



Pengaruh pelapukan batulempung Formasi Subang terhadap beberapa sifat keteknikannya guna menunjang efektivitas pemilihan desain perkuatan lereng

Imam A. Sadisun

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10, Bandung 40132

Masuk: September 1998; revisi masuk: November 1998; diterima: Desember 1998

Sari

Dalam makalah ini dibahas karakteristik pelapukan batulempung Formasi Subang dalam kaitannya dengan sistem klasifikasi derajat pelapukan batuan dan perubahan nilai beberapa sifat keteknikannya. Lokasi pengamatan lapangan dan pengambilan contoh batuan dilaksanakan di daerah Karawang Selatan, Jawa Barat, karena kehadiran jenis batuan ini menempati wilayah yang cukup luas. Secara umum batulempung Formasi Subang dapat dibedakan atas enam zona yang mencerminkan perbedaan derajat pelapukannya. Hasil pengujian beberapa sifat keteknikannya yang merupakan parameter dasar dalam analisis kestabilan lereng, seperti berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam, memperlihatkan adanya hubungan yang berarti terhadap perubahan derajat pelapukannya. Maka, dengan mengetahui variasi derajat pelapukan batulempung Formasi Subang diharapkan perencanaan atau pemilihan desain (jenis) perkuatan lereng dapat dilakukan secara lebih tepat dan efisien.

Kata kunci: pelapukan, derajat pelapukan, batulempung Formasi Subang, sifat-sifat keteknikannya, perkuatan lereng

Abstract

Influence of weathering in claystone of Subang Formation on some engineering properties to effectively support in choosing of slope – reinforcement design

This paper presents weathering characteristics of claystone of Subang Formation in relation to weathering grade classification system and changes of some engineering properties. The field observation and rock-soil sampling were located at Southern Karawang area, West Java, where the claystone is distributed widely. Generally, claystone of Subang Formation can be classified into six degrees of weathering. The examination results of some engineering properties, such as unit weight, cohesion, and internal friction angle as basic parameters of slope stability analysis, indicate good relationship with the change of weathering grade. As an implication, by knowing various weathering grades, the planning or choosing of slope-reinforcement design will be more effective and efficient.

Key words: weathering, the degree of weathering, claystone of Subang Formation, engineering properties, slope-reinforcement

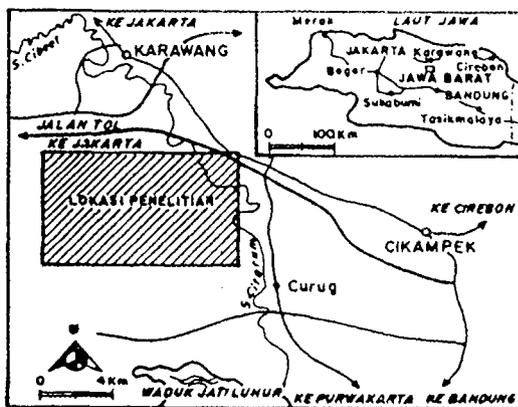
1 Pendahuluan

Proses pelapukan dapat didefinisikan sebagai proses perubahan batuan yang terjadi akibat pengaruh langsung atmosfer dan hidrosfer (Sounders dan Fookes, 1970 op. cit. Beavis dkk., 1992). Proses perubahan dicapai melalui dua proses utama, yaitu pelapukan fisik dan pelapukan kimia, yang berada dalam sebuah keseimbangan fisika-kimia baru. Berlangsungnya kedua proses tersebut dapat dikatakan relatif lambat, tetapi keberadaannya dalam batuan menjadi hal yang cukup penting dari sudut pandang keteknikannya.

Adanya pelapukan pada massa dan material batuan sering mengakibatkan rencana desain suatu struktur

bangunan menjadi khas, karena pelapukan umumnya mengakibatkan pula perubahan sifat keteknikannya (Sadisun dkk., 1998; Karpuz dan Pasamehmetoglu, 1997; Krank dan Watters, 1983; Dearman dkk., 1978). Mempelajari pengaruh pelapukan batuan terhadap kondisi batuan dan karakteristik sifat keteknikannya merupakan bagian yang sangat penting dalam investigasi geologi teknik. Maka, dalam upaya mengetahui secara rinci karakteristik sifat keteknikannya batuan, studi pengaruh pelapukan batuan terhadap beberapa sifat keteknikannya dapat menjadi parameter masukan yang penting guna menunjang kegiatan perencanaan pembuatan desain perkuatan lereng.

