

BAB II

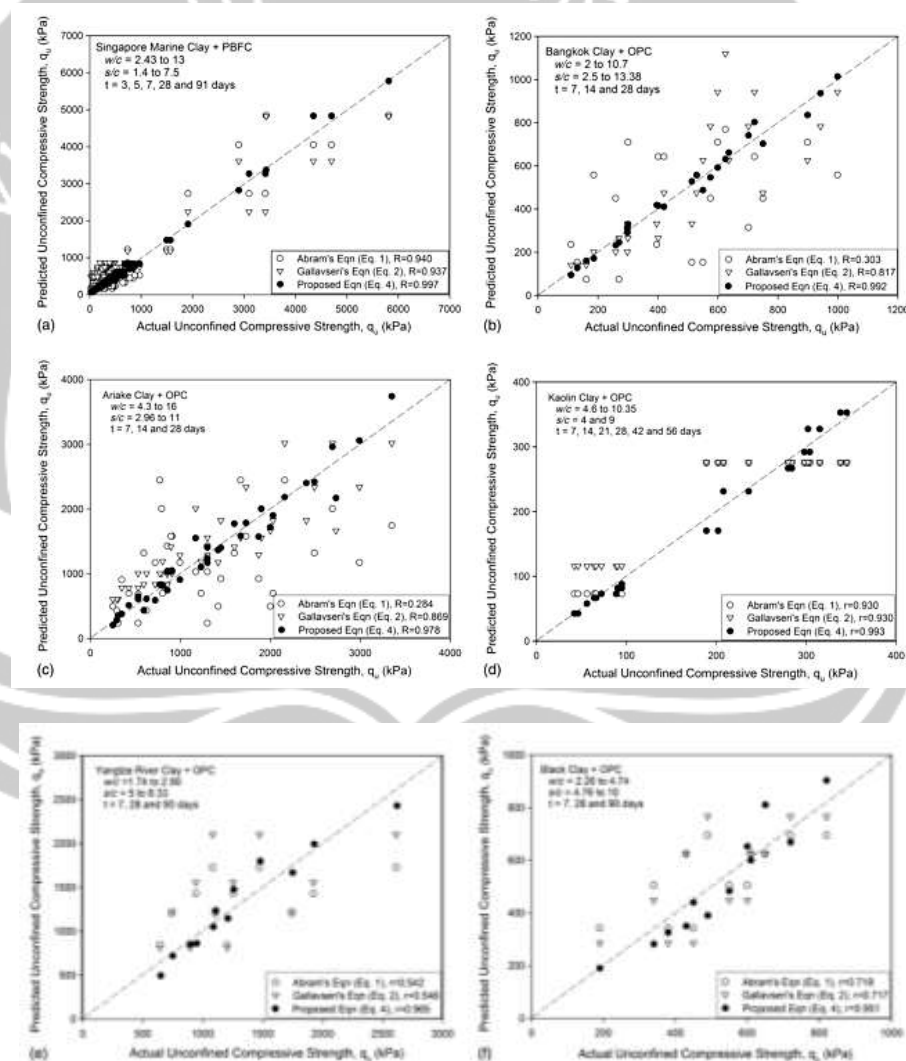
TINJAUAN PUSTAKA

Tanah lempung seringkali menjadi masalah untuk pembangunan, baik bangunan gedung maupun bangunan lepas pantai. Tanah lempung yang berasal dari tanah di sekitar proyek ataupun tanah bekas pengerukan untuk bangunan lepas pantai pada umumnya memiliki kekuatan yang rendah, kadar air tinggi, serta permeabilitas rendah menjadikan tanah jenis ini sulit untuk dipadatkan atau bahkan digunakan (Moore, 2009). Metode perbaikan tanah lempung sudah banyak dilakukan di berbagai negara, salah satunya adalah dengan mencampurkan tanah dengan bahan lain untuk memperbaiki sifat mekanis dari tanah serta meningkatkan kekuatan tanah. Bahan campur yang paling umum digunakan adalah semen. Semen digunakan karena peningkatan kekuatannya tinggi serta mudah didapat (Chian *et al.*, 2011).

