. Karna debit berbanding lurus dengan volume air yang keluar maka, pengaruh debit aliran terhadap tingkat dispersivitas sama seperti volume air.

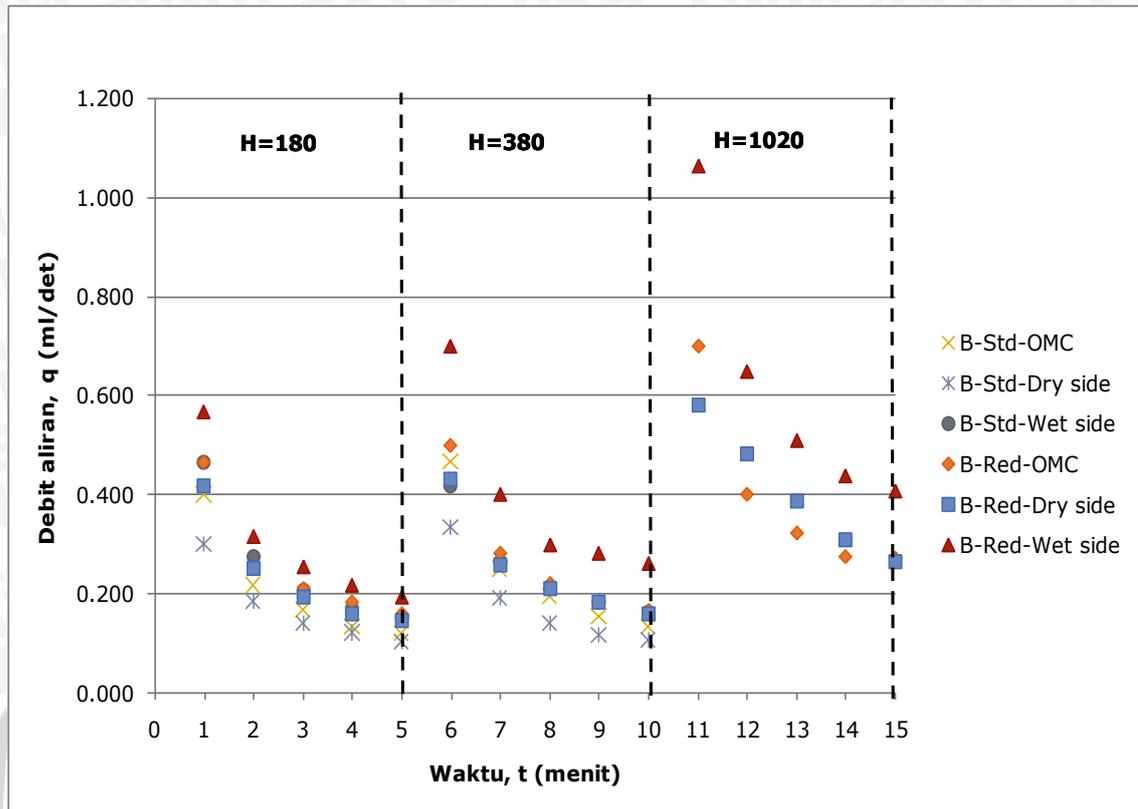
Dari percobaan dihasilkan debit aliran (q), jika di plot dalam sebuah grafik maka akan seperti Gambar 4.19-4.21 dibawah ini.



Gambar 4.19. Hubungan antara waktu pengujian dengan debit aliran yang keluar pada ketinggian tertentu (Tanah Kaolinite).

Dari Gambar 4.19 dapat diketahui bahwa :

1. Debit aliran (q) berbanding terbalik dengan waktu ; semakin besar waktu pengujian (t) maka semakin kecil debit aliran (q) yang keluar (pada ketinggian H dan energi pemadatan yang sama). Hal ini karena $q = V/t$.
2. Semakin besar waktu pengujian (t) maka semakin besar debit aliran (q) yang akan keluar (pada ketinggian H dan energi pemadatan yang berbeda). Hal ini karena $q = V/t$ dan adanya perbedaan tinggi energi antara pada setiap titik sehingga terjadi perbedaan aliran yang keluar.
3. Semakin besar energi pemadatan maka semakin kecil debit aliran yang keluar. Hal ini karena, pengaruh pemadatan yang besar akan mengakibatkan tanah terdispersi dan kemampuan tanah untuk menyerap air semakin tinggi.

