

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan, tanah yang dijadikan media pengujian pada penelitian ini adalah tanah lempung yang mempunyai karakteristik seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Tanah Asli.

Parameter Sifat-Sifat Tanah	Nilai
Berat Jenis (G_s)	2,5
Kadar air rata-rata	61,2 %
Nilai Indeks Kompresi rata-rata (C_c)	0,573
Batas Cair (LL)	72,5 %
Batas Plastis (PL)	36,38 %
Indeks Plastisitas (PI)	36,12 %
Gradasi Butiran :	
Fraksi halus	92,5 %
Fraksi kasar	7,5 %

Pada tahap pengujian lanjutan yang meliputi uji tekan bebas dan uji sondir diperoleh hasil sebagai berikut ini.

4.1.1 Uji Tekan Bebas

Dari hasil analisis data uji tekan bebas diperoleh hasil berupa tegangan dan regangan sebelum tanah uji diberi kolom-kapur dan setelah diberi

Tabel 4.2 Hasil Uji Tekan Bebas Tanpa Kolom-Kapur *

Kuat dukung aksial ultimit, q_u	5,902 kPa
Regangan pada tegangan maksimum, ϵ	4,615%

* Hasil untuk semua titik dianggap sama.

Tabel 4.3 Hasil Uji Tekan Bebas Untuk Umur Kolom-Kapur 3 hari.

Parameter	Jarak titik uji dari pusat kolom			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
Tegangan q_u (Kpa)	11,4406	9,2534	7,9951	5,5395
Regangan ϵ (%)	5	5,4286	5,1923	4,8214

Tabel 4.4 Hasil Uji Tekan Bebas Untuk Umur Kolom-Kapur 7 hari.

Parameter	Jarak titik uji dari pusat kolom			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
Tegangan q_u (Kpa)	11,4406	9,6637	7,9951	6,3379
Regangan ϵ (%)	5	5,5882	5,1923	4,486

Tabel 4.5 Hasil Uji Tekan Bebas Untuk Umur Kolom-Kapur 14 hari.

Parameter	Jarak titik uji dari pusat kolom			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
Tegangan q_u (Kpa)	11,8824	11,389	8,8456	6,3676
Regangan ϵ (%)	4,9038	5,4286	5,2294	4,0385

4.1.2 Uji CPT

Pengujian kuat dukung tanah dengan alat sondir mengalami kesulitan dalam membaca manometer. Hal ini disebabkan manometer sondir mempunyai skala yang cukup besar. Untuk itu diperlukan ketelitian tinggi dalam pembacaan manometer. Hasil uji sondir menunjukkan bahwa kuat dukung tanah sebelum diberi kolom-kapur sangat rendah, hal ini terlihat dengan tidak Bergeraknya jarum manometer saat penyondiran sehingga

kuat dukung tanah dianggap nol. Adapun hasil uji sondir setelah diberi kolom-kapur adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Hasil Uji Sondir Untuk Umur Kolom Kapur 3 Hari

Kedalaman (cm)	Penetrasi Konus, $q_c(\text{kg/cm}^2)$			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
0	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,25	0,25	0,00	0,00
40	0,25	0,00	0,00	0,00
60	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. 7 Hasil Uji Sondir Untuk Umur Kolom Kapur 7 Hari

Kedalaman (cm)	Penetrasi Konus, $q_c(\text{kg/cm}^2)$			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
0	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,50	0,25	0,00	0,00
40	0,75	0,25	0,00	0,00
60	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. 8 Hasil Uji Sondir Untuk Umur Kolom Kapur 14 Hari

Kedalaman (cm)	Penetrasi Konus, $q_c(\text{kg/cm}^2)$			
	1 x D	2 x D	3 x D	4 x D
0	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,10	0,75	0,25	0,00
40	0,50	0,50	0,25	0,00
60	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Karakteristik Tanah Uji

Berat jenis tanah asli dapat dipakai untuk identifikasi awal mengenai jenis tanah, walaupun masih memerlukan pengujian pendukung lainnya, seperti pengujian gradasi butiran. Berat jenis tanah asli sebesar 2,5 menunjukkan bahwa tanah asli tersebut dapat dikategorikan sebagai lempung organik, seperti terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Berat Jenis Tanah (Hardiyatmo, 1992)