Menurut (Chian *et al.*, 2011) kadar semen yang pada umumnya digunakan adalah 25% dari berat kering tanah, dan untuk reklamasi tanah kadar semen yang dibutuhkan kurang dari 15% dari berat tanah kering dan kadar air yang tinggi dibandingkan pembangunan di darat. Penelitian ini membahas tentang pengujian prediksi peningkatan kekuatan CTC pada saat kadar semen tinggi dan rendah dengan kondisi asli di lapangan. Semen yang digunakan adalah *Portlan blast-furnace cement* (PBFC) dengan kadar slag 65% yang digunakan sebagai bahan perbaikan. Tanah diambil dari beberapa tempat dan diuji antara prediksi peningkatan kekuatan tanah dan kekuatan tanah hasil dari pengujian. Rumus yang

digunakan pada penelitian ini adalah $q_u = \frac{X}{Y^{w/c}} \ln(t) = \frac{a+b(S/c)}{Y^{w/c}} \ln(t)$, dimana a dan b = sumbu y yang merupakan parameter X dibandingkan dengan rasio tanah : semen. Metode pengujian pada penelitian ini adalah *Unconfined Compressive Strength* (UCS).

Hasil dari penelitian yang dilakukan ditampilkan pada grafik berikut.



Sumber : (Chian *et al.*, 2011)

Gambar 2.1 Prediksi kekuatan dari beberapa jenis lempung dan tipe semen pada rasio kadar air:semen yang berbeda, rasio tanah:semen, dan *curing times*: (a) *Singapore marine clay* (Chian *et al.*, 2011); (b) *Bangkok clay* (Horpibulsuk *et al.* 2003); (c) *Ariake clay* (Horpibulsuk *et al.* 2003); (d) *kaolin clay* (VerÆstegui Flores

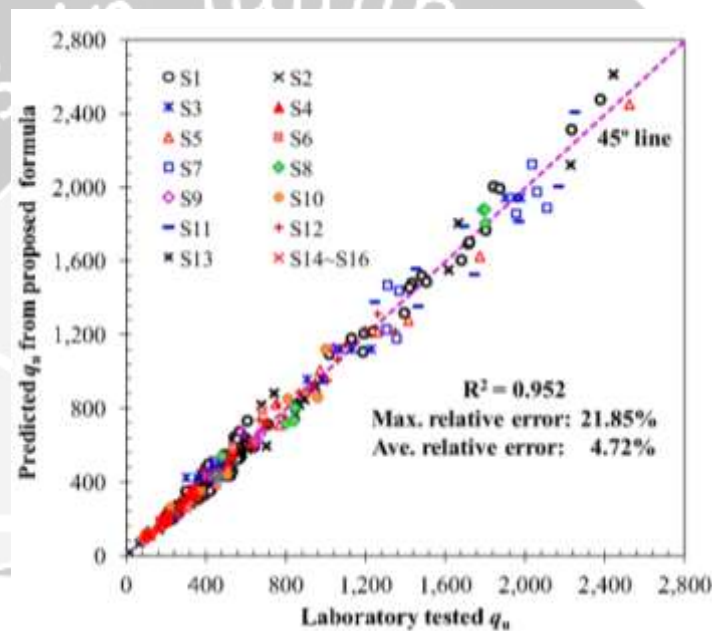
et al. 2010); (e) Yangtze River *clay* (Wu et al. 1998); (f) black *clay* (Chen et al. 2001).

