

BAB V

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1 Lempung Asli (*remolded*)

Sifat fisik dari lempung asli (*remolded*) sebagaimana yang dapat dilihat dari hasil pengujian pada bab sebelumnya yakni indeks kompresi (C_c) sebesar 0.289, menurut James K. Mitchell (*Fundamental of Soil Behaviour, 1976*) tanah ini dapat dikategorikan sebagai tanah lempung kaolinit, begitu pula jika dilihat dari batas cair (LL) 49,01% dan batas plastisnya (PL) 26,626%. Kaolinit yang merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembaran silika tetrahedral dengan satu lembaran aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal $7,2 \text{ \AA}$. Kedua lembaran terikat bersama-sama, sedemikian rupa sehingga ujung dari lembaran silika dan satu dari lapisan lembaran oktahedra membentuk sebuah lapisan tunggal.

Dalam kombinasi lembaran silika dan aluminium, keduanya terikat oleh ikatan hydrogen. Pada keadaan tertentu, partikel kaolinit mungkin lebih dari seratus tumpukan yang susah dipisahkan. Karena itu, mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengannya untuk menghasilkan pengembangan atau penyusutan pada sel satuannya.

Ikatan antara partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangkan muatannya. Schofield dan Samson (1954) dalam penyelidikan pada kaolinit

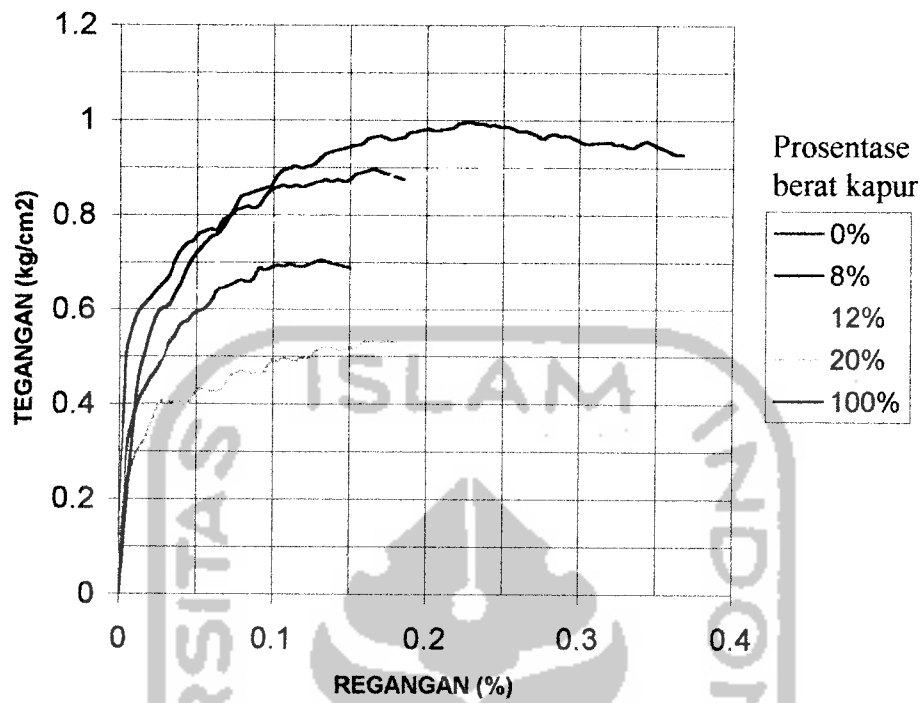
menemukan bahwa jumlah dan distribusi muatan residu jaringan mineral , bergantung pada PH airnya, dimana dalam lingkungan dengan PH yang rendah, ujung partikel kaolinit dapat menjadi bermuatan positif dan selanjutnya dapat menghasilkan gaya tarik ujung permukaan antara partikel yang berdekatan. Gaya tarik ini menimbulkan sifat kohesifnya.