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Hasil pengujian distribusi ukuran butir yaitu analisis hidrometer dan analisis ayakan, menunjukkan bahwa fraksi halus (ukuran butiran < 0,075 mm) mempunyai prosentase yang lebih besar yaitu 92,5 %, sedangkan fraksi kasar sebesar 7,5 %. Jika fraksi halus lebih besar dari 50 %, maka tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus. Fraksi halus sebesar 92,5 % (>90%) termasuk jenis tanah kohesif (Bowless, 1984). Tanah ini kurang menguntungkan bagi konstruksi bangunan sipil, antara lain karena memiliki nilai kembang susut yang tinggi dan nilai kompresibilitas yang besar. Klasifikasi tanah menurut USCS menunjukkan bahwa jenis tanah ini adalah lanau berplastisitas tinggi dengan kandungan lempung 28,5 %

Untuk uji konsolidasi satu dimensi hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks kompresi (C_c) rata-rata tanah uji adalah sebesar 0,573, yang menunjukkan bahwa tanah tersebut termasuk jenis tanah lempung lunak seperti terlihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Nilai C_c Untuk Beberapa jenis Tanah (Hardiyatmo, 1992)

Jenis Tanah	C_c
Pasir padat	0,005 – 0,010
Pasir tidak padat	0,025 – 0,050
Lempung agak padat	0,030 – 0,060
Lempung kenyal (<i>stiff</i>)	0,060 – 0,150
Lempung medium s/d lunak	0,150 – 1,000
Lempung sangat lunak	> 1,000
Tanah organik	1,000 – 4,500
Batu/cadas	0,000

Hasil analisis batas cair dan batas plastis digunakan untuk menghitung nilai indeks plastisitas yang merupakan parameter tanah berbutir halus. Indeks plastisitas merupakan nilai yang penting. Semakin besar nilai indeks plastisitas suatu tanah, semakin besar pula masalah yang dapat ditimbulkan apabila terjadi perubahan kadar air. Dengan nilai indeks plastisitas sebesar 36,12 % tanah asli yang diuji termasuk jenis tanah dengan plastisitas tinggi dan merupakan tanah kohesif (Tabel 4.11). Menurut Chen (1973), suatu tanah memiliki potensi pengembangan yang tinggi apabila memiliki nilai batas cair antara 40% sampai dengan 60%. Nilai batas cair tanah asli yang diuji sebesar 72,5%, sudah cukup menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki potensi pengembangan yang cukup besar.

Tabel 4. 11 Nilai Indeks Plastisitas Tanah (*Hardiyatmo, 1992*)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesifitas
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

4.2.2 *Kekuatan Tanah Lempung di Sekitar Kolom-Kapur.*

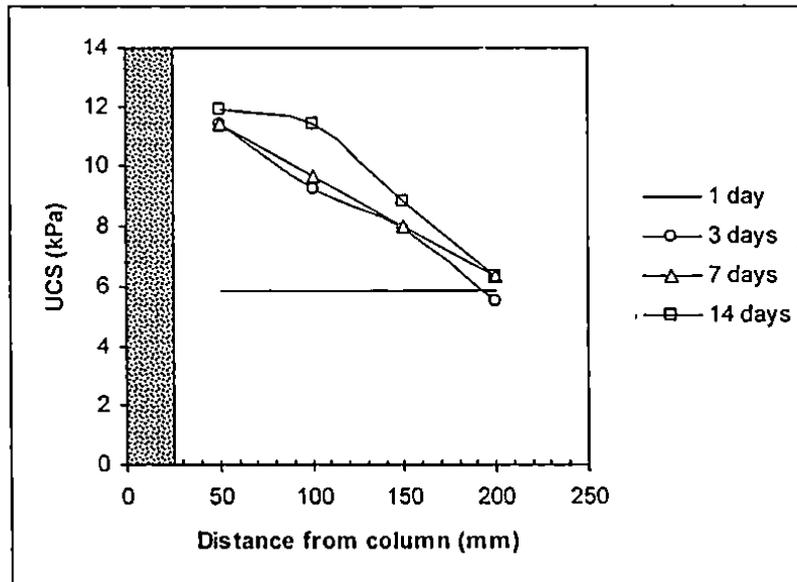
Hasil pengujian lanjutan yang meliputi uji tekan bebas dan uji sondir menunjukkan bahwa penambahan kolom-kapur dapat meningkatkan kekuatan tanah lempung di sekitarnya. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penyebaran kekuatan tanah lempung akibat penambahan kolom-kapur tersebut memiliki pola yang unik.

