

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. *Slake Durability*

Hasil dari pengujian *slake durability* adalah nilai dari *slake durability index* ( $I_d$ ) yang digunakan untuk menentukan karakteristik disintegrasi batuan yang lemah dan *clay-bearing rock* dan ( $I_s$ ) yaitu kehilangan masa setiap siklus atau pelapukan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan delapan variasi spesimen dengan masing-masing spesimen akan diuji *slake durability* sebanyak 5 siklus. Data-data hasil pengujian *slake durability* dapat dilihat pada Lampiran 5. Delapan jenis spesimen yang digunakan yaitu sebagai berikut ini.

- Spesimen A1 dan A2 dengan kadar semen 0 % dan 10 % menggunakan cetakan A dan metode pencampuran *dry mix* dengan hasil yang terlihat seperti pada Tabel 4.1.
- Spesimen B1 dan B2 dengan kadar semen 0 % dan 10 % menggunakan cetakan B dan metode pencampuran *dry mix* dengan hasil yang terlihat seperti pada Tabel 4.2.
- Spesimen A3 dan A4 dengan kadar semen 0 % dan 10 % menggunakan cetakan A dan metode pencampuran *spray mix* dengan hasil yang terlihat seperti pada Tabel 4.3.
- Spesimen B3 dan B4 dengan kadar semen 0 % dan 10 % menggunakan cetakan B dan metode pencampuran *spray mix* dengan hasil yang terlihat seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Spesimen A1 dan A2, *Dry Mix*

Spesimen	Kadar Semen (%)	Siklus	$I_d$ (%)	Klasifikasi	$I_s$ (%)
A1	0	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	0.77	<i>Very low</i>	99.23
		2	0.13	<i>Very low</i>	99.87
		3	0.10	<i>Very Low</i>	99.90
		4	0.08	<i>Very low</i>	99.92
		5	0	<i>Very low</i>	100.00
A2	10	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	20.81	<i>Very low</i>	79.19
		2	15.45	<i>Very low</i>	84.55
		3	12.75	<i>Very low</i>	87.25
		4	10.63	<i>Very low</i>	89.37
		5	8.93	<i>Very low</i>	91.07

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Spesimen B1 dan B2, *Dry Mix*

Spesimen	Kadar Semen (%)	Siklus	I <sub>d</sub> (%)	Klasifikasi	I <sub>s</sub> (%)
B1	0	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	1.76	<i>Very low</i>	98.24
		2	1.35	<i>Very low</i>	98.65
		3	0.79	<i>Very low</i>	99.21
		4	0.70	<i>Very low</i>	99.30
		5	0.57	<i>Very low</i>	99.43
B2	10	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	93.44	<i>Very high</i>	6.56
		2	81.87	<i>High</i>	18.13
		3	71.41	<i>Medium</i>	28.59
		4	64.30	<i>Medium</i>	35.70
		5	57.29	<i>Medium</i>	42.71

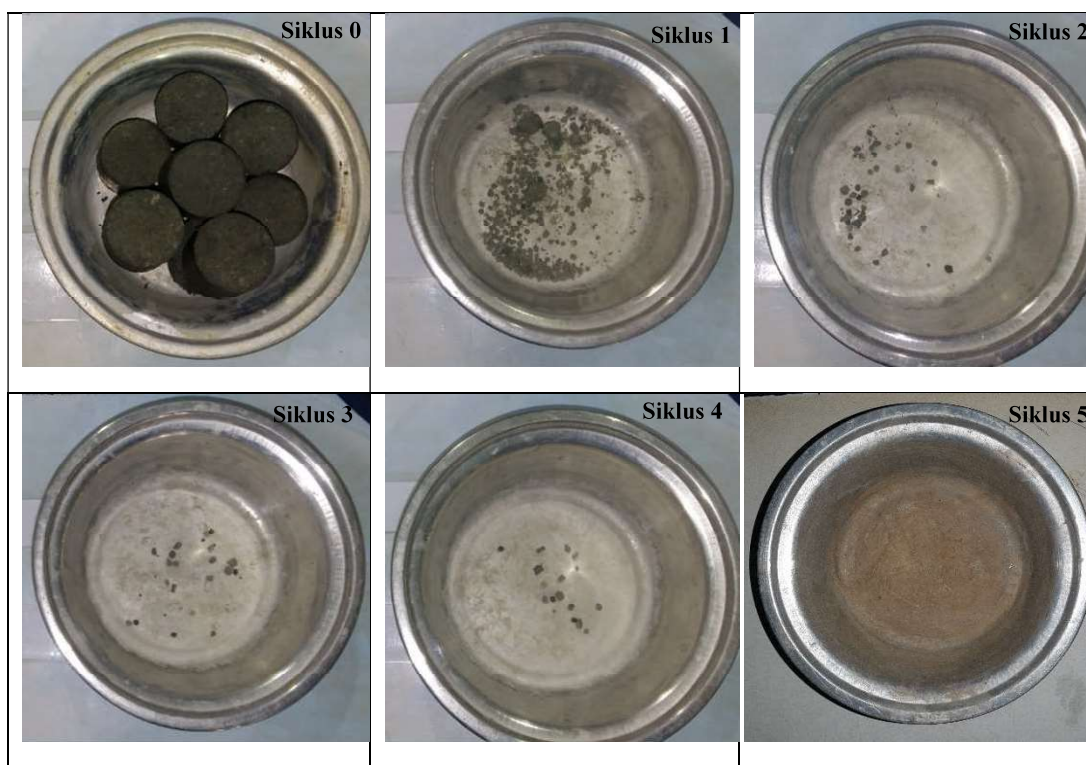
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Spesimen A3 dan A4, *Spray Mix*

