LAPORAN

PENELITIAN DOSEN

ISTN

KARAKTERISTIK PROPERTIES *CLAY SHALE* HAMBALANG JAWA BARAT DAN SEMARANG BAWEN JAWA TENGAH

Tim Peneliti

Ketua : Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

NIDN : 0316016101

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
2016

PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN

1	Judul Penelitian	:	KARAKTERISTIK PROPERTIES *CLAY SHALE* HAMBALANG JAWA BARAT DAN SEMARANG BAWEN JAWA TENGAH
2	Ketua Peneliti	:	
	a. Nama Lengkap	:	Ir. Idrus M. Alatas M.Sc
	b. Jenis Kelamin	:	Laki-laki
	c. NIP	:	11860032
	d. Disiplin ilmu	:	Geoteknik (Teknik Sipil)
	e. Pangkat/Golongan	:	Lektor /III d
	f. Jabatan	:	Dosen
	g. Fakultas/Prodi	:	Teknik Sipil dan Perencanaan / Teknik Sipil
	h. Alamat	:	Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah Jak-Sel.
	i. Telpon/Faks/E-mail	:	0218410387/hb_idrus@yahoo.com
3	Anggota Peneliti	:	-
4	Lokasi Penelitian	:	Hambalang, Jawa Barat dan Semarang-Bawen , Jawa Tengah
5	Jumlah biaya	:	Rp.15.000.000,-

Jakarta, November 2016

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil

Ir. Marsiano, MT

Ketua Peneliti

Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

Menyetujui,
Ketua LP2M – ISTN

DR. Ir. Syamsul Elyumin MSc

DAFTAR ISI

	Isi	**Halaman**
	Daftar isi	i
	Kata Pengantar	iv
	Daftar Gambar	v
	Daftar Tabel	ix
	Abstrak	x
BAB 1	**PENDAHULUAN**	**1**
1.1	Latar Belakang Penelitian	2
1.2	Pernyataan Masalah	3
1.3	Tujuan dan Objek Penelitian	5
1.4	Lingkup Penelitian	6
1.5	**Kepentingan Penelitia**	7
1.6	Susunan Pembahasan Penelitian	8
BAB 2	**STUDI LITERATUR**	**9**
2.1	Perilaku Clay Shale	9
2.1.1	Perubahan Fisik Clay Shale	10
2.1.2	Perubahan Sifat-Sifat Indeks	14
BAB 3	**METODOLOGI PENELITIAN**	**16**
3.1.	Pedahuluan	16
3.2	Disain dan Diagram Alir Penelitian	17
3.3	Metode Pengambilan Contoh Tanah Uji Triaksial	19

3.4	Uji Laboratorium Mekanik Tanah	21
3.4.1	Uji Sifat-Sifat Indek Clay Shale	21
3.4.2	Proses Pelapukan di Laboratorium	21
3.4.3	Uji Ratio Disintegritas (*Disintegration Ratio Test*)	24
3.5	Uji Kimia, Uji Mineral dan scaning elektro magnetic (SEM)	25
3.6	Jangkaan Hasil Laboratorium	25
3.7	Jenis dan Lokasi Laboratorium Penguji	27
BAB 4	**UJI PENDAHULUAN CLAY SHALE DI LAPANGAN DAN DI LABORATORIUM**	**28**
4.1	Pendahuluan	28
4.2	Hasil Uji di Lapangan	28
4.2.1	Topografi	28
4.2.2	Penelitian Geologi	31
4.2.3	Pengeboran	**33**
4.2.4	Standard Penetration Test (SPT)	37
4.3	Uji Awal di Laboratorium	37
4.3.1	Sifat-sifat Indeks	39
4.3.2	Sifat Fisik	44
4.3.3	Sifat Mekanik Dengan Uji Triaksial Tak Tersalir (UU)	46
4.3.3.1	Perilaku Tegangan Regangan Uji Triaksial Clay Shale Tak Jenuh	46
4.3.3.2	Perilaku Tegangan Regangan Ujian Triaksial Dengan Metode Tahap berbilang	46
4.3.4	Mineralogi dan Pengimbasan Mikrolingkup Electron (SEM)	48
BAB 5	**KESIMPULAN DAN SARAN**	**52**
5.1	Kesimpulan	52
5.1	Saran	53
	Daftar Putaka	54