5.2 Analisis Hubungan Tegangan dengan Regangan Terhadap Prosentase Berat Kapur

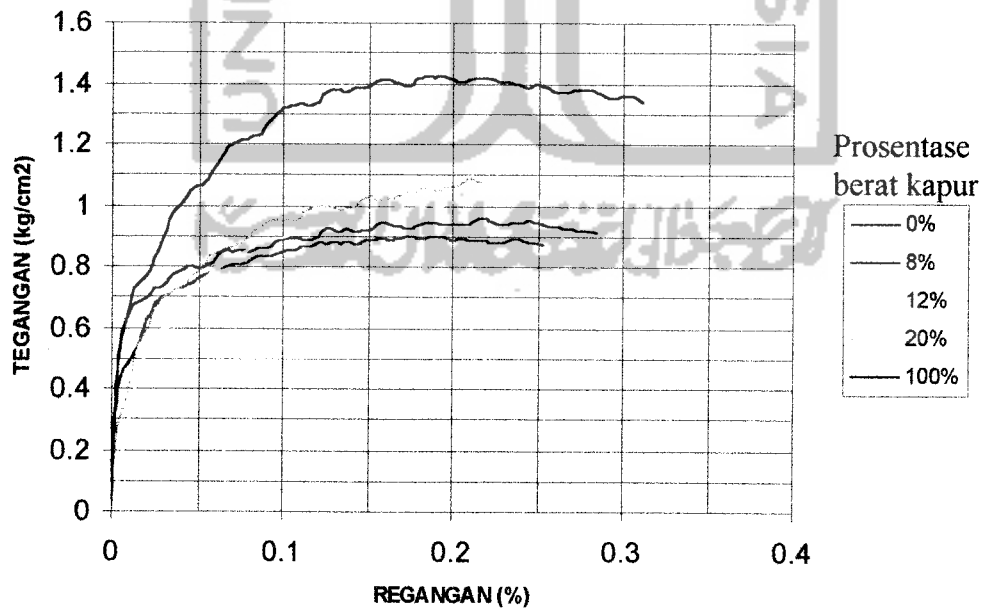
Semua uji yang dilaksanakan pada penelitian ini untuk setiap sampel dengan prosentase berat kapur tertentu dilakukan pada 0 jam (setelah dibuat sampel langsung di uji) dan sampel didiamkan terlebih dahulu selama 48 jam setelah sampel dibuat baru kemudian di uji.

5.2.1 Pada sampel yang langsung diuji (0 Jam)

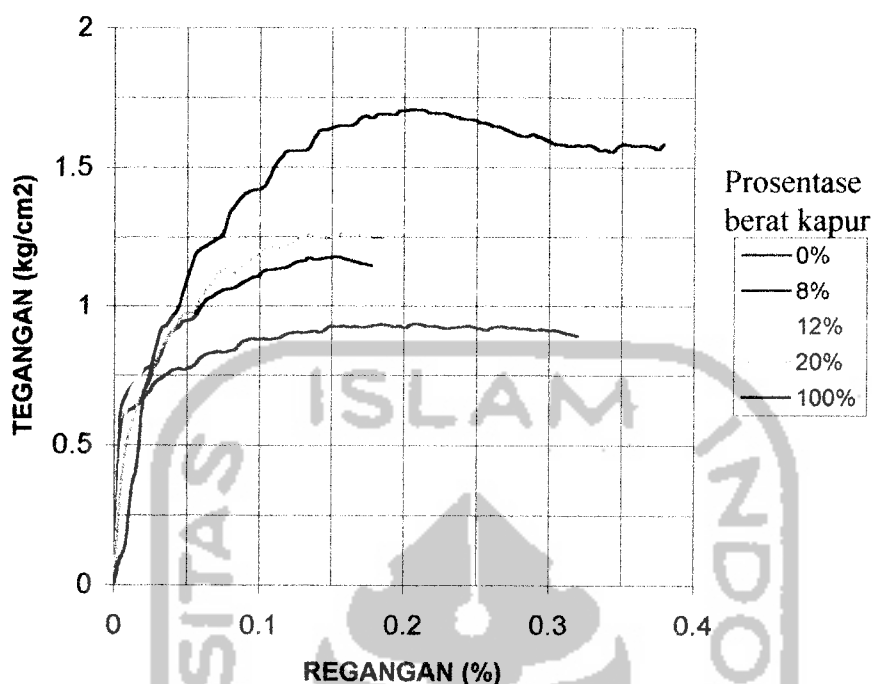
Untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan prosentase berat kapur pada *lime column* terhadap tegangan dan regangan yang terjadi pada tanah, maka agar lebih mempermudah melihatnya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan tekanan sel yang diberikan yakni tekanan sel $0,5 \text{ kg/cm}^2$, $1,0 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,0 \text{ kg/cm}^2$ yang dapat dilihat pada gambar 5.1, 5.2 dan 5.3 dibawah ini :