Prediksi kekuatan untuk penelitian ini menggunakan 2 rumus: Hukum Abram dan Gallavresi (1992). Hasil analisis menunjukkan hukum Abram yang pada umumnya digunakan untuk memprediksi kekuatan campuran beton menampilkan peningkatan kekuatan yang sesuai dengan hasil uji di lapangan. Hal ini menunjukkan penggunaan hukum Abram yang khusus membahas beton dapat diaplikasikan untuk CTC.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang *et al.*, 2013) membahas tentang tanah yang berasal dari tanah lempung dari pengerukan lepas pantai menggunakan semen dengan kadar rendah. Tanah untuk pengujian ini diambil dari beberapa lokasi yang berbeda dan dibagi menjadi dua tipe tanah, yaitu pengerukan tanah bagian atas dari lempung lepas pantai (SDF 6 sampel) dan tanah deposit dari lapisan lempung tanah lepas pantai (CDM 2 sampel). Semen yang digunakan sebagai bahan campur yaitu *Portland blast-furnace cement* (PBFC) dengan kadar slag 65%. Inovasi campuran yang diaplikasikan adalah perbedaan kadar air serta kadar semen pada campuran CTC. Campuran dibagi menjadi 159 tipe yang berbeda dan *curing time* dilakukan pada 7, 28, dan 91 hari. Penelitian dilakukan dengan membandingkan antara hasil pengujian dengan rumus pendekatan untuk menghitung kekuatan tanah berdasarkan rumus berikut

$$q_u(C_m, W, t_0) = \begin{cases} K_I C_m^{k_3} \cdot \exp(-k_2 \cdot W) & \text{Zone I} \\ K_{II} (C_m - C_0) \cdot \exp(-k_2 \cdot W) & \text{Zone II} \end{cases}$$

dimana q_u = kekuatan tanah dalam kPa; C_m = prediksi kadar semen dalam kg/m^3 ; C_0 = potongan absis dari fungsi linear di Zona II dalam kg/m^3 ; W = prediksi kadar air; t_0 = curing time; K_I, K_{II}, k_2, k_3 = fitting constants. Gambar berikut menunjukkan prediksi q_u dan hasil pengujian yang menampilkan fungsi $R^2 = 0.952$ yang menunjukkan kesesuaian perhitungan dengan data uji di laboratorium.

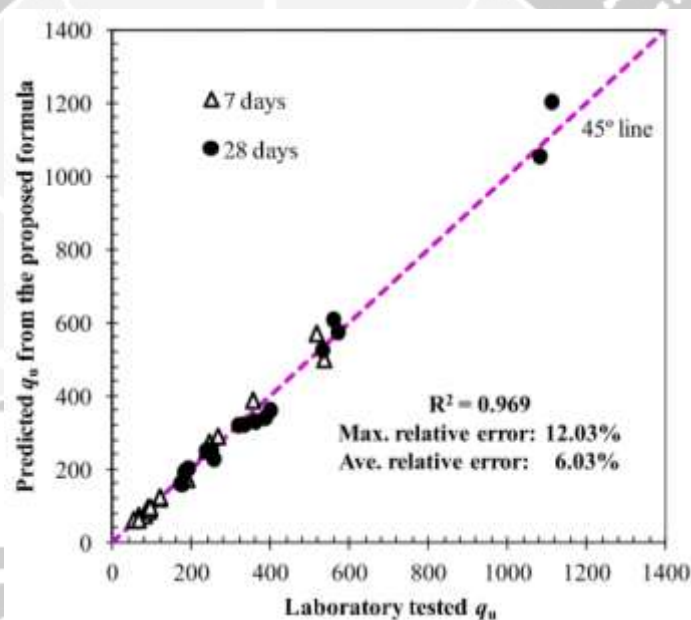


Gambar 2.2 Perbandingan kekuatan antara perhitungan dengan rumus dan hasil uji laboratorium (Zhang *et al.*, 2013)

Pengaturan secara independen terhadap data *Unconfined Compression Test* (UCTs) dilakukan untuk validasi penggunaan rumus pendekatan secara aplikatif. Nilai K_{II} untuk curing time 7 hari menggunakan nilai 56,06 dan untuk curing time 28 hari menggunakan nilai 118,75. Gambar menampilkan perbandingan hasil prediksi kekuatan tanah dan data laboratorium dan menunjukkan bahwa rumus yang ditawarkan dapat diaplikasikan untuk Zona I dan Zona II.