Spesimen	Kadar Semen (%)	Siklus	I <sub>d</sub> (%)	Klasifikasi	I <sub>s</sub> (%)
A3	0	0	100	<i>Extremely high</i>	0.00
		1	0.77	<i>Very low</i>	99.23
		2	0.13	<i>Very low</i>	99.87
		3	0.10	<i>Very low</i>	99.90
		4	0.08	<i>Very low</i>	99.92
		5	0.00	<i>Very low</i>	100
A4	10	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	29.61	<i>Low</i>	70.39
		2	17.90	<i>Very low</i>	82.10
		3	10.91	<i>Very low</i>	89.09
		4	8.58	<i>Very low</i>	91.42
		5	6.96	<i>Very low</i>	93.04

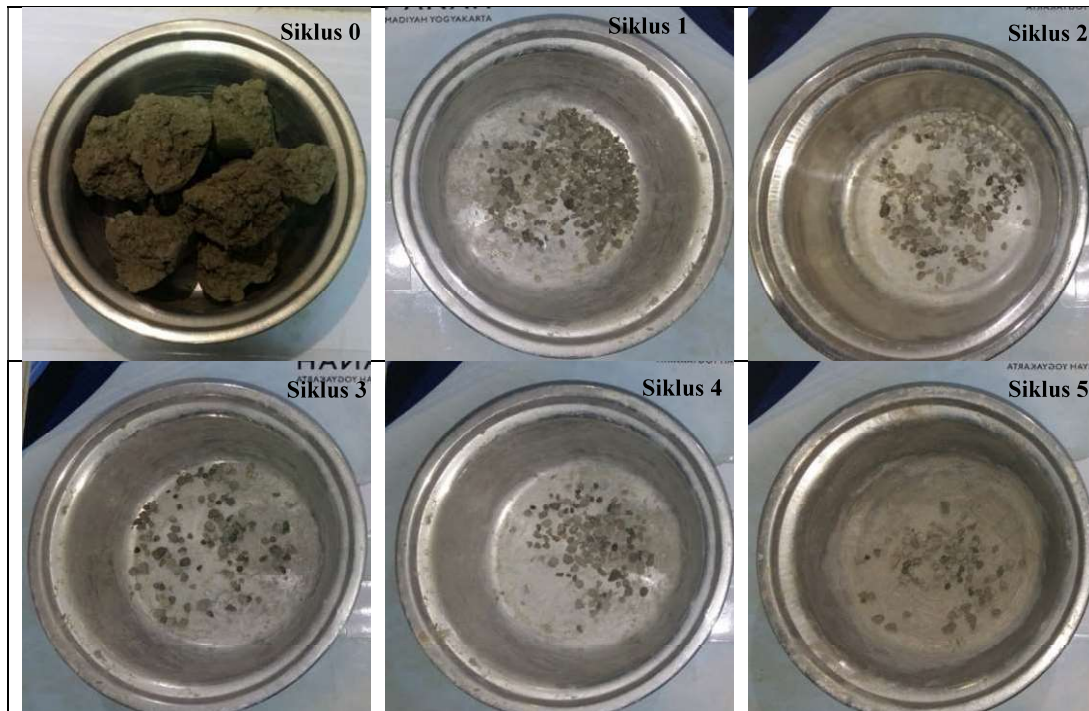
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Spesimen B3 dan B4, *Spray Mix*

Spesimen	Kadar Semen (%)	Siklus	I <sub>d</sub> (%)	Klasifikasi	I <sub>s</sub> (%)
B3	0	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	1.76	<i>Very low</i>	98.24
		2	1.35	<i>Very low</i>	98.65
		3	0.79	<i>Very low</i>	99.21
		4	0.70	<i>Very low</i>	99.30
		5	0.57	<i>Very low</i>	99.43
B4	10	0	100	<i>Extremely high</i>	0
		1	79.60	<i>High</i>	20.40
		2	54.87	<i>Medium</i>	45.13
		3	37.95	<i>Low</i>	62.05
		4	30.31	<i>Low</i>	69.69
		5	15.26	<i>Very low</i>	84.74