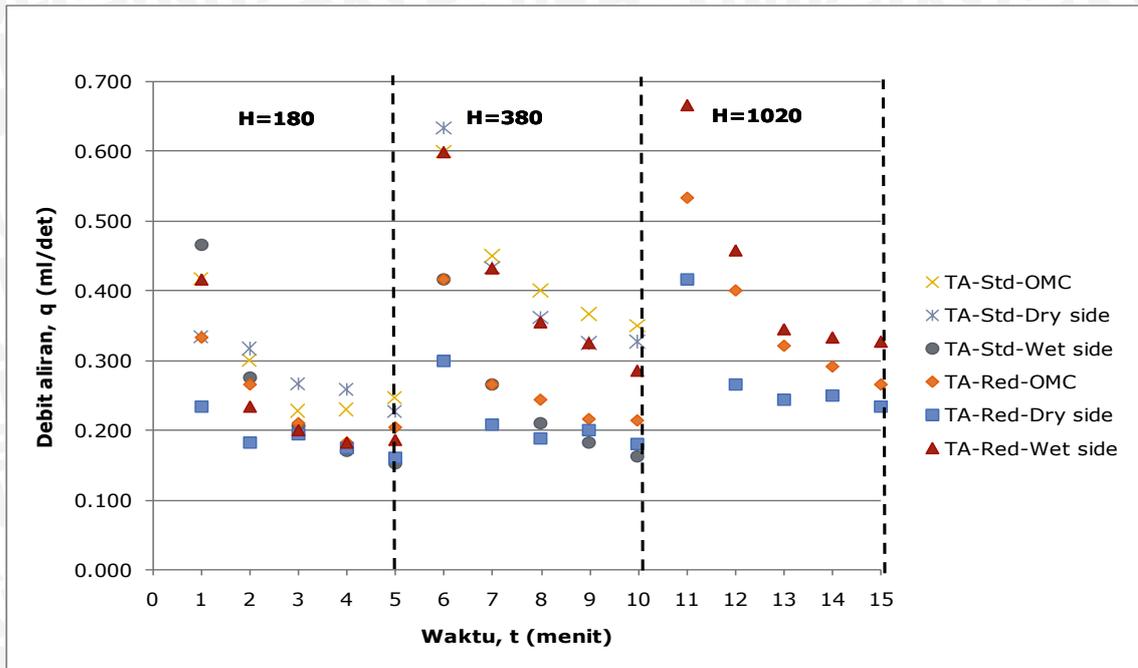


Gambar 4.20. Hubungan antara waktu pengujian dengan debit aliran yang keluar pada ketinggian tertentu (Tanah Bentonite).

Dari Gambar 4.20 ternyata polanya sama seperti halnya Tanah Bentonite dimana:

1. Debit aliran (q) berbanding terbalik dengan waktu ; semakin besar waktu pengujian (t) maka semakin kecil debit aliran (q) yang keluar (pada ketinggian H dan energi pemadatan yang sama).
2. Semakin besar waktu pengujian (t) maka semakin besar debit aliran (q) yang akan keluar (pada ketinggian H dan energi pemadatan yang berbeda).
3. Semakin besar energi pemadatan maka semakin kecil debit aliran yang keluar.

Untuk Tanah Asli ternyata pola atau hasilnya sama seperti Tanah Kaolinite dan Tanah Bentonite sehingga kesimpulannya pun sama. Untuk hasil plotting Tanah Asli dapat dilihat di Gambar 4.21.