Karakteristik sifat keteknikan batuan dan sistem klasifikasi kuantitatif derajat pelapukan merupakan dua aspek yang akan dikaji dalam makalah ini. Dengan mengidentifikasi secara detail heterogenitas (variasi) derajat pelapukan pada batulempung Formasi Subang sebagai parameter utama (tak bebas) dan beberapa sifat keteknikannya sebagai parameter bebas, diharapkan dapat dihasilkan suatu kecenderungan hubungan empiris dari kedua parameter tersebut. Penelitian terhadap fenomena perkembangan pelapukan dan pengambilan contoh batuan dilakukan di bagian selatan Kabupaten Karawang, Jawa Barat (Gambar 1). Kehadiran batulempung Formasi Subang yang cukup dominan pada wilayah tersebut sangat menjadi kendala dalam berbagai kegiatan pembangunan, karena batuan ini memiliki beberapa sifat atau perilaku keteknikan yang sangat khas yang tidak menguntungkan dalam pelaksanaan kegiatan pembangunan. Sifat-sifat tersebut antara lain sifat mudah hancur (*high slaking*) dan mudah mengembang (*high swelling*), baik pada batuan maupun tanah hasil pelapukannya (Sadisun dkk., 1997, 1998; Sampurno dan Bandonu, 1995 op cit. LPM - ITB, 1995; Hermawan, 1993). Oleh sebab itu, kehadiran jenis batuan ini sangat menjadi perhatian dalam berbagai kegiatan perencanaan pembangunan, termasuk kegiatan perencanaan pembuatan desain konstruksi perkuatan lereng.



Gambar 1 Peta indeks dan lokasi penelitian lapangan

2 Metode penelitian

Metode penelitian yang dilaksanakan meliputi dua hal utama, yaitu pengambilan data dari observasi di lapangan dan pengujian yang dilakukan di laboratorium. Berbagai kegiatan di lapangan antara lain meliputi observasi terhadap karakteristik fisik batuan yang termasuk dalam batulempung Formasi Subang, identifikasi terhadap fenomena perkembangan derajat pelapukan batuan melalui observasi langsung pada singkapan batuan dan tanah pelapukannya serta melalui pemboran dan sumur uji, juga pengambilan contoh

batuan dan tanah secara kontinu pada setiap perbedaan derajat pelapukan batuan. Contoh yang diambil merupakan contoh tak terganggu, diambil dengan mempergunakan tabung dan balok, untuk kemudian diuji di laboratorium.

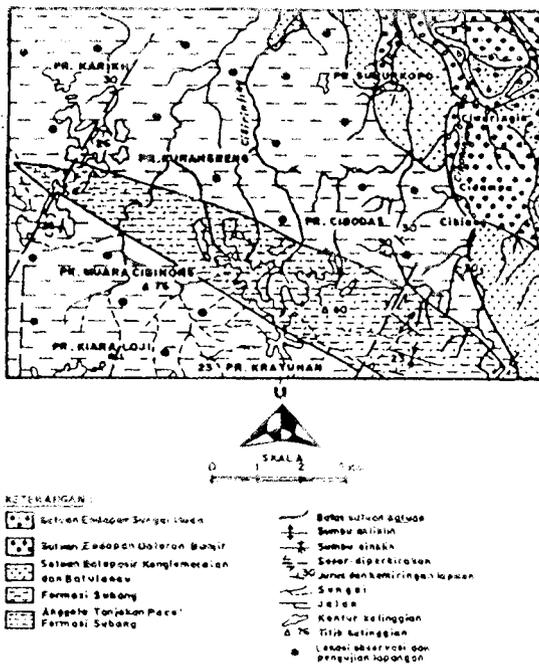
Pengujian laboratorium dari setiap perbedaan derajat pelapukan batuan bertujuan untuk mengetahui beberapa sifat keteknikan batulempung Formasi Subang, meliputi berat isi (*unit weight / γ*), kohesi (*cohesion / c*), dan sudut geser dalam (*internal friction angle / ϕ*), yang merupakan tiga parameter dasar dalam analisis kestabilan lereng.

3 Tinjauan geologi daerah Karawang Selatan

Berdasarkan pembagian fisiografi Jawa Barat yang telah dikemukakan oleh van Bemmelen (1949), daerah penelitian terletak pada bagian utara Zona Antiklinorium Bogor yang berbatasan langsung dengan Zona Dataran Pantai Utara. Zona ini pada umumnya memiliki morfologi berupa perbukitan memanjang berarah barat-timur, melalui Kota Bogor bagian utara, Karawang bagian selatan, Purwakarta, menerus hingga Bumiayu di Jawa Tengah, dengan lebar maksimum mencapai 40 km. Batuan yang membentuk zona ini tersusun atas seri batuan sedimen Tersier (Neogen) yang telah mengalami perlipatan kuat (antiklinorium), serta beberapa intrusi batuan beku basaltik-andesitik dengan relief morfologi yang lebih kasar dan terjal.

Berdasarkan ciri umum sedimen yang terdapat di daerah penelitian, dapat disimpulkan bahwa wilayah ini termasuk dalam Mandala Paparan Kontinen (Martodjojo, 1984), yaitu mandala sedimentasi yang dicirikan oleh endapan laut dangkal dari Miosen Awal hingga Plistosen yang umumnya terdiri atas lempung, pasir, dan gamping, dengan ketebalan sedimen hampir mencapai 4000 m. Satuan batuan yang terdapat di daerah penelitian terdiri atas lima satuan (Sudana dan Achdan, 1992; Gambar 2), yaitu Formasi Subang yang terdiri atas batulempung dengan sisipan batupasir dan batugamping pasiran, Anggota Tanjakan Pacol Formasi Subang yang terdiri atas batupasir sisipan batulempung, Satuan Batupasir Konglomeratan dan Batulanau yang terdiri atas batupasir konglomeratan, batupasir, dan batulanau. Satuan Endapan Dataran Banjir yang terdiri atas material lepas pasir lempungan dan lempung pasiran, dan Satuan Endapan Sungai Muda yang terdiri atas material lepas berukuran lempung hingga kerakal.