Berdasarkan hasil pengujian, spesimen dengan kadar semen 0% mengalami pelapukan atau kehilangan massa secara drastis pada siklus pertama. Spesimen kehilangan lebih dari 90% massa pada siklus pertama baik pada spesimen A maupun spesimen B sehingga perubahan fisik yang terjadi dapat terlihat dengan jelas. Perubahan fisik yang terjadi pada spesimen A pada siklus pertama sampai dengan siklus kelima dapat dilihat pada Gambar 4.1, sedangkan perubahan fisik yang terjadi pada spesimen B dari siklus pertama sampai dengan siklus kelima dapat dilihat pada Gambar 4.2. Spesimen A mengalami pelapukan sebesar 99,23 % pada siklus pertama dan hanya mempunyai nilai  $I_d$  sebesar 0,77 % yang diklasifikasikan *very low*. Pada siklus ke-5 spesimen A sepenuhnya mengalami pelapukan sehingga nilai  $I_d$  pada siklus ke-5 adalah 0 %. Hasil Spesimen B tidak jauh berbeda dengan spesimen A, spesimen B mengalami kehilangan massa secara drastis sebesar 98,24% pada siklus pertama dan 99,43 % pada siklus ke-5 dengan nilai  $I_d$  sebesar 0,57 yang diklasifikasikan *very low*.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen dengan Kadar Semen 0% dengan Menggunakan Cetakan A

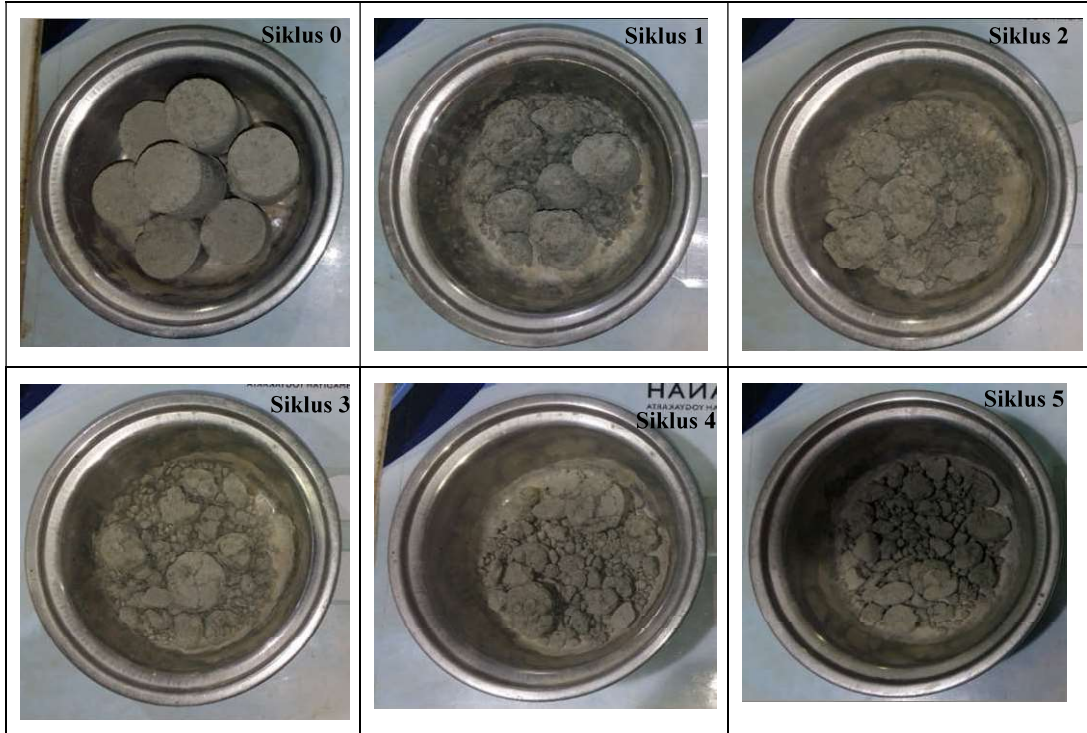


Gambar 4.2 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen dengan Kadar Semen 0% dengan Menggunakan Cetakan B

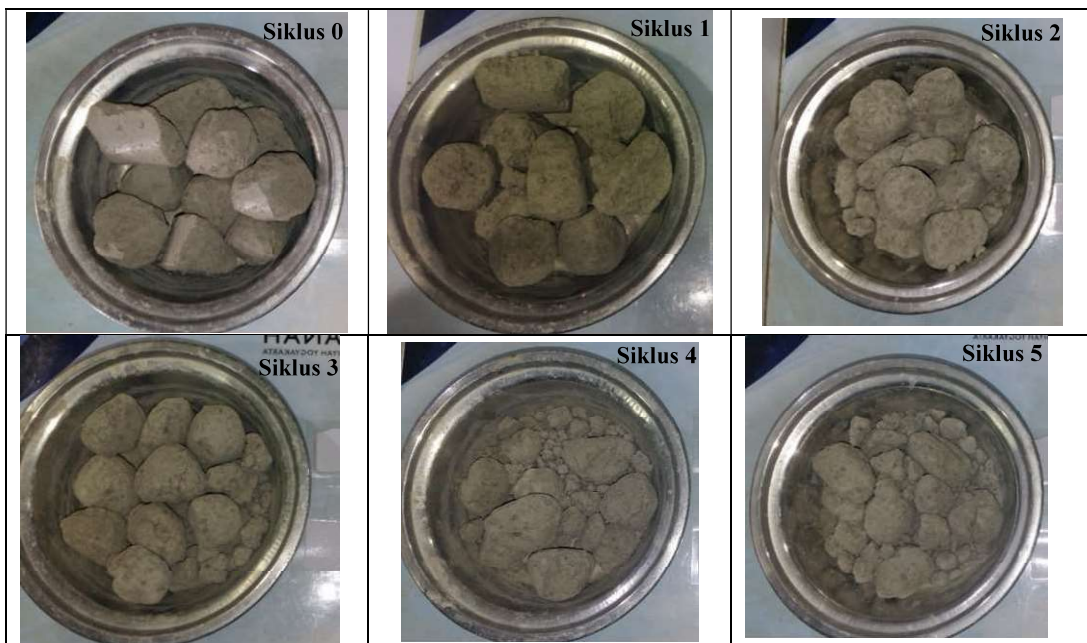
Spesimen dengan kadar semen 10 % memiliki hasil yang berbeda-beda sesuai dengan bentuk spesimen dan metode pencampuran semen yang digunakan. Hasil dari pengujian spesimen A dengan metode pencampuran *dry mix* dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan dengan menggunakan cetakan B dapat dilihat pada Gambar 4.4, sedangkan hasil pengujian spesimen A dengan metode pencampuran *spray mix* dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan cetakan B pada Gambar 4.6. Secara keseluruhan spesimen dengan kadar semen 10 % memberikan hasil sebagai berikut ini.