Peningkatan kekuatan tanah di sekitar kolom-kapur dipengaruhi oleh jarak kolom dan umur kolom. Semakin dekat dengan kolom dan semakin lama umur kolom, kekuatan tanah semakin meningkat. Sebaliknya semakin jauh dari pusat kolom dan semakin rendah umur kolom, peningkatan kekuatannya makin kecil.

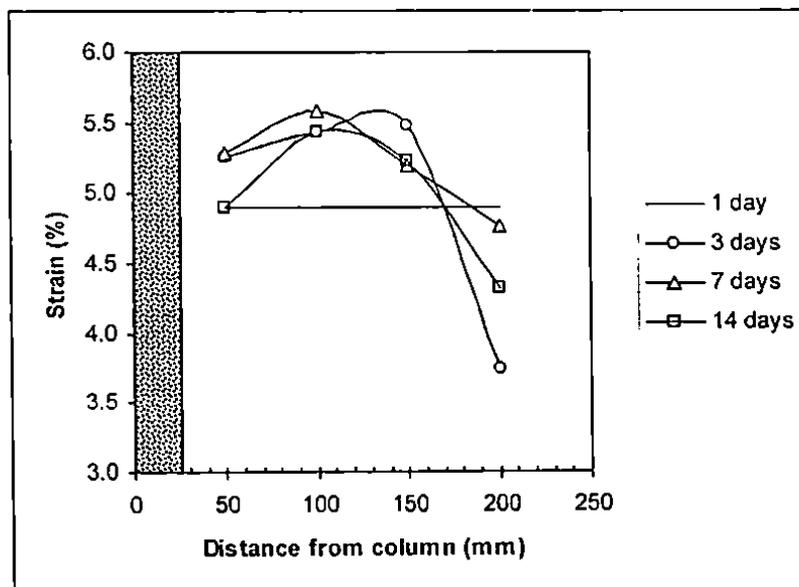
4.2.3 *Tegangan dan Regangan Tanah*

Uji tekan bebas memberikan hasil berupa tegangan tanah q_u (Kpa) dan regangan tanah ϵ (%). Hubungan antara peningkatan tegangan tanah (q_u) dengan jarak dari as kolom, yang dinormalisasikan dengan umur kolom-kapur (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa tegangan tanah semakin meningkat seiring bertambahnya umur kolom-kapur, walaupun peningkatan tegangan tanah tersebut tidak signifikan setelah jarak 3D dari as kolom. Peningkatan kekuatan tanah tertinggi terjadi pada jarak 1D saat kolom-kapur berumur 14 hari, yaitu sebesar 200%, dari 5,9017 kPa pada tanah asli menjadi 11,8824 kPa setelah ditambah kolom-kapur. Sementara

peningkatan kekuatan tanah pada umur 3 hari dan 7 hari relatif sama yaitu sebesar 11,389 kPa atau meningkat 190%.



Gambar 4.1 Hubungan antara Tegangan Tanah (q_u), Jarak Dari Pusat Kolom-Kapur dan Umur Kolom.

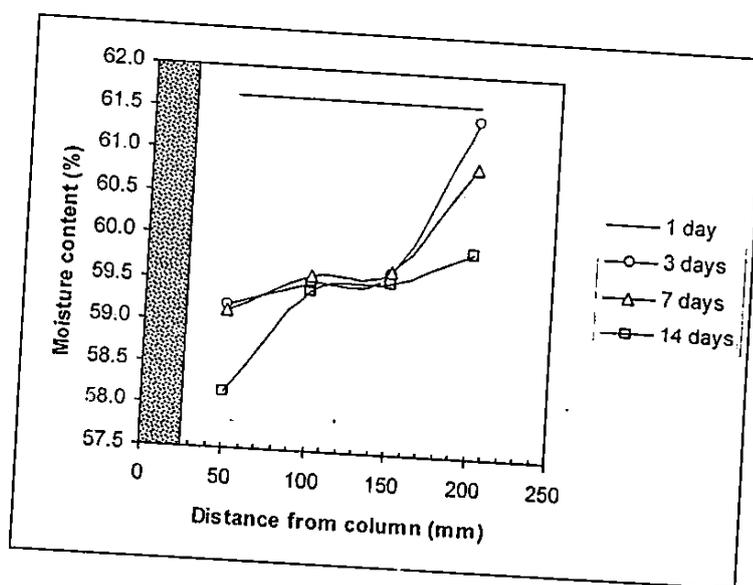


Gambar 4.2 Hubungan antara Regangan Tanah dan Jarak Dari Pusat Kolom-Kapur dan Umur Kolom.