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian berupa lipatan dan sesar. Struktur lipatan terutama terdapat pada batuan yang termasuk dalam Formasi Subang, berupa struktur lipatan antiklin dan sinklin



Gambar 2 Peta geologi daerah penelitian (Sudana dan Achdan, 1992) beserta lokasi titik-titik observasi dan pengujian lapangan

dengan sumbu lipatan berarah relatif barat-laut-tenggara. Kemiringan lapisan batuan berkisar antara 24° dan 32° ; semakin ke arah utara, sudut kemiringan lapisan batuan ini cenderung semakin kecil. Struktur sesar yang ada diperkirakan berupa sesar mendatar, berarah baratdaya-timurlaut, dan memotong sumbu-sumbu lipatan yang ada.

Di daerah Karawang Selatan, kehadiran batulempung lebih dominan dibandingkan dengan jenis batuan lainnya (batupasir dan batugamping pasiran). Dalam keadaan segar, batuan ini berwarna abu-abu kehijauan hingga abu-abu kehitaman, umumnya non-karbonatan, kedap air (*impermeable*), dan pejal/monoton (tidak berlapis). Namun, kadang-kadang dijumpai adanya sisipan tipis batupasir, serta banyak dijumpai nodul batulanau karbonatan (Gambar 3) dan kongresi oksida besi. Meskipun batulempung Formasi Subang memiliki tingkat kekerasan batuan yang tergolong rendah, batuan ini umumnya getas dan padat/kompak dalam keadaan segar: apabila kontak dengan atmosfer, batuan ini sering memperlihatkan gejala hancuran retak-retak pipih (*slaking*) dan mengembang (*swelling*), terutama dalam kondisi basah. Penggalian agak sukar dilakukan tanpa menggunakan peralatan mekanik. Secara umum, batuan pada hampir semua singkapan batulempung yang terdapat di daerah penelitian telah mengalami proses pelapukan yang cukup intensif.



Gambar 3 Salah satu singkapan batulempung Formasi Subang yang memperlihatkan adanya fenomena gejala *slaking* dan nodul batulanau karbonatan

4 Pelapukan batulempung Formasi Subang

Tanah, sebagai hasil pelapukan batuan, menutup hampir seluruh daerah penelitian. Secara umum, tanah ini merupakan tanah residu atau berkembang dari batuan dasar yang melapuk pada tempatnya (*in situ*), dengan tekstur umumnya sangat halus, dan tergolong dalam tanah lempung dengan plastisitas tinggi atau CH. Berdasarkan data singkapan dan data penelitian bawah permukaan (sumur uji dan pemboran), tanah residu di daerah penelitian memiliki ketebalan 0 hingga 1,4 m. Akan tetapi, adanya proses pelapukan batuan dapat terlihat hingga kedalaman 8,6 m.

4.1 Tinjauan terhadap sistem klasifikasi derajat pelapukan

Banyak peneliti terdahulu telah mencoba mengklasifikasikan pelapukan pada batuan menjadi beberapa (kelas) derajat pelapukan semenjak disepakati bahwa pelapukan akan sangat berpengaruh terhadap beberapa sifat keteknikan batuan. Sistem klasifikasi ini pada intinya merupakan urutan (sikuen) perubahan pelapukan batuan sebagai akibat proses pelapukan fisik (disintegrasi) dan pelapukan kimia (dekomposisi) yang berperan secara individu ataupun merupakan proses yang terjadi secara kombinasi, bersamaan dengan perubahan beberapa sifat keteknikannya (Dearman, 1976 op. cit. Dearman dkk., 1978).

Pada awalnya, usulan sistem klasifikasi tidak dapat langsung diterapkan begitu saja untuk semua jenis batuan. Beberapa sistem klasifikasi hanyalah merupakan pengungkapan fenomena pelapukan batuan pada kondisi lingkungan batuan tertentu dan untuk tujuan tertentu pula, seperti usulan sistem klasifikasi yang diaplikasikan untuk batuan beku oleh Moye (1955 op. cit. Dearman dkk., 1978), Ruxton dan Berry (1957), dan

Little (1969), serta sistem klasifikasi yang hanya berlaku untuk batuan metamorf dan sedimen tertentu saja oleh Knill dan Jones (1965) dan Skempton dan Davis (1966 op. cit. Karpuz dan Pasamehmetoglu, 1997). Dengan alasan ini, setelah meninjau kembali sistem klasifikasi derajat pelapukan batuan yang ada dan mengaplikasikannya untuk berbagai lapangan geologi, Dearman dkk. (1978) membuat skema klasifikasi tersendiri dan mengemukakan bahwa sistem klasifikasi derajat pelapukan batuan sesungguhnya dapat secara luas diterapkan untuk tujuan (rekayasa) keteknikan, baik pada massa maupun material batuan, dengan penyesuaian pada jenis batuan dan kondisi lingkungan batuan tersebut.