- a. Spesimen A dengan metode pencampuran *dry mix* mengalami pelapukan sebesar 91,07 % pada siklus kelima, dengan nilai  $I_d$  sebesar 8,93 % dan termasuk dalam kategori *very low*.
- b. Spesimen B dengan metode pencampuran *dry mix* mengalami pelapukan sebesar 42,71 % pada siklus kelima, dengan nilai  $I_d$  sebesar 57,29 % dan termasuk dalam kategori *medium*.
- c. Spesimen A dengan metode pencampuran *spray mix* mengalami pelapukan sebesar 93,04 % pada siklus kelima, dengan nilai  $I_d$  sebesar 6,96 % dan termasuk dalam kategori *very low*.

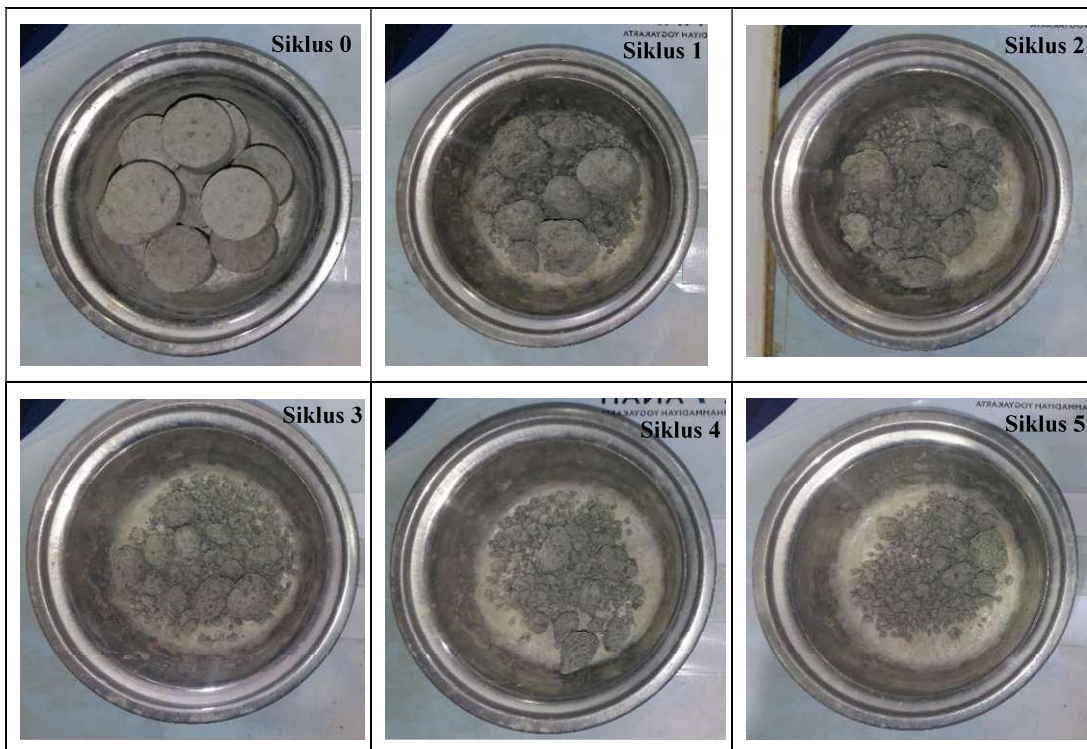
- d. Spesimen B dengan metode pencampuran *spray mix* mengalami pelapukan sebesar 84,74 % pada siklus kelima, dengan nilai  $I_d$  sebesar 15,26 % dan termasuk dalam kategori *very low*.