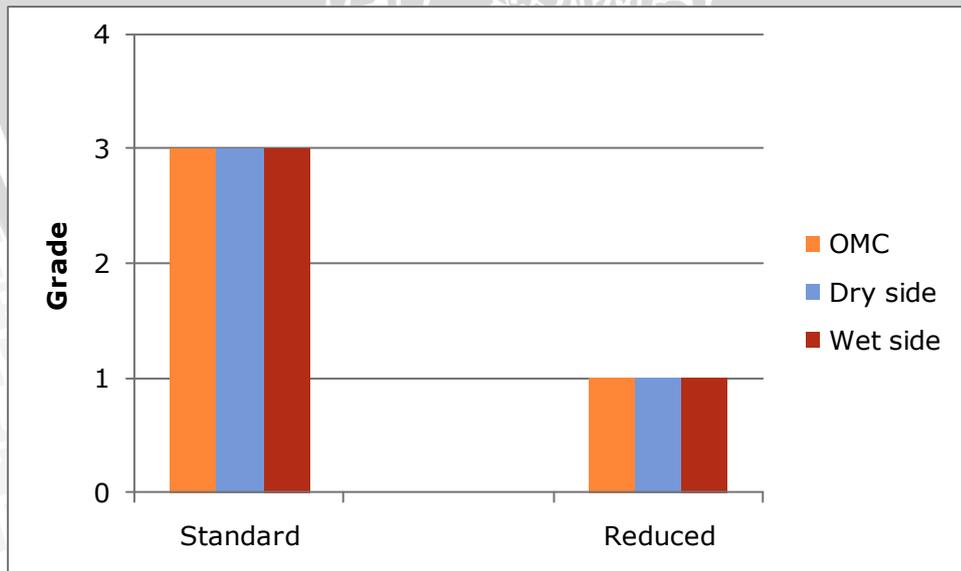


Gambar 4.21. Hubungan antara waktu pengujian dengan debit aliran yang keluar pada ketinggian tertentu (Tanah Asli).

4.4.4. Analisis Hasil Penelitian Uji Crumb

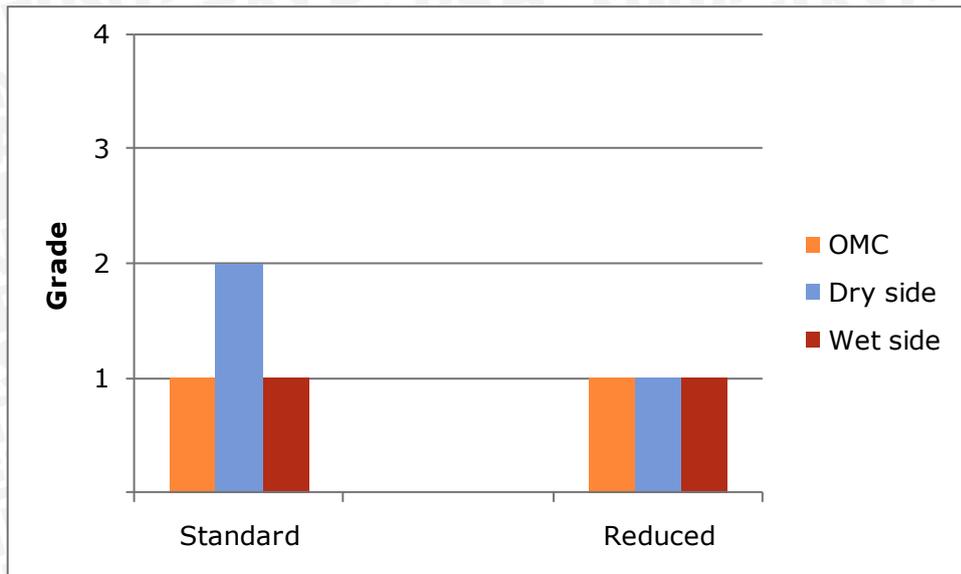
4.4.4.1. Pengaruh Kadar Air Pematatan

Dari uji crumb yang dilakukan, diperoleh hasil-hasil dispersivitas tanah dimana yang jika dibandingkan dengan jenis pematatannya untuk masing-masing jenis tanah dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.22, 4.23, dan 4.24.