4.2 Perkembangan derajat pelapukan batulempung Formasi Subang

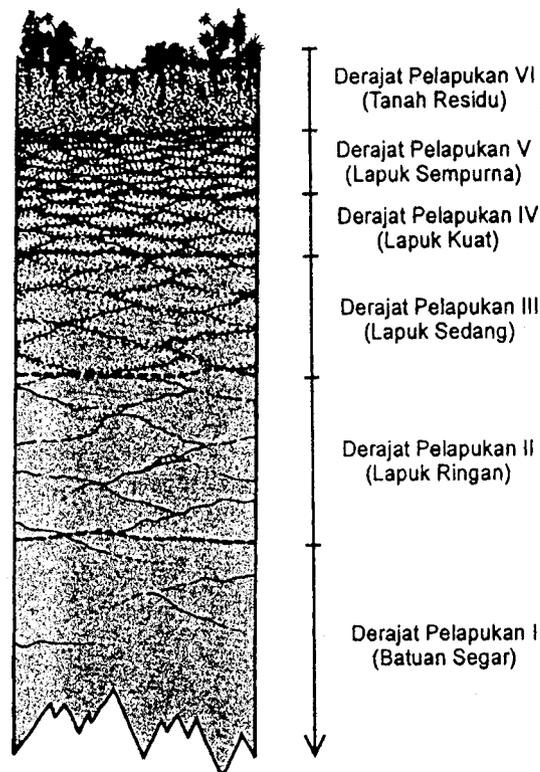
Secara deskriptif, batulempung Formasi Subang dapat dibedakan atas enam derajat pelapukan, yaitu dari batuan yang masih segar hingga tanah residu. Penerapan sistem identifikasi derajat pelapukan pada batulempung Formasi Subang juga didasarkan atas hadirnya beberapa efek perubahan pada batuan tersebut, meliputi perubahan warna batuan, perubahan intensitas rekahan (*fracture intensity*), serta perubahan tekstur dan struktur batuan. Secara umum, hasil observasi terhadap

perkembangan derajat pelapukan batuan dapat dirangkum seperti pada Tabel 1.

Uraian tadi dibuat sesederhana mungkin dengan mempertimbangkan syarat-syarat umum klasifikasi massa batuan dalam kaitannya dengan proses pelapukan, seperti yang dirangkum oleh Dearman dkk. (1978), antara lain:

- cepat dan mudah, termasuk dalam proses preparasi contoh batuannya,
- memiliki keterkaitan dengan sifat-sifat fisik massa dan material batuannya,
- memungkinkan untuk membedakan sifat-sifat keteknikan atas dasar indeks pengujian yang sederhana,
- memiliki keterkaitan dengan masalah rekayasa pada batuan.

Dalam penelitian ini, penyederhanaan profil pelapukan batulempung Formasi Subang dalam kaitannya dengan perkembangan derajat pelapukan batuan juga telah dibuat seperti dapat dilihat pada Gambar 4. Bagaimana pun, data adanya efek perubahan sebagai akibat proses pelapukan tampak selalu saling berhubungan dan secara umum dapat terdistribusi pada setiap derajat pelapukan batuan, walaupun terkadang agak sulit dilakukan karena ketebalan derajat pelapukan terkadang sangat tipis dan umumnya memiliki batas yang berangsur.



Gambar 4 Profil ideal perkembangan derajat pelapukan batulempung Formasi Subang

Tabel 1 Sistem klasifikasi derajat pelapukan batulempung Formasi Subang

Istilah	Derajat	Penciri Utama
Tanah Residu	VI	Seluruh batuan telah mengalami perubahan warna menjadi coklat kekuningan hingga coklat kehitaman. Tekstur dan struktur batuan asal umumnya telah mengalami perubahan atau dapat dikatakan telah hancur, jejak-jejak bidang rekahan pun sudah tidak tampak lagi.
Lapuk Sempurna	V	Hampir seluruh batuan telah mengalami perubahan warna menjadi coklat keabuan hingga coklat kekuningan. Akan tetapi, kenampakan tekstur dan struktur batuan asal masih dapat diamati. Hal ini ditandai oleh hadirnya (kemenerusan) jejak-jejak bidang rekahan batuan, namun determinasi batuan asal sudah sulit dilakukan.
Lapuk Kuat	IV	Perubahan warna terjadi hampir pada seluruh permukaan bidang rekahan, sehingga pada muka galian dan inti bor tampak berwarna coklat keabuan. Apabila pecahan pipih batuan dipotong dengan pisau atau dipatahkan dengan tangan, warna asli batuannya agak sulit dilihat karena perubahan warna yang terjadi umumnya telah lebih dari setengah tebal pecahan pipih batuan, sehingga determinasi batuan asal juga agak sulit dilakukan.
Lapuk Sedang	III	Perubahan warna batuan mulai tampak jelas, terjadi pada hampir sebagian besar permukaan bidang rekahan (menjadi berwarna coklat keabuan hingga coklat). Apabila pecahan pipih batuan dipotong dengan pisau atau dipatahkan dengan tangan, masih terlihat warna asli batuan dan perubahan warna yang terjadi secara umum masih kurang dari setengah tebal pecahan pipih tersebut, sehingga determinasi batuan asal masih dapat dilakukan dengan baik.
Lapuk Ringan	II	Batuan pada derajat pelapukan ini umumnya ditandai oleh adanya gejala hancuran retak-retak memipih dalam dimensi dan spasi yang masih cukup besar. Warna batuan umumnya telah memudar menjadi tidak mengkilap/kusam; perubahan warna (menjadi abu-abu kecoklatan hingga coklat keabuan) masih sedikit sekali terjadi, hanya pada permukaan atau pada bagian tepi bidang rekahan yang terbuka.
Batuan Segar	I	Efek proses pelapukan belum atau sedikit sekali dijumpai pada beberapa bagian batuan. Dalam kondisi segar, batuan ini berwarna abu-abu kehijauan hingga abu-abu kehitaman dan secara umum tidak terlihat perubahan warna batuan, baik pada permukaan singkapan atau muka galian maupun pada permukaan bidang rekahan batuan.