Lampiran 57

KATA PENGANTAR

Dengan mewujudkan rasa syukur kepada Allah swt, alhamdulillah penelitian ini selesai kami kerjakan dan di susun dalam laporan penelitian ini. Penelitian bertemakan karakteristik properties dari clay shale yang didapat dari dua formasi yang berbeda di P.Jawa. Kami bersyukur bahwa ini dalam penelitian ini didapat suatu temuan yang baru dan sangat bermanfaat dalam melanjukan seri penelitian clay shale selanjutnya,

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terus menerus mensuport kami dalam hal penelitian ini. Terutama kepada rekan kerja kami yang mendukung dan sangat membantu dalam mensukseskan penelitian ini.

Kami sadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, namun adalah suatu titik awal yang sangat baik untuk mengembangkannya dimasa depan. Untuk itu mau berharap masukkannya dari rekan rekan seprofesi untuk menyumbang saran agar dapat menyempurnakan penelitian ini berkembang dimasa depan.

Semogan Allah swt selalu memberikan kekuatan kepada kita semua untuk terus menjalankan penelitian yang bermanfaat untuk perkembangan teknologi dimasa depan.

Peneliti

Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

DAFTAR GAMBAR

Gambar No	JUDUL GAMBAR	Hal
Gambar 1.1	Keruntuhan lereng apabila permukaan clay shale terbuka setelah dilakukan pemotongan lereng (Alatas, 2012)	2
Gambar 1.2	Tanah runtuh terjadi apabila bidang keruntuhan telah terbentuk pada masa lalu (Irsyam *et al.*, 2011)	3
Gambar 1.3	Tanah runtuh terjadi apabila bidang keruntuhan telah terbentuk pada masa lalu (Irsyam *et al.*, 2011)	4
Gambar 1.4	Perubahan bentuk fisik clay shale dari masa ke masa (Irsyam *et al.*, 2011)	4
Gambar 1.5	Lokasi Pusat Pendidikan Olah Raga Hambalang, Sentul, Jawa Barat (Geoinves, 2010)	6
Gambar 1.6	Keruntuhan lereng clay shale di projek jalan Tol Semarang Ungaran Bawen seksi STA 19+250 (Himawan, 2011)	6
Gambar 2.1	Perilaku lempung-batuan dasar di lapangan (Nandi dan Shakoor, 2008)	10
Gambar 2.2	Ilustrasi perubahan batu lempung terhadap masa akibat proses pelapukan (Sadisun *et al.*, 2010)	11
Gambar 2.3	Distribusi ukuran butiran sampel yang hancur di laboratorium terhadap empat jenis lempung batuan dasar (Shakoor dan Tej, 2011)	12