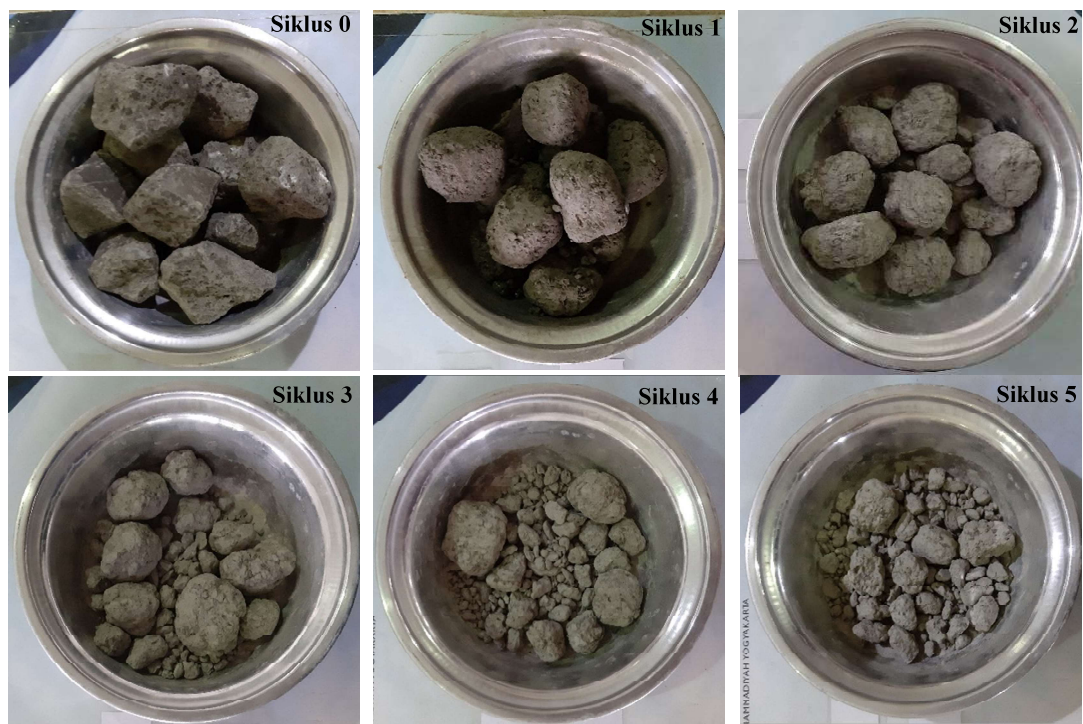
Gambar 4.3 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen A dengan Kadar Semen 10% Metode *Dry Mix*



Gambar 4.4 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen B dengan Kadar Semen 10% Metode *Dry Mix*



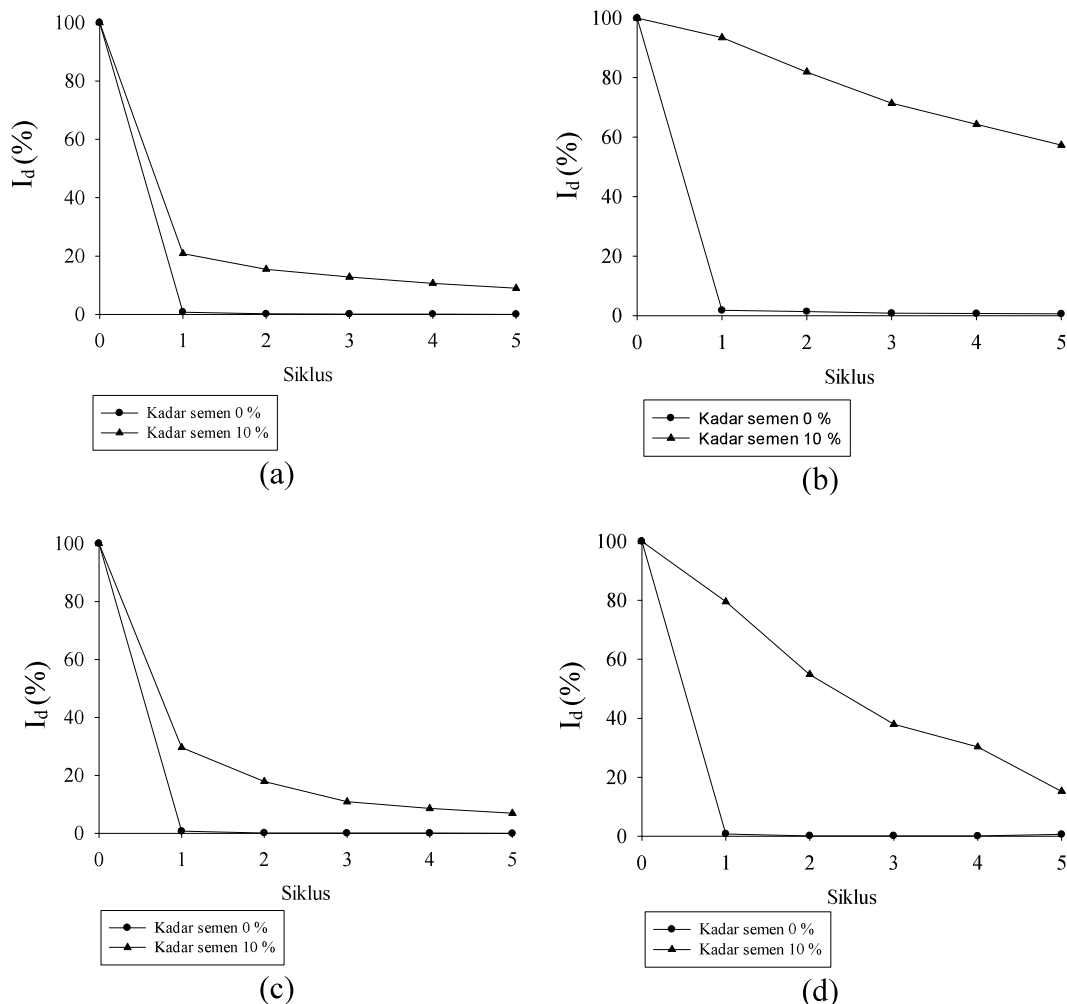
Gambar 4.5 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen A dengan Kadar Semen 10% Metode *Spray Mix*