Gambar 5.1 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $0,5 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam



Gambar 5.2 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $1,0 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam



Gambar 5.3 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 2,0 kg/cm² pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam

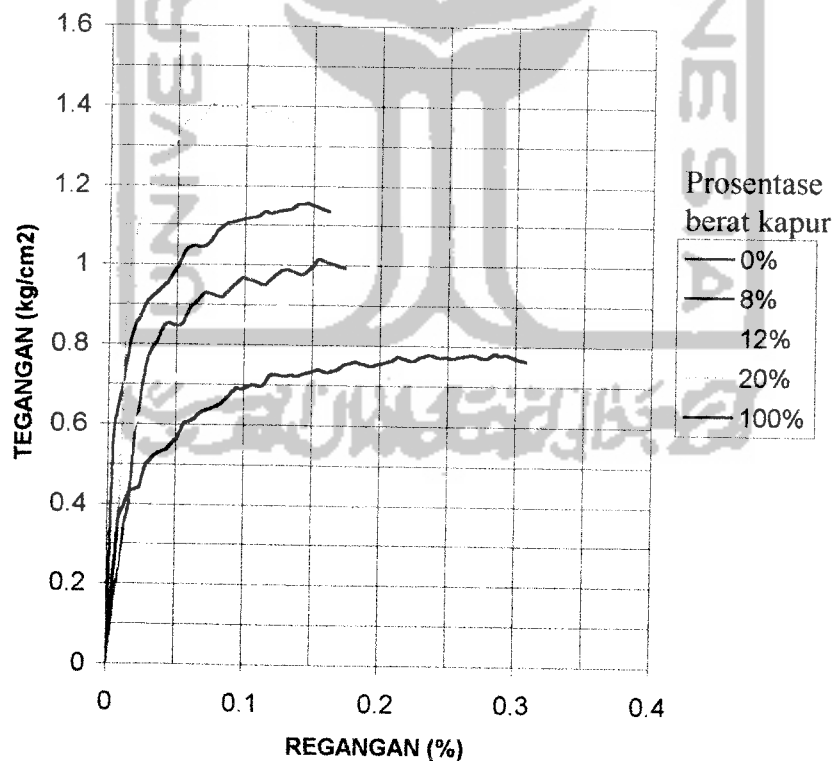
Dari tiga gambar tersebut di atas terdapat kesamaan bahwa pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% tegangan terjadi paling besar dengan regangan yang juga relatif besar, dan terjadi perubahan tegangan setiap adanya penambahan prosentase berat kapur. Untuk tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² dimana regangan yang terjadi relatif besar, tegangan minimum terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% (tanah yang tidak diberi *lime column*), sedangkan pada tekanan sel 0,5 kg/cm² tegangan minimum terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 20% dengan regangan yang relatif kecil.

Prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 0,5 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% sebesar 41,447% dan terhadap

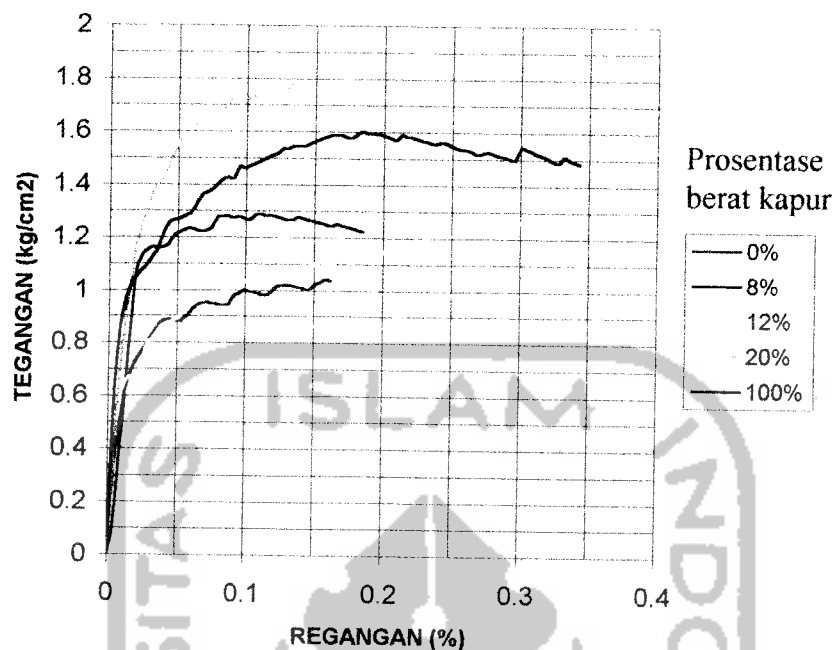
tegangan minimum 86,616%. Prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 1,0 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan terhadap tegangan minimum sebesar 58,242%. Sedangkan prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 2,0 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan terhadap tegangan minimum sebesar 82,445%.