Gambar 2.4	Indeks ketahanlasakan dari clay shale dibandingkan dengan batu lempung, batu lumpur dan batu lanau (Shakoor dan Tej, 2011; Shakoor dan Gautam, 2015)	12
Gambar 2.5	Perubahan fisik clay shale dan lainnya akibat pelapukan (Shakoor dan Tej, 2011)	13
Gambar 2.6	Perubahan distribusi ukuran butiran akibat sampel yang hancur (*slake*) setelah 1, 3, 6, dan 9 bulan (Shakoor dan Tej, 2011)	13
Gambar 3.1	Diagram alir kerja penelitian clay shale	18
Gambar 3.2	Metode Pengambilan Contoh Tanah tak terganggu pada lapangan untuk uji triaksial di laboratorium	19
Gambar 3.3	Pengembangan acuan teras yang boleh terbelah (*split single core barrel*) (a), pelepasan kepala acuan teras (b), hasil sampel clay shale (c), sampel clay shale dibalut plastik hitam (d), sampel clay shale dimasukkan dalam PVC siap dihantar ke laboratorium (e).	20
Gambar 3.4	Uji pengukuran perubahan isi sampel (a) dan ruang pengeringan (b)	23
Gambar 4.1	Rencana jalan tol trans Jawa, dari Merak ke Banyuwangi (Wikipedia, 2015)	30
Gambar 4.2	Peta topografi lapangan Semarang-Bawen dari STA 19+000 hingga STA 19+775 (Himawan , 2011)	30
Gambar 4.3	Keruntuhan lereng pada STA 19+250 Jalan Tol Semarang-Bawen, Jawa Tengah (Himawan, 2013)	31
Gambar 4.4	Keadaan *Physiograpic* Regional Pulau Jawa dan Madura (Van Bemmelen, 1970)	32
Gambar 4.5	Peta geologi Hambalang, Jawa Barat dan sekitarnya (a), serta peta geologi Semarang-Bawen Jawa Tengah (b) (Effendi A, 1974; Thanden *et al.,* 1996)	33
Gambar 4.6	Lokasi titik uji pengeboran dilokasi galian dan urugan (Suparman, 2013; UNDIP, 2013)	34
Gambar 4.7	Log gerudi hasil,uji titik BH-4 sebelum galian dikerjakan (a) (Petrosol, 2012; UNDIP, 2013), (b) BH-1 setelah terjadi keruntuhan lereng di Semarang-Bawen	35

	STA 19+250 oleh Laboratorium Mekanik Tanah (UNDIP, 2013).	
Gambar 4.8	Dalam titik DB-3 Hambalang sebelum galian untuk pekerjaan jalan (Geoinves, 2010)	36
Gambar 4.9	Uji di laboratorium mekanik tanah Geoinves di Jakarta (Geoinves, 2014)	38
Gambar 4.10	Unit berat jenuh (γ_{sat}), berat isi (γ) dan unit berat kering (γ_d) clay shale Semarang-Bawen semasa awal penyediaan sejumlah 58 sampel	40
Gambar 4.11	Kadar air awal semasa awal pembuatan sampel clay shale Semarang-Bawen berjumla 58 sampel.	40
Gambar 4.12	Unit berat jenuh (γsat), berat isi (γ) dan unit berat kering (γd) clay shale Hambalang semasa terbitan asal sejumlah 66 sampel	42
Gambar 4.13	Kadar air asal semasa terbitan asal sampel clay shale Hambalang pada awal pembuatan 66 sampel	42
Gambar 4.14	Hasil sampel tak terganggu clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang di dalam ruang pengeringan	44
Gambar 4.15	Distribusi ukuran butiran clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang	45
Gambar 4.16	Perilaku tegangan regangan dari ujian triaksial mula-mula dengan tahap berbilang pada tegangan sisa. (a) Pada keadaan tegangan puncak dan tegangan sisa tanpa pelepasan tegangan Sampel H-1, H-2 dan (b) pada tegangan sisa dengan pelepasan tegangan Sampel H-2	47
Gambar 4,17	(a) Tegangan regangan pada ujian triaksial tahap berbilang clay shale Hambalang (H-88) pada keadaan tegangan puncak dengan tahap berbilang dan (b) pada clay shale Semarang-Bawen (S-86) pada keadaan puncak dan keadaan tegangan sisa tanpa pelepasan tegangan	48
Gambar 4.18	Hasil uji mineralogi clay shale Semarang-Bawen dengan XRD (LEMIGAS, 2015)	49

Gambar 4.19	Hasil uji mineralogi clay shale Hambalang dengan XRD (LEMIGAS, 2015)	49
Gambar 4.20	Hasil scaning elektro magnetic (SEM) clay shale Semarang-Bawen dengan pembesaran 4,500X dan 9,000X. (LEMIGAS, 2015)	50
Gambar 4.21	Hasil scaning elektro magnetic (SEM) clay shale Hambalang dengan pembesaran 1,800X dan 2,200X (LEMIGAS, 2015)	50