Hubungan regangan tanah (ϵ) dengan jarak dari pusat kolom, yang dinormalisasikan dengan umur kolom-kapur (Gambar 4.2) menunjukkan

Hubungan regangan tanah yang terjadi pada jarak 1D, 2D dan 3D untuk semua

umur kolom relatif sama, dengan peningkatan terbesar pada jarak 2D dan 3D. Akan tetapi pada jarak 4D untuk umur kolom 7 dan 14 hari regangan tanah relatif menurun dibandingkan saat tanah tidak diberi kolom-kapur. Hal ini disebabkan oleh perubahan kadar air. Regangan akan semakin besar jika tanah tersebut memiliki kadar air sedang atau dalam keadaan plastis. Hubungan antara kadar air dengan jarak dari pusat kolom, yang dinormalisasikan dengan umur kolom-kapur seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hubungan antara Kadar air, Jarak Dari Pusat Kolom-Kapur dan Umur Kolom.

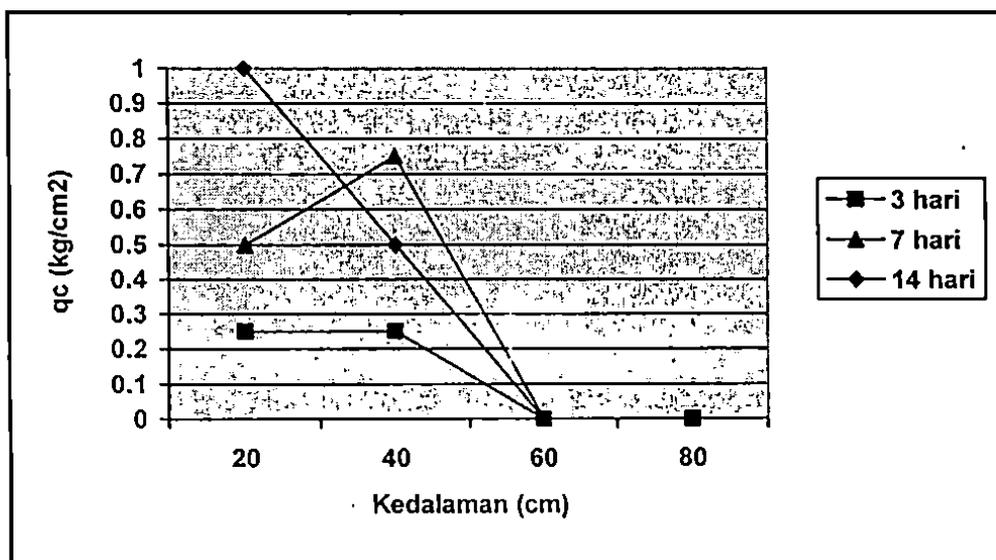
Gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa kolom-kapur akan memberikan pengaruh terhadap perubahan kadar air. Kadar air terlihat cenderung menurun seiring dengan bertambahnya umur kolom-kapur. Penurunan kadar air untuk semua umur kolom kapur, mempunyai pola yang serupa. Semakin dekat dengan pusat kolom, maka penurunan kadar air semakin besar. Hal ini disebabkan oleh air yang membawa kalsium kapur bereaksi dengan silicon lempung. Akibat reaksi tersebut kadar air menurun seiring dengan mengerasnya tanah lempung.

Secara umum hasil uji tekan bebas ini menunjukkan bahwa kolom-kapur masih bisa mempengaruhi sifat tanah sampai jarak 3D – 4D dari pusat kolom, walaupun pengaruh pada jarak 4D hanya terjadi setelah kolom-kapur berumur 7 hari dan 14 hari.