5 Perubahan beberapa sifat keteknikan batuan akibat pelapukan

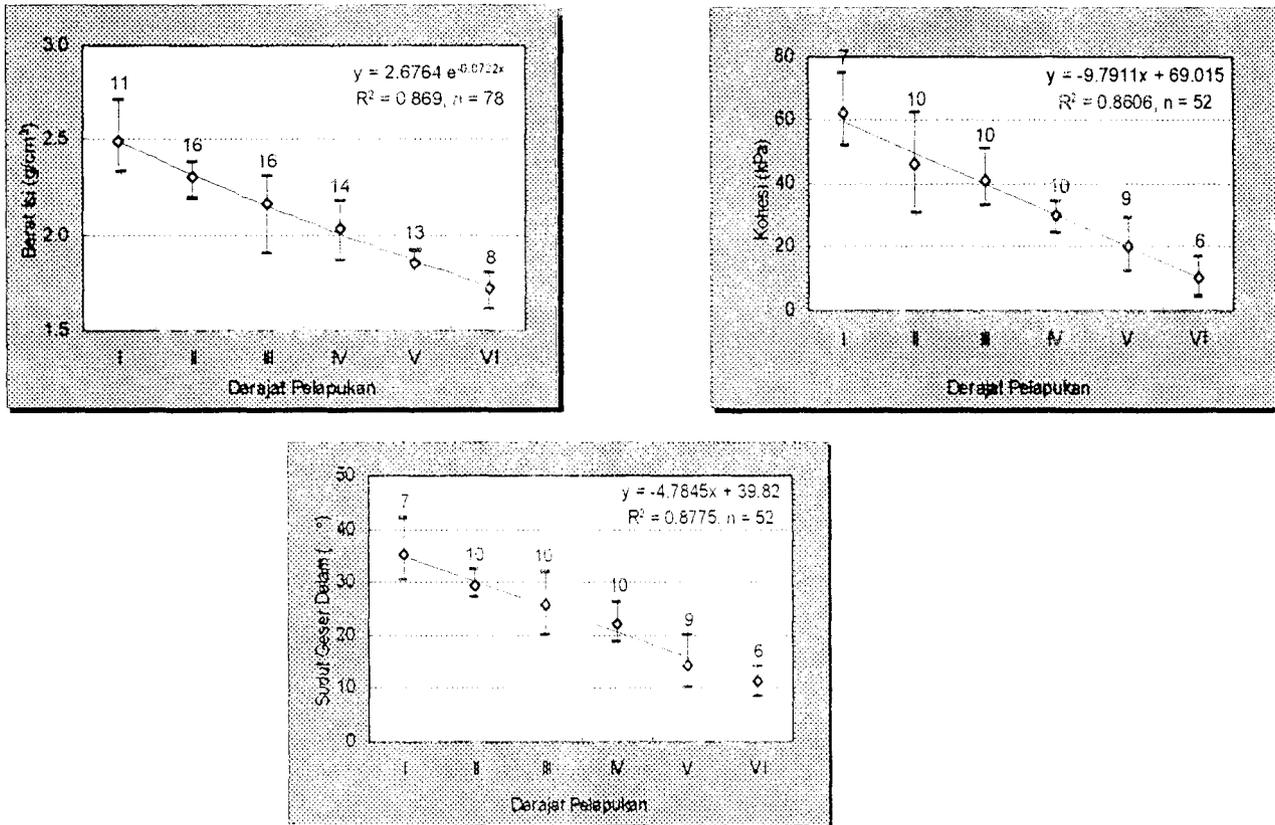
Beberapa peneliti terdahulu juga telah melakukan analisis mengenai perubahan beberapa sifat keteknikan batuan dalam kaitannya dengan perbedaan derajat pelapukannya. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih dilakukan pada jenis batuan beku, sehingga sifat keteknikan batuan yang dihasilkan pun secara umum hanya relevan untuk jenis batuan tersebut. Pada penelitian ini, analisis laboratorium hanya dilakukan untuk mendapatkan beberapa parameter sifat keteknikan batuan yang merupakan parameter dasar dalam analisis kestabilan lereng, yaitu berat isi (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ) (Tabel 2).