DAFTAR TABEL

Tabel No	JUDUL TABEL	Hal
Tabel 3.1	Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (1 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)	23
Tabel 3.2	Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (2 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)	24
Tabel 3.3	Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (3 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)	24
Tabel 3.4	Pengujian Awal di laboratorium	25
Tabel 3.5	Uji laboratorium pada proses pelapukan pengeringan	26
Tabel 3.6	Jenis uji laboratorium pada proses pelapukan pembasahan dan pengeringan	26
Tabel 4.1	Jenis uji awal di laboratorium clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang	34
Tabel 4.2	Hasil uji graviti tentu clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang	43
Tabel 4.3	Hasil uji batas Atterberg clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang	43
Tabel 4.4	Hasil uji sifat indeks dan sifat fisik clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang	45
Tabel 4.5	Kadar mineral clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang (LEMIGAS, 2015)	51

ABSTRAK

Clay shale dalam keadaan awal adalah merupakan batuan lempung yang memiliki kekuatan geser yang tinggi. Pengaruh pelapukan terhadap clay shale yang terkena kepada atmosfera dan hidrosfera menyebabkan kekuatan geser clay shale berkurang sangat signifikan. Permasalahan ini yang menjadikan penyebab banyak terjadi kegagalan pada lereng di tanah clay shale. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan properties akibat pengaruh pelapukan melalui proses pengeringan serta siklus pembasahan dan pengeringan dilakukan di laboratorium. Untuk mengetahui tujuan penelitian maka dilakukan proses pengeringan clay shale selama 80 hari, manakala delapan siklus proses pembasahan dan pengeringan adalah dalam waktu 32 hari dengan pembasahan selama 5 menit dilakukan setiap 4 hari sekali. Uji triaksial clay shale tak jenuh dan jenuh dari pengaruh proses pelapukan tersebut dilakukan pada setiap 8 hari. Sampel clay shale diperoleh dengan suatu pengembangan pengambilan sampel clay shale tak terganggu melalui uji galian dengan coring yang terbelah dua '*split single core* barrel'. Properties clay shale yang dominasi mineralnya smectit seperti clay shale dari Semarang Bawen, memiliki perbadaan sifat fisik terhadap pelapukan dibandingkan dengan clay shale dari Hambalang Jawa Barat yang dominasi mineralnya kaolinite dan tidak terdapat smectit.

ABSTRACT

Clay shale in its natural state is a clay rock that has a high shear strength. Weathering effects of shale clay that is exposed to the atmosphere and hydrosphere causes shear strength of clay shale reduced very significantly. This is what makes many causes of failure on a slope in the land of clay shale. This study aims to determine the properties reduction due to the effects of weathering through the process of drying and wetting and drying cycles carried out in the laboratory testing. To find out the purpose of the study was conducted drying process for 80 days of clay shale, while eight cycles of wetting and drying process is within 32 days of wetting for 5 minutes was performed once every 4 days. Triaxial test unsaturated and saturated clay shale from the effects of weathering process is performed on each 8 days. Clay shale samples obtained by sampling the development of shale clay minerals undisturbed through the test with a split single core barrel.. The clay shale properties with mineral dominance such as clay shale from Semarang Bawen, have different physical properties of weathering compared to clay shale from Hambalang, West Java, which is dominated by mineral kaolinite and no smectite.

BAB 1

PENDAHULUAN

Shale adalah batuan elastik sedimen halus yang terdiri daripada campuran lumpur yang mempunyai kepingan mineral lempung dan serpihan kecil (lanau berukuran butiran) mineral lain, terutamanya Kuarza dan Kalsit. Ratio lempung terhadap mineral lain adalah berbeda (Blatt dan Robaert,1996). Shale mempunyai ciri-ciri berupa patahan memanjang berbentuk lamina tipis atau lapisan berlapis berketebalan kurang daripada 1 cm yang dipanggil '*fissility* (Blatt dan Robaert, 1996). Ciri '*fissility*' ini tidak terdapat pada batu lumpur lain yang berkomposisi sama. Sepertiga hingga dua pertiga kadar batu lumpur adalah butiran lanau berukuran lebih kecil daripada 0.06 mm. Sedangkan kurang daripada sepertiga kadar batu lempung adalah butiran lanau. Batuan dengan ukuran butiran yang sama tetapi dengan sedikit lempung atau lebih dua pertiga kadar butiran lanau disebut sebagai batu lanau.