Tabel 2.1 Detail Campuran dari Validasi Pengujian UCTs dan Target q_u (Zhang *et al.*, 2013)

Mix proportion			Tested q_u			Mix proportion			Tested q_u		
$1/A_w$	W (%)	C_m (kg m^{-3})	7 days (kPa)	28 days (kPa)	Zone	$1/A_w$	W (%)	C_m (kg m^{-3})	7 days (kPa)	28 days (kPa)	Zone
9.5	140	58.18	81.50	190.00	I	7.0	165	70.20	95.49	248.68	I
9.0	139	62.81	89.65	235.00	I	7.0	185	64.06	66.33	170.00	I
9.0	150	59.17	66.23	180.00	I	6.0	142	91.87	355.97	—	II
8.5	135	67.84	120.00	316.90	I	6.0	165	77.04	—	385.00	I
8.5	155	60.97	81.82	181.50	I	5.5	135	103.54	516.67	1110.00	II
8.0	140	70.04	120.23	360.00	I	5.5	165	88.74	245.47	569.20	II
8.0	155	64.72	92.95	255.00	I	5.5	185	82.41	189.47	397.80	II
8.0	170	60.16	53.43	175.00	I	5.0	150	104.85	535.83	1080.00	II
7.0	135	82.01	267.00	557.55	II	5.0	180	90.89	237.80	530.00	II
7.0	155	71.74	—	331.85	I	—	—	—	—	—	—



Gambar 2.3 Perbandingan antara prediksi kekuatan berdasarkan rumus dan data laboratorium (validasi data) (Zhang *et al.*, 2013)

Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa W dan C_m merupakan dua parameter yang independen dalam menghasilkan nilai q_u dalam CTC, sehingga dalam penyusunan rumus perhitungan q_u parameter W dan C_m sebaiknya dihitung sebagai parameter yang berbeda daripada digabungkan ke dalam bentuk W/C_m . Rumus yang ditawarkan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sesuai dengan

data uji laboratorium yang dapat digunakan untuk Zona I dan Zona II pada peningkatan kekuatan semen.

Penelitian oleh (Hekal, 2002) dan membahas mengenai dampak dari magnesium sulfat terhadap pasta semen yang dikeraskan dalam kondisi yang berbeda.