Tabel 2 Derajat pelapukan batuan dan karakteristik beberapa sifat keteknikannya

Derajat Pelapukan	γ (gr/cm ³)	c (kPa)	ϕ (°)
VI	1,614 - 1,802	4,65 - 6,75	8,5 - 14
V	1,785 - 1,922	12,00 - 28,65	10 - 20
IV	1,868 - 2,172	24,36 - 34,18	18,5 - 26
III	1,904 - 2,307	32,65 - 50,42	20 - 32
II	2,195 - 2,379	30,26 - 62,08	27 - 32,5
I	2,322 - 2,714	52,48 - 74,65	30,5 - 42

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat pelapukan batuan, berat isi batuan cenderung semakin kecil. Secara umum, perubahan berat isi batuan turun secara eksponensial terhadap kenaikan derajat pelapukannya, dengan model (persamaan) regresi $y = 2.6764 e^{0,0722x}$ ($R^2 = 0,869$; $n = 78$; Gambar 5).

Kohesi dan sudut geser dalam didapatkan melalui uji geser langsung, dengan contoh benda uji ditempatkan pada sebuah kotak logam dengan penampang berbentuk lingkaran dan dibaca pada kondisi kekuatan puncak. Karena batulempung Formasi Subang cenderung tergolong dalam batuan lunak, tidak dilakukan perlakuan khusus dalam pengujiannya. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin lapuk batuan (semakin tinggi derajat pelapukannya), nilai kohesi cenderung semakin kecil. Secara umum, perubahan kohesi batuan turun linear terhadap kenaikan derajat pelapukannya, dengan model regresi $y = -9,7911x + 69,015$ ($R^2 = 0,8606$; $n = 52$). Demikian halnya dengan perubahan sudut geser dalam yang secara umum juga menunjukkan penurunan nilai terhadap kenaikan derajat pelapukannya dan membentuk pola perubahan yang juga linear ($y = -4,7845x + 39,82$; $R^2 = 0,8775$; $n = 52$).



Gambar 5 Grafik kecenderungan perubahan nilai berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam batulempung Formasi Subang pada setiap perbedaan derajat pelapukannya

6 Kestabilan lereng pada batulempung Formasi Subang

Pada lereng yang panjangnya terhingga, seperti lereng penggalian dan penimbunan buatan (*cut and fill*), permukaan keruntuhan (bidang gelincir) akibat adanya potensi ketidakstabilan (longsoran) umumnya akan melengkung. Beberapa peneliti berpendapat bahwa permukaan yang melengkung ini adalah bagian dari busur lingkaran. Namun, permukaan bidang gelincir umumnya cenderung menunjukkan kombinasi dari busur lingkaran dan spiral log, yang berbentuk agak lonjong dengan busur-busur yang relatif datar pada kedua ujungnya dan busur yang lebih tajam di bagian dalam. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng batulempung Formasi Subang adalah metode modifikasi Bishop dengan bantuan perangkat lunak Stable V-1.0 yang dibuat oleh Bektas dan Bosscher (1995). Hadirnya rekahan yang cukup intensif pada batuan ini memungkinkan penggunaan pendekatan yang sama dengan tanah dalam melakukan analisis kestabilan lereng batuan.

Analisis kestabilan lereng disimulasikan pada model lereng yang curam hingga tegak (60^0 dan 90^0), dengan beda tinggi 3 dan 6 m. Pada aktivitas pemotongan

lereng dengan kemiringan dan ketinggian tersebut, umumnya dibutuhkan sistem perkuatan lereng. Di samping itu, analisis kestabilan lereng juga didasarkan pada asumsi bahwa lereng tersusun atas material yang homogen (dalam hal ini digunakan nilai sifat keteknikan batuan dengan derajat pelapukan II) dan tidak homogen (adanya fenomena variasi derajat pelapukan). Hasil analisis ini secara umum terangkum dalam Tabel 3. Tampak lereng dengan sudut 60^0 , dengan beda tinggi 3 m, dengan asumsi lereng tersusun atas material yang homogen – lereng tersebut dapat dikatakan dalam keadaan stabil (nilai FS sekitar 1.273 - 1.452). Tetapi, apabila lereng dianalisis dengan memasukkan fenomena variasi derajat pelapukan yang mempengaruhi nilai parameter dasar untuk analisis kestabilan lereng, terlihat bahwa secara umum lereng berada dalam kondisi kritis (nilai FS sekitar 1.118 - 1.287). Untuk itu diperlukan sistem perkuatan lereng tertentu guna meningkatkan nilai faktor keamanan lereng tersebut sehingga lereng dapat dikatakan dalam kondisi stabil. Hubungan tersebut juga berlaku untuk model-model lainnya; terdapat perbedaan nilai faktor keamanan yang cukup berarti antara anggapan bahwa lereng tersusun atas material yang homogen terhadap lereng dengan memperhitungkan adanya fenomena variasi derajat pelapukan batuan.