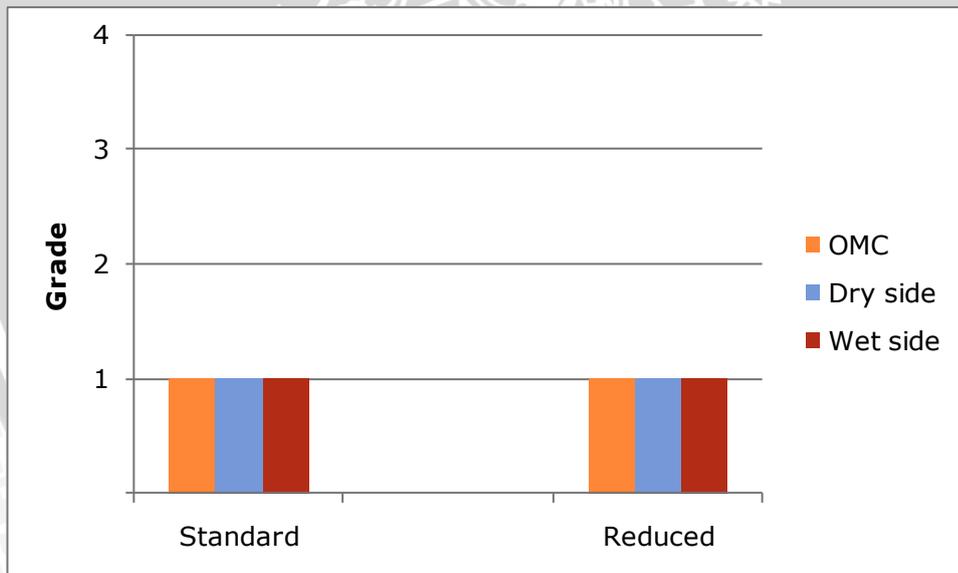
Gambar 4.22. Pengaruh kadar air pematatan terhadap dispersivitas Tanah Asli.

Dari Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa perbedaan tingkat dispersivitas, dimana untuk Tanah Asli pada pematatan standard termasuk Grade 3 (*Intermediate-Dispersive*) sedangkan Grade 1 (*Non-Dispersive*) pada pematatan Reduced Proctor.



Gambar 4.23. Pengaruh kadar air pemadatan terhadap dispersivitas Tanah Kaolinite.

Dari Gambar 4.23, dapat dilihat bahwa pada Tanah Kaolinite baik pada pemadatan *Standard Proctor* maupun *Reduced Proctor* hampir semua benda uji memiliki tingkat dispersivitas yang sama yaitu Grade 1 (*Non-Dispersive*) kecuali pada pemadatan standard di sisi *dry side* termasuk Grade 2 (*Intermediate-Dispersive*).



Gambar 4.24. Pengaruh kadar air pemadatan terhadap dispersivitas Tanah Bentonite.

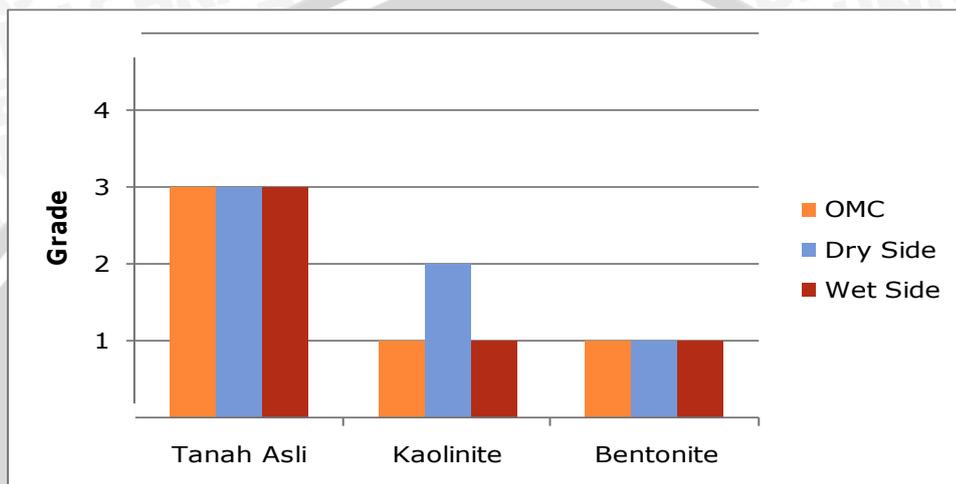
Dari Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa, tingkat dispersivitas Tanah Bentonite sama pada kondisi pemadatan *Standard Proctor* maupun *Reduced Proctor* yaitu Grade 1 (*Non-Dispersive*).