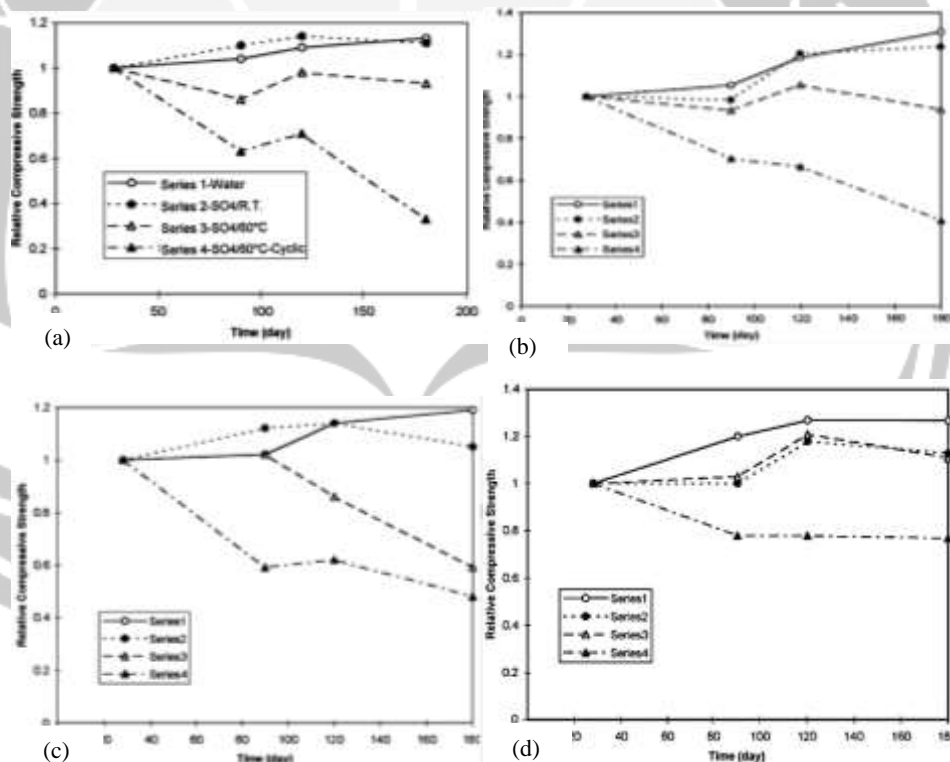
Bahan yang digunakan pada campuran pasta semen adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC), *Silica Fume* (SF), *slag*, dan reagen kalsium karbonat (CaCO_3 , CC) dengan rasio air terhadap semen (W/C) 30%. Magnesium sulfat (MgSO_4) digunakan sebagai bahan untuk meneliti degradasi terhadap pasta semen dengan kadar 10%. Komposisi campuran yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan pada tabel berikut.

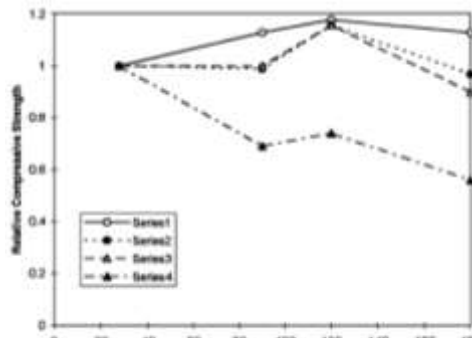
Tabel 2.2 Komposisi Campuran (Hekal, 2002)

Mix number	Composition (%)			
	OPC	SF	Slag	CC
I	100	–	–	–
II	90	10	–	–
III	85	15	–	–
IV	60	–	40	–
V	80	–	20	–
VI	95	–	–	5
VII	90	–	–	10
VIII	85	10	–	5
IX	75	–	20	5
X	70	10	20	–
XI	65	10	20	5

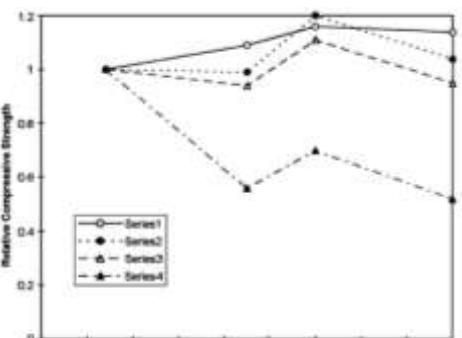
Penelitian mengenai dampak MgSO_4 terhadap campuran semen dibagi menjadi empat metode perawatan setelah seluruh spesimen direndam dalam air selama 28 hari. Seri 1 merupakan kontrol spesimen sehingga tidak direndam dalam larutan MgSO_4 . Spesimen untuk seri 2 direndam dalam larutan MgSO_4 dengan

kadar 10% pada suhu ruang, seri 3 pada suhu 60°C, dan seri 4 pada suhu 60°C dengan siklus pengeringan-perendaman yang memiliki pergantian siklus waktu setiap 10 hari. Kuat tekan ditinjau dari seluruh sampel setelah 28, 90, 120, dan 180 hari dari awal dilakukan perendaman, sedangkan perubahan massa ditinjau untuk spesimen seri 4 setelah 30, 60, 90, 120, dan 150 hari setelah mengalami kontak dengan sulfat. Data mengenai kuat tekan dan perubahan massa yang terjadi pada spesimen dalam masing-masing seri ditunjukkan oleh grafik berikut.