Gambar 4.6 Hasil Pengujian *Slake Durability* Spesimen B dengan Kadar Semen 10% Metode *Spray Mix*

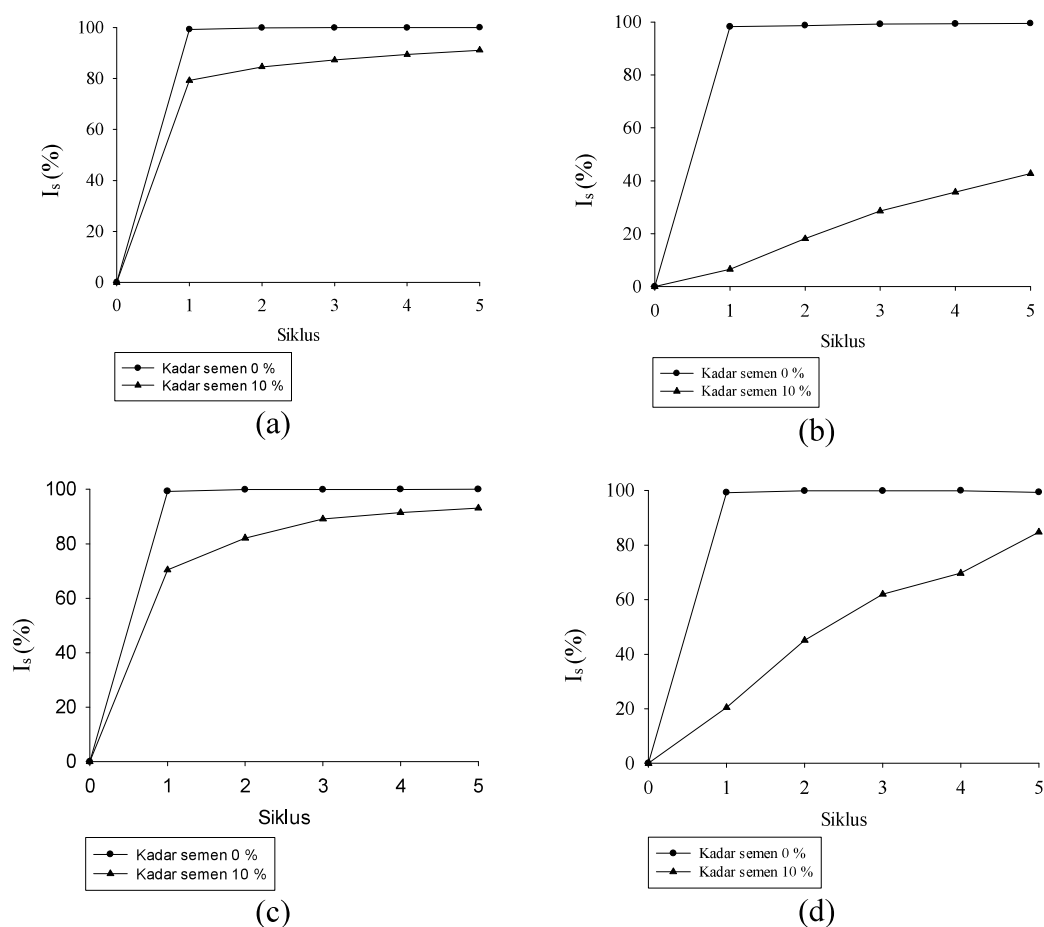
## 4.2. Pengaruh Semen terhadap Durabilitas

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semen dapat meningkatkan durabilitas dari tanah *clayshale* seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 dan 4.8. Gambar 4.7 menunjukkan grafik hubungan antara nilai  $I_d$  dan siklus pada pengujian *slake durability* sedangkan Gambar 4.8 menunjukkan grafik hubungan antara pelapukan yang terjadi dengan siklus. Grafik nilai  $I_d$  menunjukkan bahwa spesimen dengan kadar semen 10% memiliki durabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen dengan kadar semen 0%. Spesimen dengan cetakan A metode *dry* dengan kadar semen 10% memiliki nilai durabilitas 8,93% lebih besar dibanding dengan kadar semen 0%, spesimen dengan cetakan B metode *dry* memiliki selisih durabilitas sebesar 56,72%.