Berdasarkan Gambar 4.22 - 4.24 dapat diketahui, ternyata untuk Tanah Kaolinite dan Tanah Bentonite tingkat dispersivitas tanahnya tidak dipengaruhi oleh energi pemadatan dan kadar airnya sedangkan pada Tanah Asli tingkat dispersivitasnya

dipengaruhi oleh energi pemadatannya namun tidak untuk kadar air pemadatan. Dari hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa :

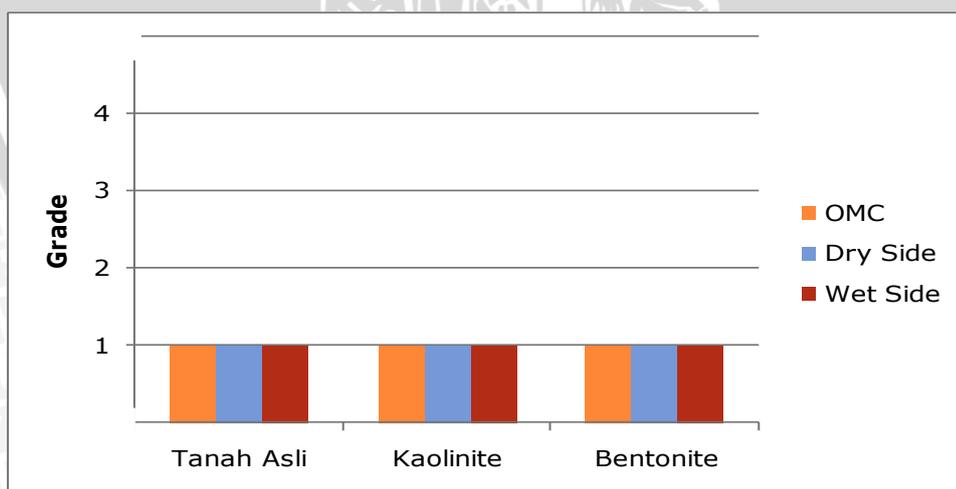
1. Kadar air tidak berpengaruh terhadap dispersivitas tanah (pada energi pemadatan yang sama).
2. Tingkat dispersivitas tanah hanya dipengaruhi oleh energi pemadatan (untuk jenis tanah tertentu, dalam penelitian ini pada Tanah Asli).

4.4.4.2. Pengaruh Plastisitas Tanah (PI)



Gambar 4.25. Pengaruh plastisitas terhadap dispersivitas Tanah Lempung (*Standard Proctor*).

Dari Gambar 4.25, dapat dilihat bahwa pada Tanah Asli memiliki tingkat dispersivitas yang lebih besar (*Grade 3 = Intermediate-Dispersive*) daripada Tanah *Kaolinite* dan Tanah *Bentonite* padahal plastisitasnya lebih rendah.



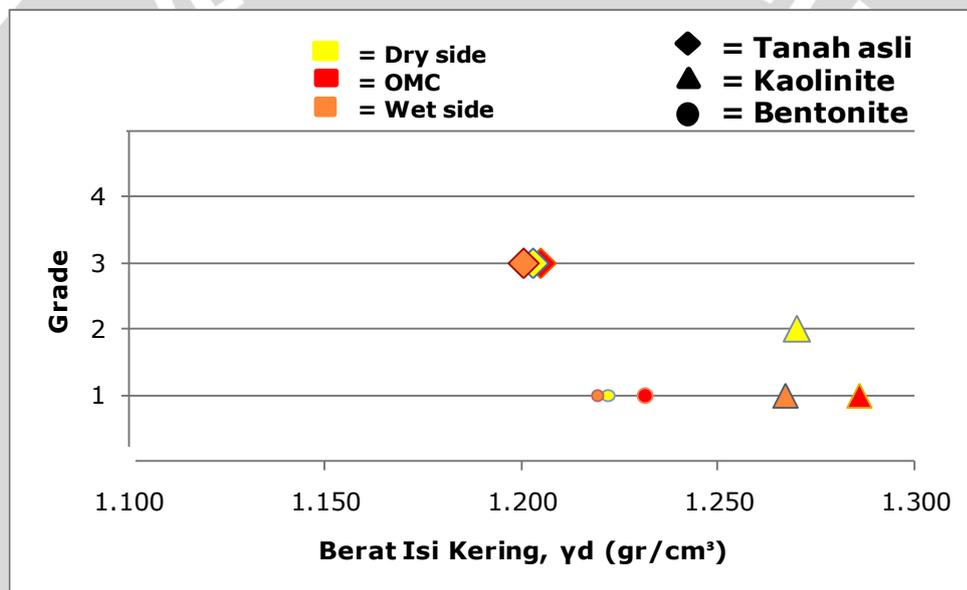
Gambar 4.26. Pengaruh plastisitas terhadap dispersivitas Tanah Lempung (*Reduced Proctor*).