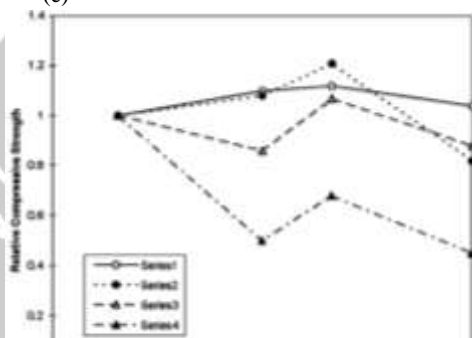




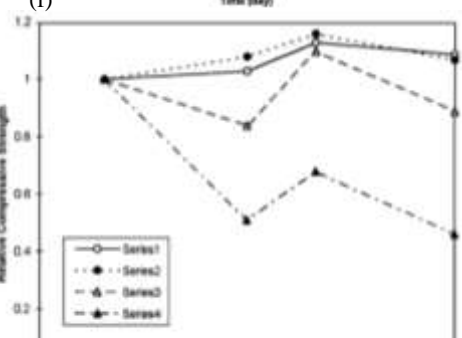
(e)



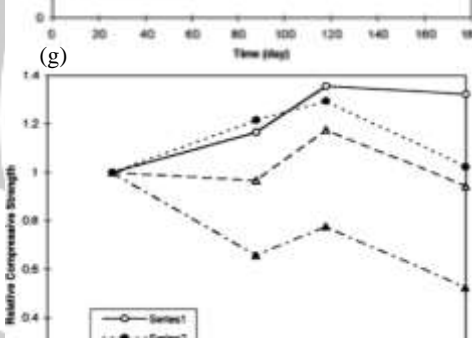
(f)



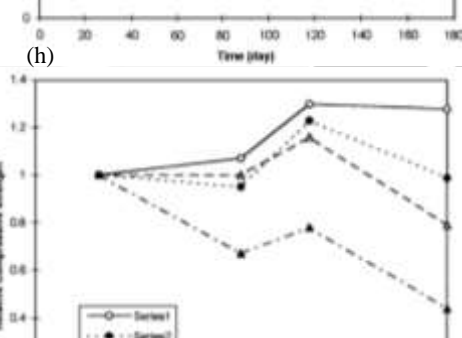
(g)



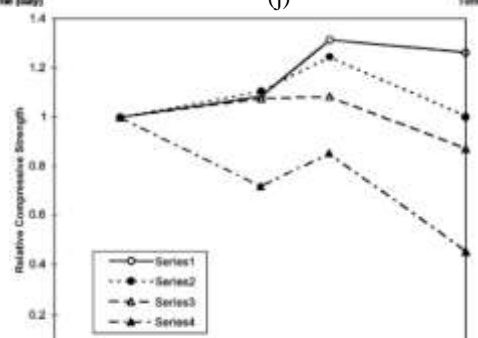
(h)



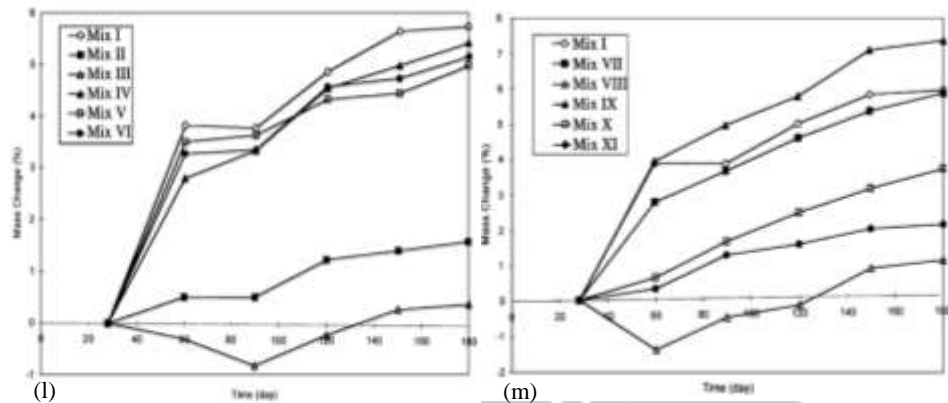
(i)