5.2.2 Pada sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 Jam)

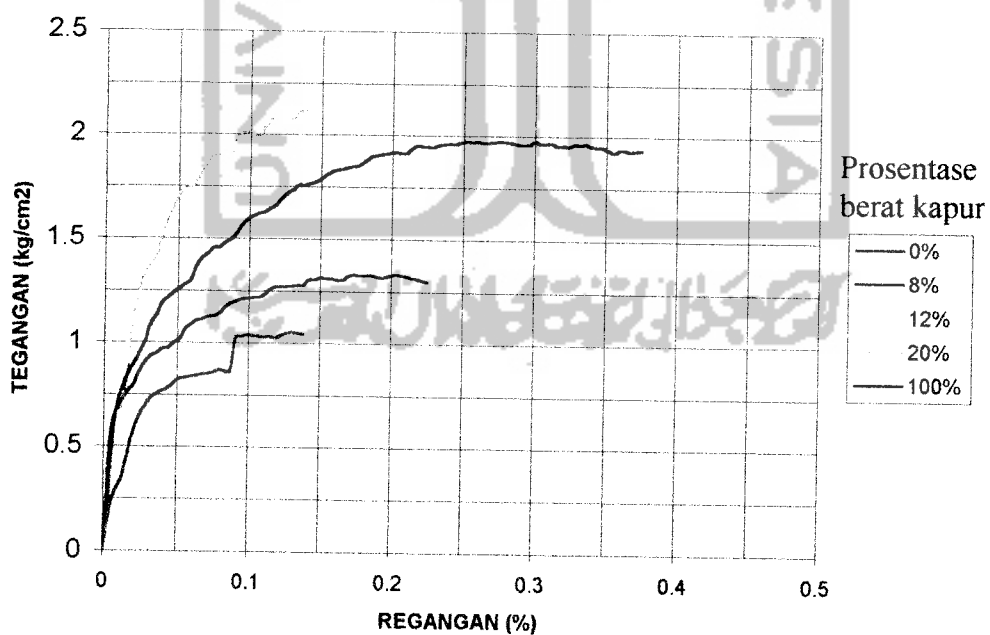
Perubahan tegangan pada setiap *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu yang terjadi pada uji yang dilaksanakan 48 jam setelah sampel dibuat, berdasarkan tekanan sel yang diberikan yakni sebesar 0,5 kg/cm², 1,0 kg/cm² dan 2,0 kg/cm² di perlihatkan pada gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.4 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 0,5 kg/cm² pada Uji Triaksial Tipe UU 48 Jam



Gambar 5.5 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 1,0 kg/cm² pada Uji Triaksial Tipe UU 48 Jam



Gambar 5.6 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 2,0 kg/cm² pada Uji triaksial Tipe UU 48 Jam

Pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 20% terjadi tegangan maksimum, regangan yang terjadi relatif kecil. Hal tersebut terlihat pada gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 di atas. Sedangkan tegangan minimum pada tekanan sel 0,5 kg/cm² terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%, dengan regangan relatif besar. Tegangan minimum yang terjadi pada tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dimana regangannya relatif kecil. Regangan yang terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0%, 8% dan 20% pada tekanan sel 0,5 kg/cm², tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² relatif kecil.