Perilaku rekayasa utama clay shale amat sukar difahami karena akan menjadi lempung lunak (lumpur) apabila terbuka kepada sinar cahaya matahari, udara dan air dalam masa yang agak singkat. Walau bagaimanapun lapisan clay shale yang dilindungi dengan lapisan tanah yang cukup tebal mempunyai kekuatan geser sangat baik. Perubahan sifat clay shale yang masih belum difahami ini telah mendorong penelitian dilakukan ke atas clay shale yang sukar terbuka mengalami proses pelapukan dan penurunan kekuatan melalui kerja galian.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Beberapa kasus kerusakan infrastruktur bangunan akibat keruntuhan lereng di Indonesia berpunca daripada kelemahan struktur tanah clay shalenya. Keruntuhan lereng progresif telah diketahui dalam kejadian tanah runtuh seperti di Jalan Tol Cipulang (Irsyam *et al.*, 2007), Pusat Pendidikan Olah raga Hambalang Sentul Bogor (Alatas, 2010) dan Jalan Tol Unggaran-Bawen, Jawa Tengah (Himawan, 2011). Penelitian terperinci yang kurang terhadap kasus-kasus tanah runtuh ini telah menyebabkan para engineer membuat kekeliruan dalam disain rekayasa struktur bangunan.

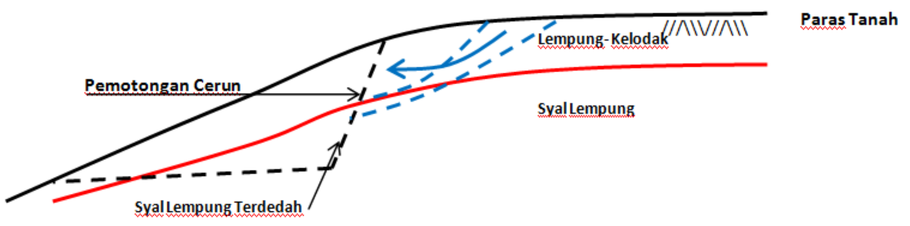
Penyebab tanah runtuh pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 dapat menggambarkan latar belakang permasalahan penelitian ini sebagai berikut:

(1) Kelemahan perencana skestabilan lereng di tanah clay shale yang menyebabkan tanah runtuh adalah berpunca daripada kekeliruan dalam penentuan parameter kekuatan geser.

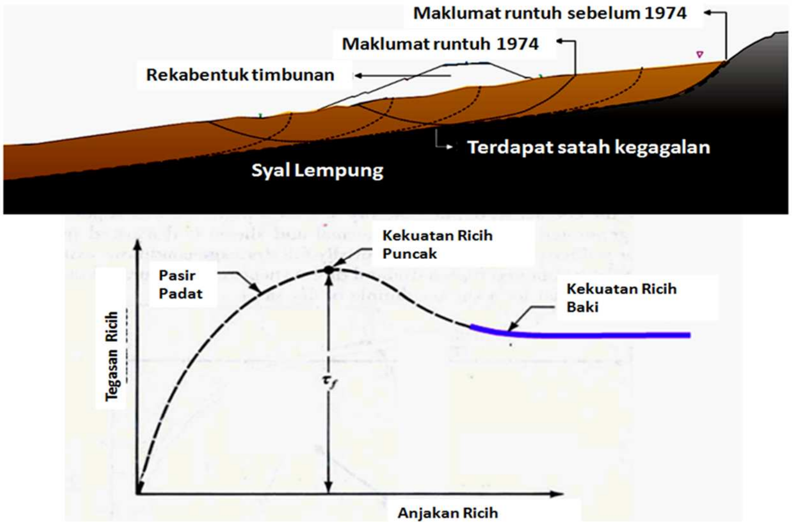
(2) Proses pelapukan clay shale bergantung kepada mineral utama dalam clay shale, dan bagaimana proses pelapukan itu terjadi.