Gambar 4.7 Hubungan  $I_d$  dan Siklus (a) Metode *Dry* Spesimen A, (b) Metode *Dry* Spesimen B, (c) Metode *Spray* Spesimen A, (d) Metode *Spray* Spesimen B

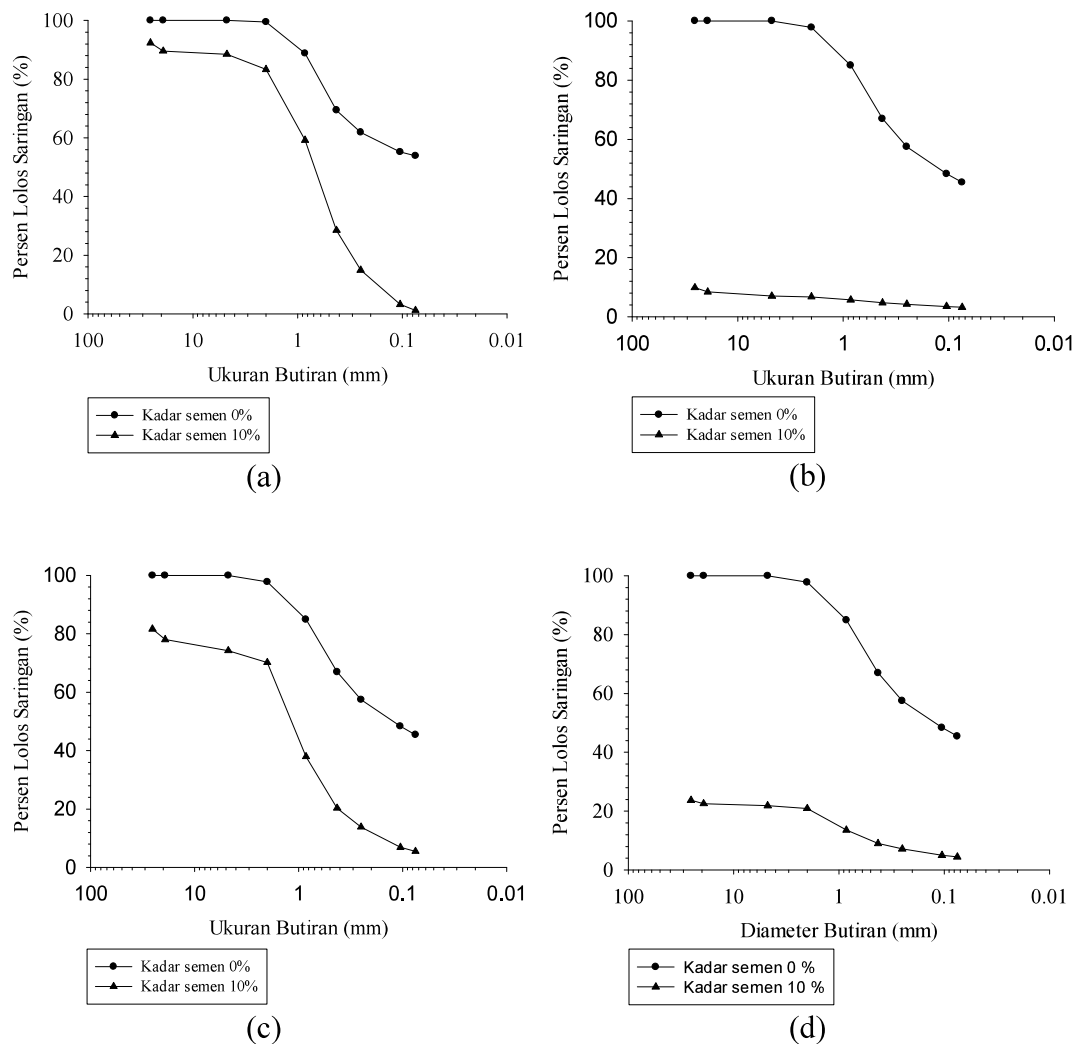
Spesimen dengan cetakan A metode *spray* dengan selisih nilai  $I_d$  sebesar 6,96% dan spesimen dengan cetakan B metode *spray* dengan selisih 14,69%. Hal ini disebabkan karena semen dapat menurunkan nilai dari plastisitas tanah dan membantu mengikat partikel-partikel tanah. Menurut Wardani dan Muntohar (2018), penambahan semen *Portland* dapat memberikan reaksi hidrasi, reaksi hidrasi terjadi akibat semen *portland* yang dicampur dengan air sehingga menghasilkan C-S-H dan C-A-H. Semakin bertambahnya waktu reaksi, maka unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan unsur alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang terkandung di dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, akan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat ( $\text{CaO}.\text{SiO}_2$ ) atau senyawa kalsium aluminat hidrat ( $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ ). yang berfungsi sebagai perekat sehingga dapat memperbaiki struktur dan memberikan kekuatan pada tanah. Pembentukan senyawa kimia ini terus-menerus berlangsung untuk waktu yang lama dan menyebabkan tanah menjadi keras dan kuat serta awet.