5.3 Analisis Hubungan Kohesi (c) dan Sudut Tahanan Geser (ϕ) Terhadap Prosentase Berat Kapur

Kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Kohesi (c) dan sudut tahanan geser (ϕ) adalah parameter-parameter kekuatan geser. Berdasarkan konsep dasar Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Sebagaimana terlihat pada tabel 4.3 pada bab sebelumnya bahwa kohesi (c) terbesar terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% untuk sampel yang diuji langsung (0 jam) yakni sebesar 0,5375 kg/cm² atau terjadi kenaikan 12% dari kohesi yang terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan untuk sampel yang diuji 48 jam setelah sampel dibuat 0,5387 kg/cm² atau terjadi kenaikan 7% dari kohesi yang terjadi pada sampel yang tidak diberi *lime column*. Sedangkan sudut tahanan geser (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung di uji terjadi pada *lime column*

dengan prosentase berat kapur 100% yakni $10,50^\circ$ dan untuk sampel yang diuji setelah didiamkan selama 48 jam terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% sebesar $15,56^\circ$. Adanya nilai sudut tahanan geser (ϕ) pada pengujian ini disebabkan karena tanah yang diuji bukanlah tanah lempung murni, sebab pada kenyataannya tidak ada tanah lempung murni di lapangan akan tetapi masih ada kandungan pasir dan lanaunya.

Pada uji triaksial tipe UU ini, keruntuhan yang dicapai pada sampel yang langsung diuji (0 jam) memerlukan waktu yang lebih cepat dibanding sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 jam). Secara keseluruhan tegangan maksimum yang terjadi pada sampel 0 jam lebih kecil dari sampel yang diuji 48 jam setelah sampel dibuat.

Proses kimia yang terjadi antara air dan udara yang terdapat di dalam tanah lempung pada *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu, masih berlangsung saat sampel diuji 0 jam. Sedangkan pada sampel diuji 48 jam, *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dengan tanah lempung yang mengandung air serta udara sekitarnya telah terjadi proses kimia sebelum sampel diuji. Dimana air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur mempercepat terjadinya *flocculation* pada kapur. Pada sampel *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% mengalami kohesi (c) yang paling besar karena banyaknya *coagulan* yang dibutuhkan oleh kapur dengan *coagulan* yang tersedia ekuivalen. Sedangkan pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% mengalami kohesi yang lebih kecil dari *lime column* dengan prosentase berat kapur 8%

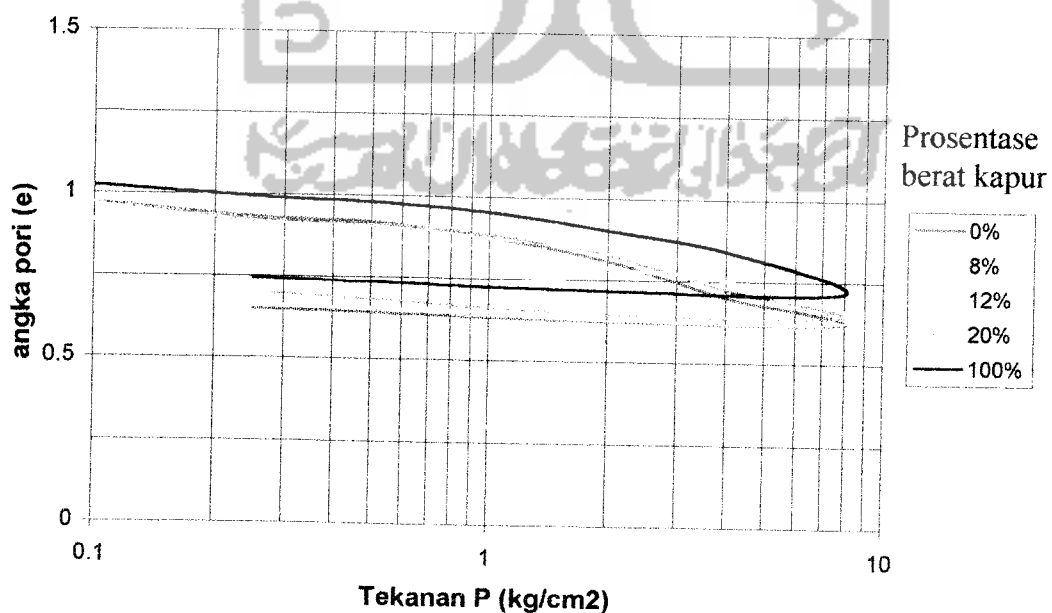
karena jumlah *coagulan* yang tersedia pada lempung lebih sedikit dari *coagulan* yang dibutuhkan oleh kapur.