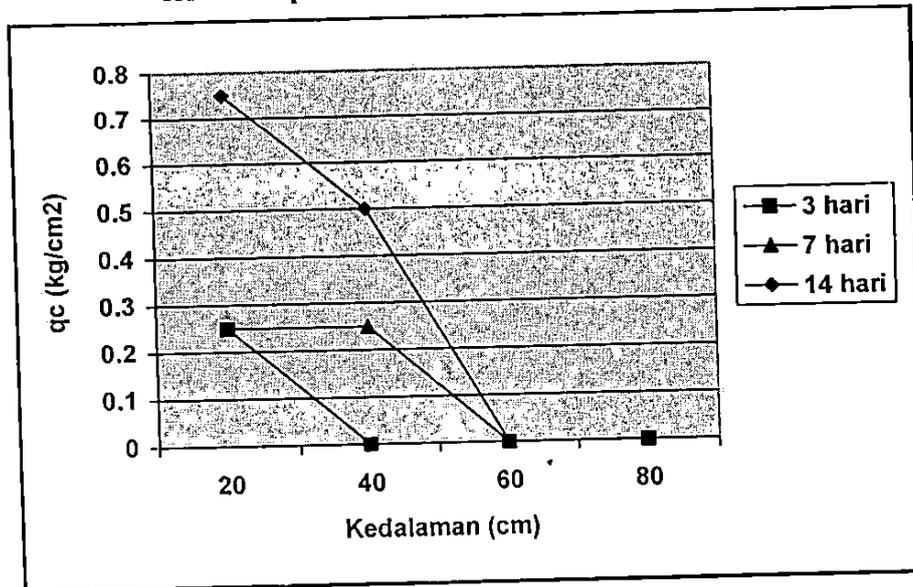
4.2.4 Kuat Dukung Tanah

Hasil uji sodir menunjukkan bahwa pemberian kolom-kapur dapat meningkatkan kuat dukung tanah lempung. Peningkatan kuat dukung tersebut terjadi seiring dengan bertambahnya umur kolom-kapur.

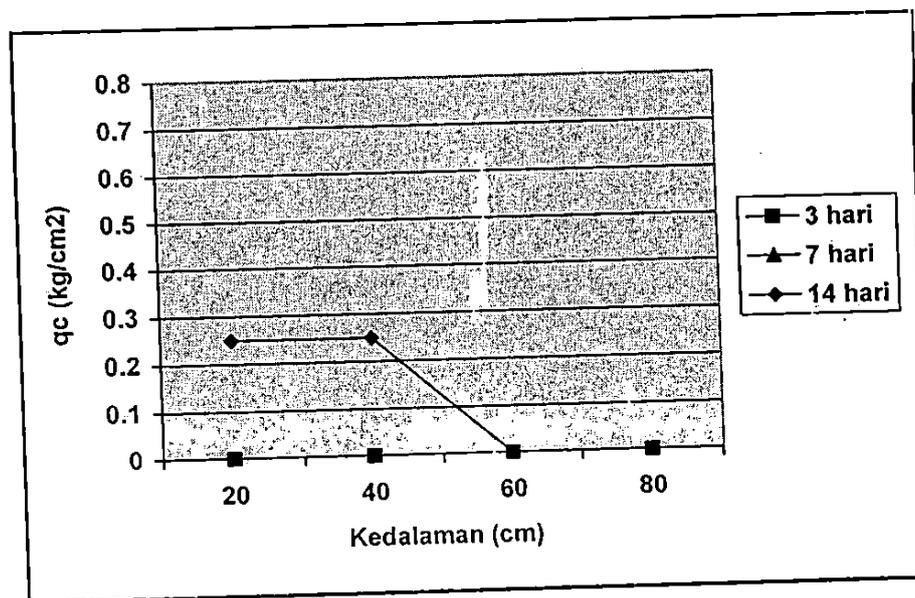
Kuat dukung tanah pada jarak 1D (Gambar 4.4) menunjukkan peningkatan hanya pada kedalaman 20 cm hingga 40 cm. Untuk jarak 2D (Gambar 4.5) peningkatan kuat dukung pada kedalaman 20 cm hingga 40 cm hanya terjadi pada saat kolom-kapur berumur 7 hari dan 14 hari, sementara untuk umur kolom 3 hari, peningkatan kuat dukung hanya terjadi pada kedalaman 20 cm. Pada jarak 3D (Gambar 4.6) peningkatan kuat dukung hanya terjadi untuk umur kolom 14 hari yaitu pada kedalaman 20 cm hingga 40 cm, sedangkan untuk jarak 4D tidak terjadi peningkatan kuat dukung tanah baik untuk umur 3 hari, 7 hari maupun 14 hari.



Gambar 4. 4 Hubungan antara Kuat Dukung tanah (q_c), Kedalaman dan Umur Kolom-Kapur untuk Jarak 1D dari Pusat Kolom.