Berbeda dengan dispersivitas tanah pada pemadatan *Reduced Proctor* seperti Gambar 4.26, ketiga jenis tanahnya sama-sama termasuk dalam *Grade 1 (Non-Dispersive)* walaupun plastisitasnya berbeda. Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat

disimpulkan bahwa plastisitas tanah (pada pemadatan *standard proctor*) cukup berpengaruh terhadap dispersivitas tanah yakni semakin kecil plastisitas suatu tanah maka semakin besar tingkat dispersivitasnya sedangkan pada pemadatan *reduced proctor* plastisitas tanah tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas tanah.

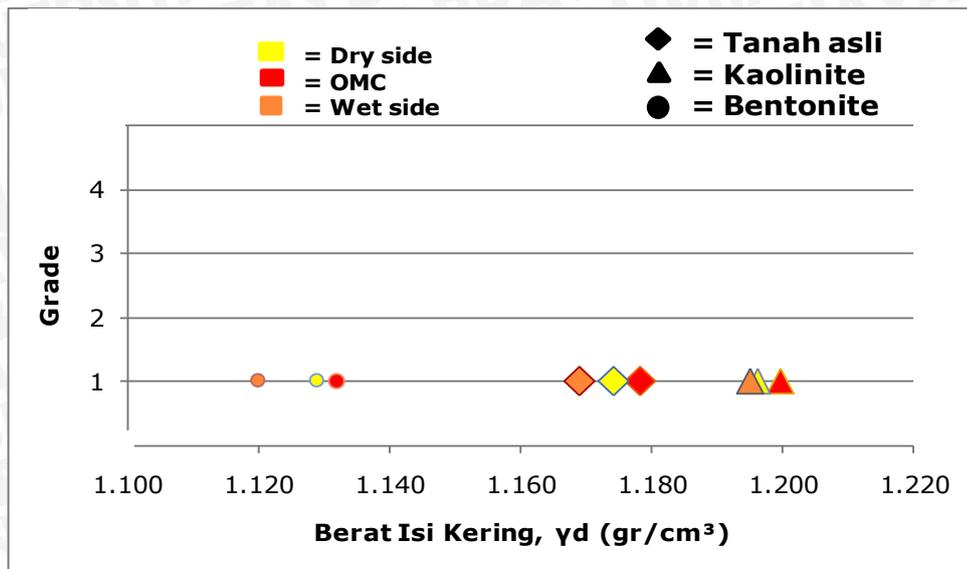
4.4.4.3. Pengaruh Berat Isi Kering (γ_d) dan Angka Pori (e)

Sama halnya seperti uji pinhole, pada uji crumb ini Berat isi kering (γ_d) ditentukan berdasarkan hasil pemadatan proctor, sedangkan Angka pori (e) merupakan perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V_s). Jika seluruh benda uji dibandingkan nilai berat isi kering dan angka porinya terhadap tingkat dispersivitasnya berdasarkan energi pemadatannya maka akan seperti Gambar 4.27- 4..



Gambar 4.27. Pengaruh berat isi kering terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji crumb (*Standard Proctor*).

Dari Gambar 4.27. dapat dilihat bahwa pada energi pemadatan yang sama, tingkat dispersivitas Tanah Asli lebih besar (Grade 3) dibandingkan Tanah *Kaolinite* (Grade 2 dan 1) dan *Bentonite* (Grade 1).