Sudut tahanan geser (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung di uji 0 jam dan 48 jam terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%, karena kapur yang mengalami kekurangan *coagulan* menyebabkan kapur tidak dapat mengalami proses kimia sehingga tidak terjadi *flocculation* pada sampel yang menyebabkan sampel menjadi rapuh.

5.4 Analisis Hubungan Indeks Kompresi (Cc) Terhadap Prosentase Berat Kapur

5.4.1 Pada sampel yang langsung diuji (0 Jam)

Penurunan dari lapisan lempung yang telah diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dan langsung diuji, akibat beban statis tetap menghasilkan kurva pada gambar 5.7 dibawah ini.

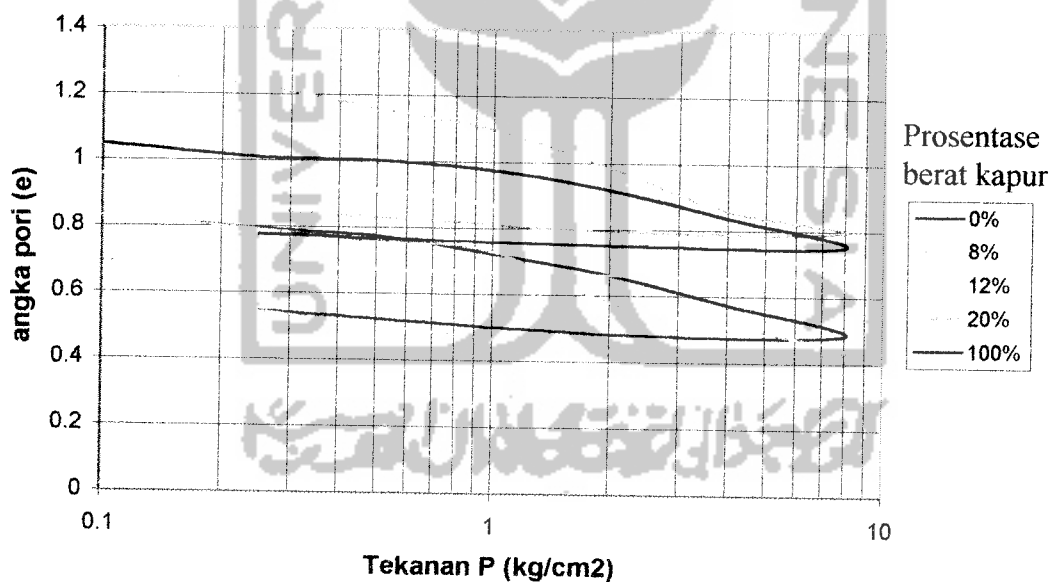


Gambar 5.7 Hubungan e-Log P pada Uji Konsolidasi 0 Jam

Pada gambar 5.7 tersebut di atas, terlihat bahwa kompresi pada lapisan-lapisan lempung jenuh yang telah diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu akibat beban statis, paling cepat terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% dan konsolidasi yang paling lambat terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%.

5.4.2 Pada sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 Jam)

Pengujian konsolidasi yang dilakukan 48 jam setelah tanah lempung diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu pada sampel tanah terganggu (*remolded*) menghasilkan gambar hubungan angka pori (e) dengan Log beban (P) seperti dibawah ini :



Gambar 5.8 Hubungan e-Log P pada Uji Konsolidasi 48 Jam

Dari gambar 5.8 di atas terlihat bahwa penurunan terjadi lambat pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% dan terjadi penurunan yang cepat pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8%.

Sampel yang diberi *lime column* sebelum diuji konsolidasi mengalami proses kimia terlebih dahulu. Proses kimia itu terjadi antara air dan udara yang terdapat di dalam tanah lempung dengan *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu, dimana proses ini masih berlangsung saat sampel diuji 0 jam. Sedangkan pada sampel yang diuji 48 jam, *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dengan tanah lempung yang mengandung air serta udara telah terjadi proses kimia sebelum sampel diuji, yang mengakibatkan telah terjadinya perubahan kandungan air yang ada pada sampel tersebut. Karena kapur yang kering dengan air dan udara yang ada di dalam lempung mengalami proses kimia, dimana air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur mempercepat terjadinya *flocculation* pada kapur.