Gambar 4.8 Hubungan  $I_s$  dan Siklus (a) Metode *Dry* spesimen A, (b) Metode *Dry* spesimen B, (c) Metode *Spray* spesimen A, (d) Metode *Spray* spesimen B



Semen yang ditambahkan pada tanah akan menyebabkan ukuran butiran tanah bertambah besar dan acak (*flokulasi*), hal tersebut dapat dilihat melalui hasil distribusi ukuran butir yang ditampilkan pada Gambar 4.9. Spesimen dengan kadar semen 10% mempunyai besaran persen lolos saringan yang lebih kecil dibandingkan dengan kadar semen 0%, hal ini terjadi karena rongga-rongga pori yang ada akan dikelilingi oleh bahan sementasi yang sulit untuk ditembus air. Proses absorbs air dan reaksi pertukaran ion segera terjadi bila semen ditambahkan pada tanah dengan air, ion kalsium yang dilepaskan melalui proses hidrolisis dan pertukaran ion akan berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Dengan reaksi ini, partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah menjadi lebih bagus.



Gambar 4.9 Distribusi Ukuran Butir, (a) Spesimen A *Dry*, (b) Spesimen B *Dry*, (c) Spesimen A *Spray*, (d) Spesimen B *Spray*

#### 4.3. Pengaruh Metode Pencampuran Semen terhadap Durabilitas

Metode pencampuran yang dilakukan dalam pengujian ini adalah metode *dry mix* dan metode *spray mix* atau pencampuran dengan perbandingan faktor air semen 0,7. Berdasarkan hasil pengujian, metode *dry mix* memiliki nilai durabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan metode *spray mix*. Nilai durabilitas metode *dry mix* dengan cetakan A 1,97 % lebih besar dibandingkan dengan metode *spray mix*. Untuk spesimen B, metode *dry mix* memiliki nilai durabilitas 42,03 % lebih besar dibandingkan dengan metode *spray mix*. Pengujian dengan konsep *dry mix* dan *spray mix* pernah dilakukan oleh Dixon dkk. (2012), pengujian tersebut dilakukan untuk membandingkan pengaruh penggunaan *dry* dan *slurry* sebagai *cement-treated base* (CTB) dengan melakukan pengujian UCS, sehingga hasil dari pengujian dapat dipertimbangkan sebagai rekomendasi penerapan di lapangan. Metode pencampuran *spray mix* dan *slurry* hampir sama, yaitu menggunakan pasta semen yang dicampurkan bersama dengan tanah, yang membedakan kedua pengujian ini adalah yaitu pada pengujian metode *spray*, pasta semen disemprotkan pada tanah sehingga diharapkan pencampuran dapat tercampur secara merata. Pengujian yang dilakukan oleh Dixon dkk. (2012) memberikan kesimpulan bahwa hasil dari stabilisasi tidak hanya tergantung pada metode pencampurannya, namun juga dipengaruhi oleh persentase semen yang digunakan dan lama waktu pencampuran. Penelitian mengenai metode pencampuran ini juga pernah dilakukan oleh Pakbaz dan Farzi (2015), penelitian tersebut menerapkan metode *wet* dengan menggunakan *slurry* dan mengkaji pengaruh dari waktu pemeraman, kadar semen dan jenis bahan stabilisasi. Penelitian yang dilakukan oleh Pakbaz dan Farzi (2015), memberikan kesimpulan bahwa hasil dari stabilisasi bergantung pada nilai dari koefisien permeabilitas ( $k$ ) benda uji. Semakin besar nilai  $k$  maka semakin besar rongga yang terdapat antar partikel lempung sehingga semakin besar pula kemungkinan air untuk mengalir dengan lebih cepat. Nilai koefisien permeabilitas tanah menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya waktu pemeraman dan secara umum nilai koefisien permeabilitas tanah dengan kadar bahan stabilisasi kurang dari 8% dengan metode kering menunjukkan nilai  $k$  lebih besar dibandingkan dengan yang disiapkan dengan metode basah namun spesimen dengan kadar semen lebih dari 8 %

memberikan hasil yang sebaliknya, hal ini dapat terjadi karena flokulasi mengubah struktur partikel lempung menjadi lebih acak dan hasil dari reaksi hidrasi semen akan mengisi sebagian besar dari volume rongga antar partikel lempung.

#### **4.4. Pengaruh Bentuk Spesimen terhadap Durabilitas**

Bentuk spesimen yang digunakan juga mempengaruhi nilai  $I_d$  dan  $I_s$  yang diperoleh. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 spesimen A mempunyai selisih nilai  $I_d$  yang berbeda jauh dibandingkan dengan spesimen B. Pada pengujian dengan metode *dry mix* selisih  $I_d$  dengan kadar semen 10 % apabila dibandingkan antara spesimen A dan B adalah sebesar 48,36 %, sedangkan untuk metode *spray mix* adalah sebesar 8,3 %. Karena bentuk spesimen mempengaruhi hasil maka pembuatan spesimen diusahakan dengan bentuk yang identik sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih akurat. Menurut Kolay dan Kayabali (2006), alasan yang membuat bentuk dari spesimen dapat mempengaruhi nilai  $I_d$  sudut-sudut dan kekasaran pada permukaan sampel. Banyaknya sudut pada permukaan sampel akan mengurangi luas permukaan dari batuan yang terkontak dengan drum sehingga abrasi yang terjadi hanya pada permukaan spesimen yang lebih runcing.