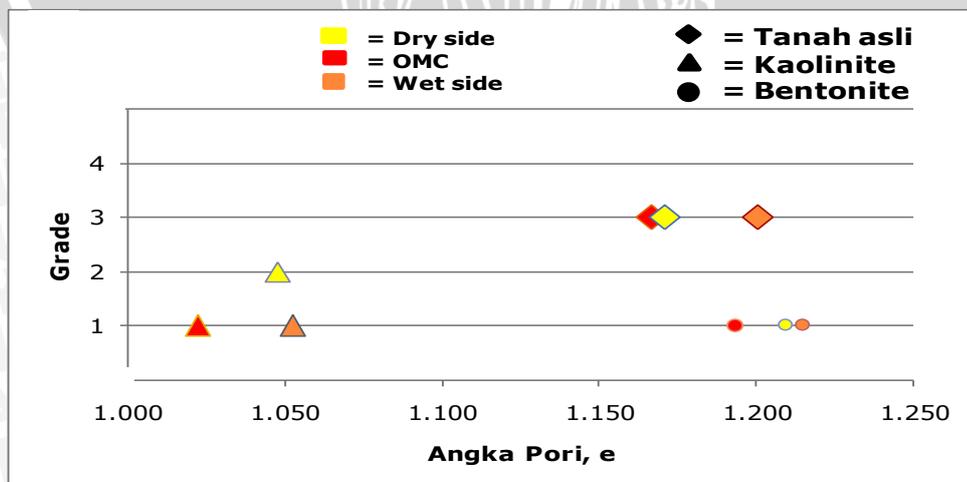


Gambar 4.28. Pengaruh berat isi kering terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji *crumb* (Reduced Proctor).

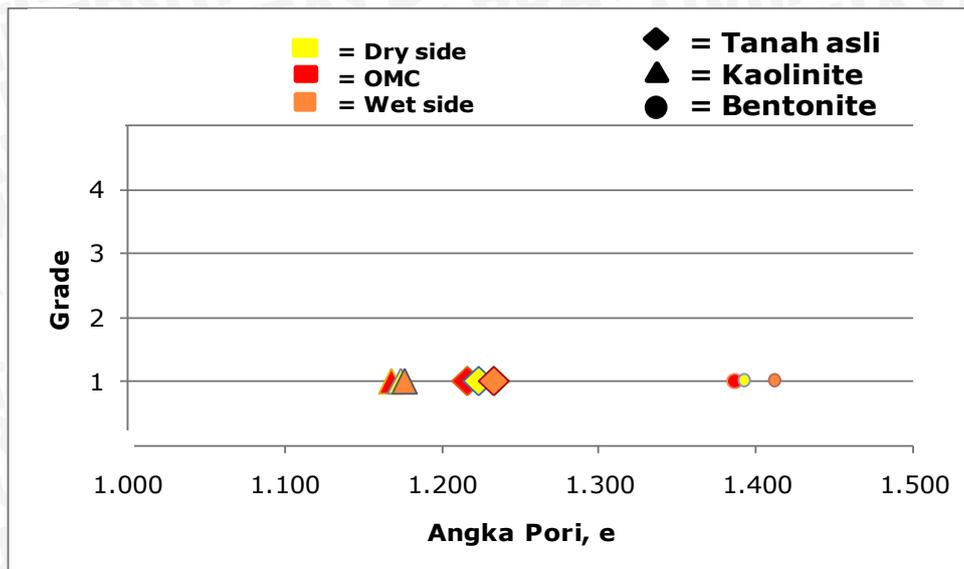
Berbeda dengan pemadatan standard, pada pemadatan *Reduced Proctor* semua jenis tanah memiliki tingkat dispersivitas yang sama yakni Grade 1 (*Non-Dispersive*) seperti Gambar 4.28 diatas.

Dari Gambar 4.27 dan 4.28 tersebut, maka dapat disimpulkan :

1. Secara umum, semakin besar berat isi kering suatu tanah maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya (pada energi pemadatan yang sama).
2. Semakin besar energi pemadatan maka berat isi kering semakin besar dan tingkat dispersivitas tanahnya pun semakin kecil
3. Berat isi kering (γ_d) tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas untuk jenis Tanah Asli dan *Bentonite*.



Gambar 4.29. Pengaruh angka pori terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji *crumb* (Standard Proctor).



Gambar 4.30. Pengaruh angka pori terhadap tingkat dispersivitas tanah pada uji *crumb (Reduced Proctor)*.

Dari Gambar 4.29. dapat dilihat bahwa pada energi pemadatan yang sama, tingkat dispersivitas Tanah Asli lebih besar (Grade 3) dibandingkan Tanah *Kaolinite* (Grade 2 dan 1) dan *Bentonite* (Grade 1). Berbeda pada Gambar 4.30, semua jenis tanah memiliki tingkat dispersivitas yang sama yakni Grade 1 (*Non-Dispersive*).