Pada saat uji konsolidasi, partikel-partikel lempung bergerak saling mendekat bersama-sama akibat beban statis, maka air lapis ganda yang tersusun mengelilingi partikel-partikel lempung mengalami deformasi. Deformasi ini disebabkan oleh beban-beban yang cenderung memaksa keluar air lapis ganda dan atau oleh beban-beban geser yang menyebabkan deformasi geser dalam air yang mengelilingi partikel tersebut. Meskipun lempung mempunyai sedikit kompresi elastis berupa sedikit perubahan volume pada partikel-partikel tanah dan air, bagian yang lebih besar dari penurunan terjadi karena diperas keluarnya air dari rongga pori.

Beban statis menghasilkan suatu gradien tekanan dalam air pori dan menyebabkan aliran menuju permukaan drainasi. Akan tetapi, aliran ini lambat

karena rendahnya permeabilitas dari tanah lempung, sehingga laju penurunan merupakan fungsi dari permeabilitas.

Terjadi perbedaan nilai pada saat sampel diuji 0 jam dengan sampel yang diuji 48 jam. Hal ini disebabkan karena kolom kapur tersebut mengalami beberapa fase yang harus dilewati, yakni fase pembentukan gel, fase pembentukan neolithic, fase pembentukan karbonat yang kemudian membentuk kristal-kristal karbonat yang mengisi ruang pori dengan baik. Fase pembentukan gel yang memerlukan waktu lebih lama dibandingkan dengan fase lainnya. Namun proses ini dapat dipercepat dengan memperbesar temperatur. Gel dari neolith terbentuk dengan lambat, beberapa membentuk kristal dan hal ini dapat terlihat melalui mikroskop, pembentukan fase neolithic adalah bagian paling penting dari proses konsolidasi.

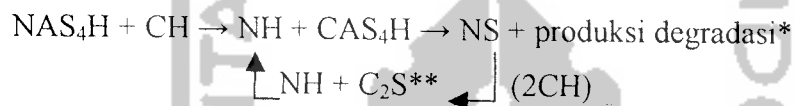
Efek penundaan dari pemadatan juga sangat berpengaruh sekali terhadap waktu, dapat dikatakan bahwa efek tersebut terjadi karena berpisahannya material-material atau pecah perlahan-lahan pada saat dipadatkan sehingga pemadatan baru mendekati sempurna setelah 24 jam.

Selain itu juga, kapur lebih cepat bereaksi dengan lempung monmorilonit dibanding dengan lempung kaolinit. Perbedaannya sampai beberapa minggu. Pada lempung monmorilonit plastisitasnya menurun sedangkan pada kaolinit tidak (Ingels O G and Metcalf J B, 19).

Seperti yang telah dikemukakan pada kajian pustaka di depan bahwa terjadi reaksi kimia antara kapur dengan mineral lempung dari tanah, yang

menyebabkan terjadinya perubahan sifat tanah. Reaksi itu membentuk air kratangel dari kalsium silikat yang membentuk semen (*cementation*) partikel-partikel tanah.

Gel silikat memproses secepatnya melapisi dan membalut gumpalan-gumpalan lempung dalam tanah dan mendesak pori-pori tanah. Pada saat tersebut gel ini mengkristal terus-menerus menjadi kalsium silikat hidrat. Proses reaksi hanya menyediakan air dan mampu membawa kalsium dan ion-ion hidroxil kepermukaan lempung. Ada pun mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut :



Dimana S = SiO₂, H = H₂O, A = AlO₃, C = CaO, N = NaO₂

* Silika dipindahkan secara progresif, kalsium alumina dan alumina terbentuk pada akhirnya

** atau CSH

Reaksi kemudian menyebabkan kekeringan dan tanah-tanah yang sangat kering tidak akan dapat bereaksi dengan kapur. Hal inilah yang menyebabkan turunnya nilai indeks kompresi (*Cc*) dan naiknya nilai kohesi (*c*) dari tanah yang diberi kolom kapur, hingga terjadinya kenaikan nilai *Cc* dan turunnya nilai *c*, karena terlalu keringnya tanah yang menyebabkan kohesi tanah menjadi kecil.

5.5 Analisis Hubungan Kohesi (*c*) dengan Indeks Kompresi (*Cc*)

Hubungan kohesi (*c*) dengan indeks kompresi (*Cc*) pada pengujian 0 jam dapat dilihat pada tabel 5.1, pada pengujian 48 jam dapat dilihat pada tabel 5.2, dimana ditabelkan sesuai dengan kenaikan nilai kohesi (*c*).