(j)



(k)

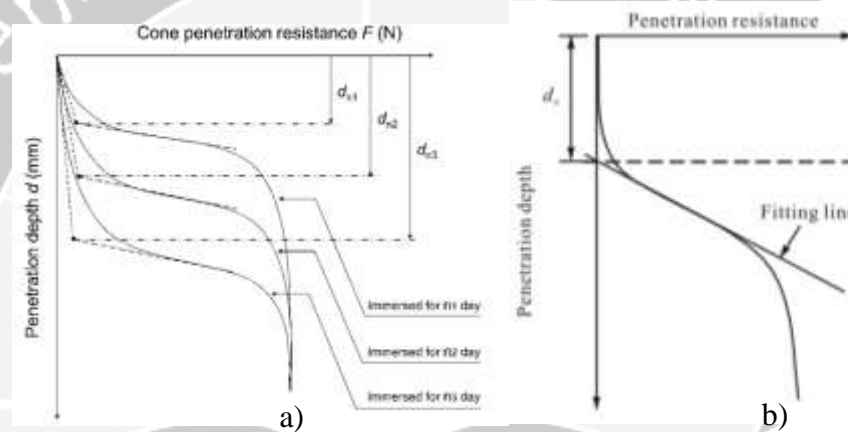


Gambar 2.4 Kuat tekan relatif terhadap waktu untuk: (a) Campuran I; (b) Campuran II; (c) Campuran III; (d) Campuran IV; (e) Campuran V; (f) Campuran VI; (g) Campuran VII; (h) Campuran VIII; (i) Campuran IX; (j) Campuran X; (k) Campuran XI; dan Persentase perubahan massa terhadap waktu untuk: (l) Campuran I, II, III, IV, V, VI; (m) Campuran I, VII, VIII, IX, X, XI. (Hekal, 2002)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bagian campuran semen yang diganti dengan SF sebesar 10-15% tidak menunjukkan peningkatan ketahanan pasta semen keras akibat magnesium sulfat secara signifikan. Pasta semen keras yang terdiri dari 40% *slag* atau 5% CC menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap sulfat dibandingkan pasta semen yang hanya tersusun dari OPC. Kontak sulfat terhadap pasta semen keras pada suhu 60°C dengan siklus pengeringan-perendaman dapat dianggap sebagai metode percepatan terhadap serangan sulfat karena memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan metode perawatan beton lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (HARA *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2016) membahas mengenai degradasi CTC akibat mengalami kontak langsung dengan air laut. Kedua penelitian mengalami perbedaan pada metode pendekatan untuk meninjau kedalaman degradasi (d_n) yang dialami CTC. Pada penelitian yang dilakukan (HARA *et al.*, 2014) pendekatan terhadap d_n pada grafik degradasi tanah diwakili dengan dua garis lurus, yaitu pada saat tanah tidak memiliki tahanan sama

sekali terhadap beban penetrasi dan pada rentang disaat tanah memiliki tahanan awal terhadap beban penetrasi hingga grafik tahanan terhadap beban menjadi konstan. Pendekatan terhadap d_n yang dilakukan oleh (Yang *et al.*, 2016) diwakili dengan satu garis yang dimulai dari sumbu X hingga dimulainya peningkatan tahanan tanah terhadap beban penetrasi. Kedua pendekatan tersebut ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Metode pendekatan terhadap kedalaman degradasi oleh : a) HARA *et al.*, (2014); dan b) Yang *et al.*, (2016)