Dari kedua Gambar 4.33 dan 4.34 tersebut maka dapat disimpulkan :

1. Secara umum, semakin kecil angka pori suatu tanah maka semakin kecil tingkat dispersivitasnya (pada energi pemadatan yang sama).
2. Semakin besar energi pemadatan maka angka pori semakin kecil dan tingkat dispersivitas tanahnya pun semakin kecil
3. Angka pori (e) tidak berpengaruh terhadap tingkat dispersivitas untuk jenis Tanah Asli dan *Bentonite*.

4.4.5. Perbandingan Antara Hasil Uji *Pinhole* dengan Uji *Crumb*

Dari hasil uji *pinhole* dan uji *crumb* jika dibandingkan maka akan seperti Tabel 4.11 berikut ini.

Sampel		Uji Dispersivitas									
		Pinhole Test					Crumb Test				
		ND1	ND2	ND3	ND4	D2	D1	1	2	3	4
K	K-Std-OMC		√					√			
	K-Std-Dry side			√					√		
	K-Std-Wet side		√					√			
K	K-Red-OMC	√						√			
	K-Red-Dry side		√					√			
	K-Red-Wet side	√						√			
B	B-Std-OMC			√				√			
	B-Std-Dry side			√				√			
	B-Std-OMC+3			√				√			
B	B-Red-OMC		√					√			
	B-Red-Dry side		√					√			
	B-Red-Wet side		√					√			
TA	TA-Std-OMC			√						√	
	TA-Std-Dry side			√						√	
	TA-Std-Wet side			√						√	
TA	TA-Red-OMC	√						√			
	TA-Red-Dry side	√						√			
	TA-Red-Wet side	√						√			

Sumber: Hasil analisis data

Keterangan :

K = Tanah Kaolinite

B = Tanah Bentonite

TA = Tanah asli

Std = Standard Proctor Test

Red = Reduced Proctor Test

OMC = Optimum Moisture Content

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa hampir semua jenis benda uji memiliki persamaan hasil uji dispersivitas tanah antara kedua jenis uji (misal dapat dilihat pada Tanah *Kaolinite*). Namun, hanya untuk Tanah *Bentonite* (*B-Std*) ada perbedaan yakni pada hasil uji *crumb* termasuk dalam Grade 1 (*Non-Dispersive*) sedangkan dari hasil uji *pinhole* adalah ND3 (*Intermediate-Dispersive*).

Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil uji *pinhole* dengan uji *crumb* pada sebagian besar benda uji menghasilkan tingkat dispersivitas yang sama.
2. Dari kedua jenis pengujian memiliki pola pengamatan yang sama yaitu sama-sama bersifat kualitatif dimana melihat pola keruntuhannya (pada uji *pinhole* melihat kekeruhan air sedangkan uji *crumb* melihat keluruhan tanah dan kekeruhan air).

3. Uji *pinhole*, lebih spesifik dalam hal penilaian tingkat dispersivitasnya dibanding uji *crumb* karena melihat debit aliran (q) dan diameter lubang yang dihasilkan.
4. Berdasarkan referensi, Di Amerika, sejak tahun 1971 *Soil Conservation Service (SCS)* telah menggunakan *crump test* sebagai uji rutin pada penyelidikan tanah untuk bahan timbunan bendungan dan tanggul banjir. Hasil evaluasi Sherad dkk (1976) berdasarkan hasil penelitiannya mengatakan bahwa apabila hasil *crump test* menunjukkan tanah *dispersive*, hasil yang sama diperoleh dari cara ujian yang lain, tetapi 40% dari seluruh hasil *crump test* yang menunjukkan tanah *nondispersive* ternyata menunjukkan reaksi dispersif pada saat diuji dengan metode lain. Jadi, walaupun pada penelitian ini hampir semua benda uji menunjukkan hasil yang sama seperti uji *crumb* maka tetap dilakukan perbandingan terhadap uji lainnya (dalam hal ini misal *pinhole test*) sebagai contoh pada Tanah *Bentonite*.
5. Dari hasil penilaian berdasarkan pengaruh-pengaruh karakteristik fisik dan mekanis tanah ternyata hasilnya pun sama.