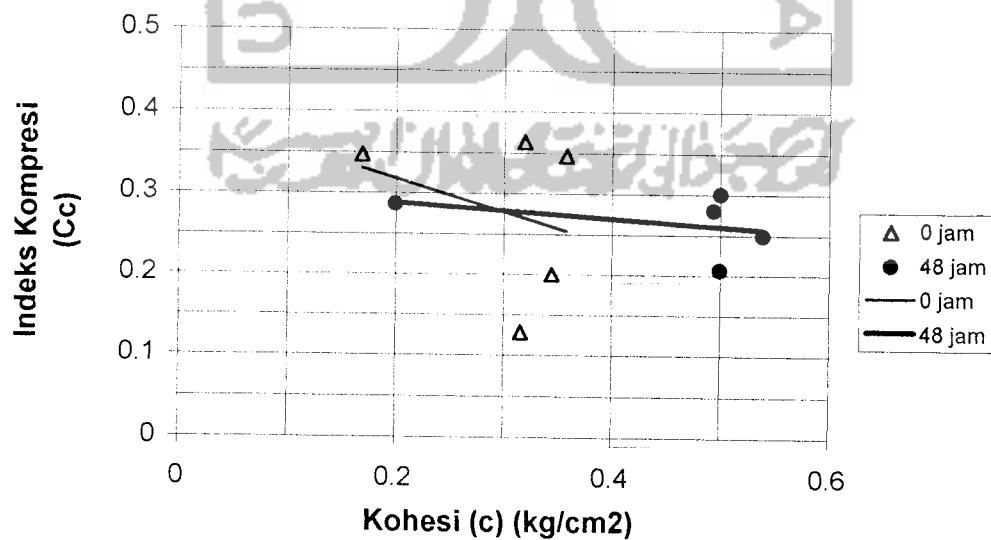
Tabel 5.1 Tabel Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (Cc) pada Pengujian 0 jam

% Berat Kapur	c	Cc
20%	0.1687	0.347
12%	0.3159	0.128
0%	0.3189	0.364
100%	0.3445	0.200
8%	0.3575	0.346

Tabel 5.2 Tabel Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (Cc) pada Pengujian 48 jam

% Berat Kapur	c	Cc
100%	0.1994	0.287
12%	0.4938	0.280
20%	0.4993	0.207
0%	0.5001	0.301
8%	0.5387	0.249

Jika data dari tabel 5.1 dan 5.2 di plotkan kedalam satu gambar yang menghubungkan kohesi (c) dengan indeks kompresi (Cc)



Gambar 5.9 Hubungan Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (Cc) pada Pengujian 0 jam dan 48 jam

Harga kohesi (c) dan sudut tahanan geser (ϕ) untuk lempung mempunyai variasi yang agak besar. Secara garis besar harga c tergantung pada derajat *over consolidation*. Lempung yang *normally consolidated* mempunyai harga c yang kecil sekali (hampir sama dengan nol). Makin besar derajat *over consolidation* makin besar c . Harga ϕ secara garis besar tergantung besarnya fraksi lempung, makin kecil ϕ , makin besar fraksi lempung.

Dari Gambar 5.9 di atas terlihat bahwa makin besar c maka C_c makin kecil, hal tersebut sesuai dengan teori yang ada, yakni dengan $PI = L_L - P_L$, maka makin besar nilai PI (indeks plastis) makin besar pula nilai L_L (batas cair). Karena L_L berbanding lurus dengan C_c , dilihat dari formula $C_c = 0,009 (L_L - 10)$, maka makin besar nilai L_L makin besar pula nilai C_c . Sedangkan C_c berbanding terbalik dengan c , sehingga makin besar c makin kecil C_c .

Makin besar indeks plastis lempung, semakin turun kekuatannya (R. F. Craig, 1989). Karena kekuatan pada uji triaksial tipe UU ($\tau = c + \sigma \tan \phi$, dimana $\phi = 0$, maka $\tau = c$). Oleh karena itu makin besar kohesinya (c), indeks plastis lempung semakin kecil, atau dapat juga dikatakan makin besar kohesinya (c), semakin kecil indeks kompresi (C_c) yang terjadi.