Tabel 3 Nilai FS hasil simulasi untuk berbagai model lereng pada batulempung Formasi Subang

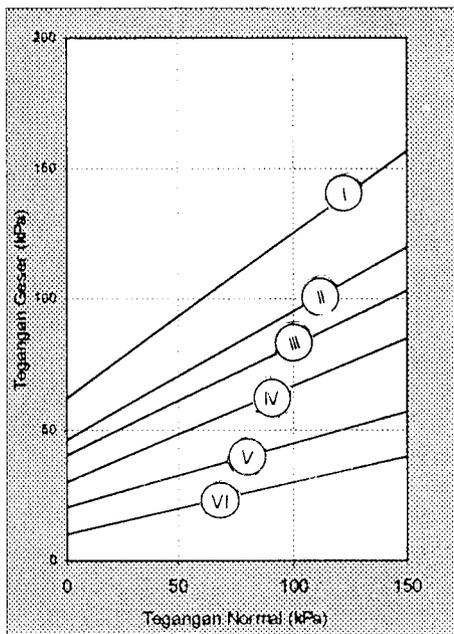
Sudut Lereng 60°				Sudut Lereng 90°			
Tinggi Lereng 3 m		Tinggi Lereng 6 m		Tinggi Lereng 3 m		Tinggi Lereng 6 m	
A	B	A	B	A	B	A	B
1,452	1,287	1,283	1,142	1,121	0,906	0,914	0,773
1,399	1,232	1,230	1,065	1,086	0,911	0,835	0,671
1,416	1,118	1,167	0,974	1,012	0,842	0,812	0,628
1,273	1,143	1,125	0,955	0,974	0,811	0,767	0,586
1,441	1,203	1,184	1,032	1,027	0,877	0,822	0,643

Simulasi hanya dilakukan pada beberapa data yang mewakili nilai maksimum, rata-rata, dan nilai minimum; A : batuan dianggap homogen; B : batuan tidak homogen (terdapat variasi derajat pelapukan I hingga VI)

7 Pelapukan batuan dan desain perkuatan lereng

Evaluasi terhadap suatu desain perkuatan lereng dalam kaitannya dengan perubahan perilaku sifat keteknikan batuan perlu dilakukan (Irsyam, dkk., 1998; Gartung, 1986), dan salah satu penyebab perubahan perilaku sifat keteknikan batuan adalah pelapukan.

Hasil analisis beberapa sifat keteknikan batulempung Formasi Subang yang merupakan parameter dasar dalam analisis kestabilan lereng memperlihatkan bahwa parameter tersebut mengalami perubahan secara berarti apabila dikaitkan dengan perbedaan derajat pelapukannya. Hal ini tentunya akan berpengaruh pula pada perubahan nilai kuat geser dan besarnya deformasi pada batuan. Besarnya pengaruh derajat pelapukan batulempung Formasi Subang terhadap perubahan nilai rata-rata kuat geser batuan dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6 Grafik tegangan geser sebagai fungsi dari perubahan derajat pelapukan batulempung Formasi Subang

Untuk menyusun perencanaan desain sistem perkuatan lereng pada jenis batulempung yang mudah hancur dan mudah mengembang, beberapa peneliti terdahulu juga telah merekomendasikan suatu parameter desain untuk jangka panjang. Gartung (1986) merekomendasikan parameter kuat geser dengan nilai kohesi 20 kPa dan sudut geser dalam 20°. Stark dan Duncan (1991), berdasarkan hasil pengujian triaksial, mengusulkan penggunaan parameter kohesi 0 kPa dan sudut geser dalam 25° untuk desain jangka panjang. Kedua peneliti tersebut merekomendasikan parameter desain untuk seluruh massa batulempung dalam analisis kestabilan lereng. Tetapi, mengingat konstruksi perkuatan lereng juga akan berfungsi untuk menutup (membungkus) massa batuan, maka penggunaan parameter yang diusulkan tersebut akan menghasilkan desain yang cukup konservatif. Karena itu, Irsyam dkk. (1998) mengemukakan bahwa parameter desain jangka panjang sebaiknya tidak digunakan untuk seluruh massa batuan, melainkan hanya pada lapisan permukaan saja (*heavily weathered*), yaitu setebal 1,0 hingga 5,0 m, dengan nilai kohesi 7 kPa dan sudut geser dalam 24°. Untuk lapisan di bawahnya, digunakan parameter batulempung (*slightly weathered*) dengan nilai kohesi 50 kPa dan sudut geser dalam 24°.

Dalam penelitian ini, variasi derajat pelapukan lebih didetailkan, yaitu dari batuan segar hingga tanah residu. Terlihat bahwa variasi parameter desain untuk jangka panjang juga dapat didekati dengan mengenali variasi derajat pelapukannya. Dengan demikian, dengan mengetahui variasi derajat pelapukan batuan, perencanaan (pemilihan) desain perkuatan lereng dapat dilakukan secara lebih tepat dan efektif.