Gambar 4. 5 Hubungan antara Kuat Dukung tanah (q_c), Kedalaman dan Umur Kolom-Kapur untuk Jarak 2D dari Pusat Kolom.

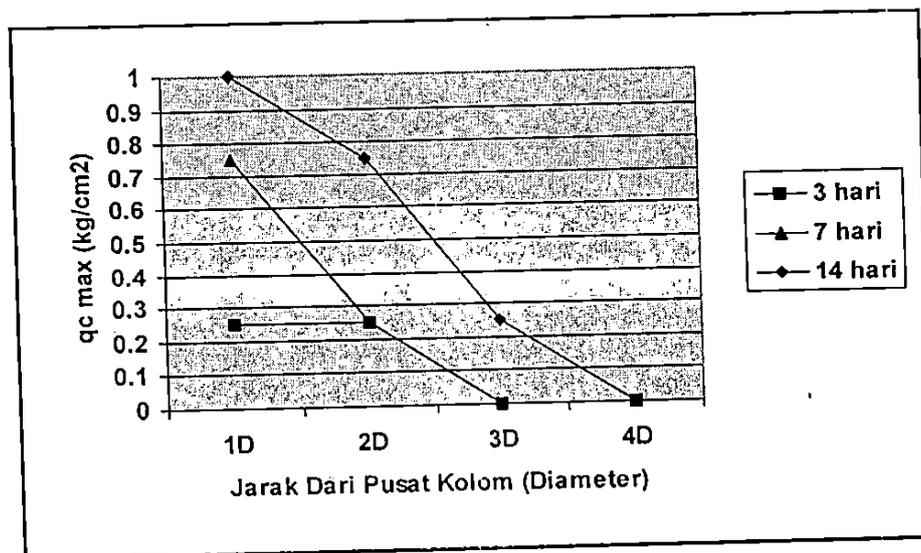


Gambar 4. 6 Hubungan antara Kuat Dukung tanah (q_c), Kedalaman dan Umur Kolom-Kapur untuk Jarak 3D dari Pusat Kolom.

Kuat dukung maksimal (q_c max) pada jarak 1D terjadi pada kedalaman 20 cm dan 40 cm untuk umur kolom 3 hari, kedalaman 40 cm untuk umur

kolom 7 hari dan kedalaman 20 cm untuk umur kolom 14 hari. Sementara pada jarak 2D kuat dukung maksimal terjadi pada kedalaman 20 cm untuk umur kolom 3 hari, 20 cm dan 40 cm untuk umur kolom 7 hari dan kedalaman 20 cm untuk umur kolom 14 hari. Sedangkan kuat dukung maksimal pada jarak 3D hanya terjadi untuk umur kolom 14 hari, yaitu pada kedalaman 20 cm dan 40 cm.

Untuk menggambarkan kecenderungan penyebaran kuat dukung tanah maksimum di sekitar kolom-kapur dibuat grafik hubungan antara kuat dukung maksimum ($q_c \text{ max}$) dengan jarak dari as kolom, yang dinormalisasikan dengan umur kolom-kapur (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Hubungan antara Kuat Dukung Maksimum ($q_c \text{ max}$), Kedalaman dan Umur Kolom-Kapur untuk Jarak 3D dari Pusat Kolom.

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa pada jarak 1D, kuat dukung tanah umur kolom 3 hari meningkat dari nol menjadi 0,25 kg/cm² di kedalaman 20 cm, kemudian pada umur kolom 7 hari menjadi 0,75 kg/cm² (meningkat 200%) di kedalaman 40 cm dan terus bertambah hingga mencapai 1,00 kg/cm² (meningkat 300%) di kedalaman 20 cm pada umur kolom 14 hari.

Secara keseluruhan, peningkatan kuat dukung tanah hanya terjadi sampai kedalaman 40 cm. Hasil ini sudah cukup menunjukkan bahwa

kolom-kapur masih bisa mempengaruhi sifat tanah sampai 2 kali panjang kolom-kapur, atau $3D - 4D$ dari ujung bawah kolom-kapur pada arah aksial. Sementara untuk arah radial, hasil uji sondir tersebut menunjukkan bahwa kolom-kapur masih bisa mempengaruhi sifat tanah sampai jarak $2D - 3D$ dari pusat kolom, walaupun pengaruh pada jarak $3D$ hanya terjadi