9 Kesimpulan

Proses pelapukan batulempung Formasi Subang di daerah Kawarang Selatan dapat terlihat hingga kedalaman 8,6 m. Secara deskriptif, batuan ini dapat dibedakan atas enam derajat pelapukan, yaitu derajat

pelapukan I (batuan segar), derajat pelapukan II (lapuk ringan), derajat pelapukan III (lapuk sedang), derajat pelapukan IV (lapuk kuat), derajat pelapukan V (lapuk sempurna), dan derajat pelapukan VI (tanah residu). Terdapat hubungan yang berarti antara beberapa sifat keteknikan batuan (yang merupakan parameter dasar dalam analisis kestabilan lereng) terhadap variasi derajat pelapukannya. Setiap derajat pelapukan tertentu akan memiliki nilai berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam tertentu pula. Mengingat bahwa konstruksi perkuatan lereng juga akan berfungsi untuk menutup (membungkus) massa batuan, maka penggunaan parameter desain jangka panjang dengan mempertimbangkan fenomena variasi derajat pelapukan batuan perlu dilakukan dan pemilihan desain (jenis) perkuatan lereng dapat dilakukan secara lebih tepat dan efisien.

10 Ucapan terima kasih

Penelitian ini dibiayai oleh dana penelitian SPP/DPP - ITB Tahun Anggaran 1996/97. Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada Prof. Sampurno dan Ir. Bando M.Sc. yang telah banyak memberikan saran penting dalam penulisan makalah ini, serta rekan-rekan dan karyawan Laboratorium Geologi Teknik, Jurusan Teknik Geologi FIKTM - ITB atas diskusi dan segala bantuannya.

11 Daftar pustaka

1. Beavis, F. C., Roberts, F. I., dan Minskaya, L., Engineering aspects of weathering of low grade metapelites in an arid climatic zone, *Q. J. Eng. Geology*, **15**, 29-45, (1992).
2. Bektas, H. dan Bosscher, P. J., *Stable Version 1.0*, a computer program for slope stability analysis, University of Wisconsin-Madison, (1995).
3. Dearman, W. R., Baynes, F. J., dan Irfan, T. Y., Engineering grading of weathered granit, *Eng. Geology*, **12**, 345-374, (1978).
4. Gartung, E., Excavation in hard clay of the Keuper Formation, *Proc. of Symp. Geoth. Eng. Div.*, Seattle, Washington, 69-83 (1986).
5. Hemawan, Sifat fisik dan keteknikan lempung Formasi Subang (Msc) dan endapan vulkanik tua (Qob dan Qos) di daerah Kalijati, *Pros. Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) ke-22 Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI)*, 407-415, (1992).
6. Irsyam, M., Hutapea, B. M., Tatang, A. H., dan Tami, D., Peranggulangan kelongsoran pada galian di batuan shale di lokasi Valve Chamber PLTA Tulis, *Pros. Sem. Geoteknik di Indonesia Menjelang Milenium ke-3*, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, IV.43-IV.53, (1998).
7. Karpuz, C. dan Pasamehmetoglu, A. G., Field characteristics of Ankara andesites, *Eng. Geology*, **1**, 39-46, (1997).
8. Knill, J. L. dan Jones, K. S., The recording and interpretation of geological condition in the Roseires, Kariba and Latiyan dams, *Geotechnique*, **15**, 94-125, (1965).
9. Krank, K. D. dan Watters, R. J., Geotechnical properties of weathered Sierra Nevada Granodiorite, *Bull. Int. Assoc. Eng. Geologists*, **20**, 173-184, (1983).
10. Little, A. L., The engineering classification of residual tropical soil, *Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, Mexico, **1**, 1-10, (1969).
11. LPM - ITB, Studi geologi teknik dan lingkungan di daerah P. T. Pertiwi Lestari pada Kawasan Industri Bukit Indah Barat, *Laporan Akhir - Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat - Institut Teknologi Bandung*, 94 hal., (1995), tidak dipublikasikan.
12. Martodjojo, S., Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat, *Disertasi Program Doktor Institut Teknologi Bandung*, 396 hal., (1984), tidak dipublikasikan.
13. Ruxton, B. P. dan Berry, L., Weathering of granit and associated erosional features in Hong Kong, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **68**, 1263-1292, (1957).
14. Sadisun, I. A., Assegaf, A., dan Purwanto, Identifikasi sifat mengembang betulempung Formasi Subang dan tanah pelapukannya melalui pendekatan statistik, *Pros. Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) ke-26 Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI)*, 1029-1033, (1997).
15. Sadisun, I. A., Rochaddi, B., dan Abidin, D. Z., Pengaruh perubahan derajat pelapukan batuan terhadap beberapa karakter perubahan sifat keteknikan batuan; Sebuah studi kasus pada batulempung Formasi Subang, *Pros. Sem. Geoteknik di Indonesia Menjelang Milenium ke-3*, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, IV.33-IV.40, (1998).
16. Stark, T. D. dan Duncan, J. M., Mechanism of strength loss in stiff clays, *J. of Geotechnical Eng.*, **117**, 139-154 (1991).
17. Sudana, D. dan Achdan, A., *Peta Geologi Lembar Karawang, Jawa*, Puslitbang Geologi, Indonesia, (1992).
18. van Bemmelen, R. W., *The Geology of Indonesia*, Vol. 1A, Martinus Nijhoff, The Hague, (1949), 732 hal.