(3) Semakin lama tanah clay shale terbuka kepada udara, cahaya matahari dan pembasahan akibat hujan sehingga terjadi proses pelapukan, maka semakin rendah nilai ratio disintegritas (D_R). Manakala semakin lama proses pengeringan dan pembasahan dilakukan, maka D_R semakin kecil.

(4) Sebelum ini, perencana skestabilan lereng di lokasi yang pernah mengalami tanah runtuh tidak dapat dibuat berdasarkan ujian laboratorium mekanik tanah yang standar.



Gambar 1.1 Keruntuhan lereng apabila permukaan clay shale terbuka setelah dilakukan pemotongan lereng (Alatas, 2012)

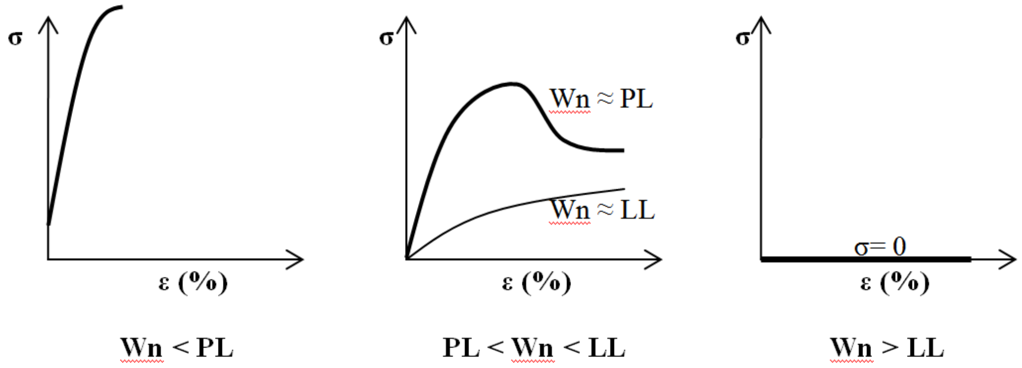


Gambar 1.2 Tanah runtuh terjadi apabila bidang keruntuhan telah terbentuk pada masa lalu (Irsyam *et al.*, 2011)

Clay shale sering dijumpai dalam struktur tanah di Indonesia khususnya di Jawa Barat, Jawa Tengah dan daerah lain di Indonesia. Tanah jenis ini memiliki kekuatan geser yang tinggi pada kedalaman tertentu walaupun dibebani oleh lapisan timbunan atas. Namun, kekuatan gesernya akan cepat menurun apabila ia terbuka kepada atmosfir atau hidrosfir.

1.2 Pernyataan Masalah

Perubahan bentuk fisik clay shale sangat berbeda dengan lempung yang lain terutama terhadap pengaruh pengeringan dan pembasahan. Jika terjadi penurunan kadar air akibat proses pengeringan, lempung biasanya akan menunjukkan perubahan fisik yang lebih kukuh (Holtz dan Wesley, 1981). Karena kekuatan geser lempung tersebut meningkat seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Pengaruh kadar air (w_n) pada lempung terhadap perubahan tegangan dan regangan lempung (Holtz dan Wesley, 1981)

Sebaliknya, apabila proses pengeringan ataupun pengeringan dan pembasahan terjadi, maka clay shale menjadi lebih lemah. Ini terjadi karena proses pelapukan melalui pengeringan dan pembasahan telah menyebabkan penurunan kekuatan geser clay shale. Dalam Gambar 1.4 di bawah, perubahan bentuk fisik clay shale yang melalui proses pengeringan dan pembasahan dilihat semakin terlapukan dan kekuatan gesernya semakin berkurang.

Gambar 1.4 Perubahan bentuk fisik clay shale dari masa ke masa (Irsyam *et al.*, 2011)

Kebanyakan penelitian clay shale yang lalu yang dibahas dalam Bab 2 menggunakan sampel tidak terganggu dan terganggu untuk mendapatkan kekuatan geser pada tegangan puncak dan tegangan sisa. Sampel-sampel tersebut diuji melalui ujian geser cincin (sampel terganggu) dan ujian geser kotak (sampel tidak terganggu) tanpa mengkaji pengaruh pelapukan. Oleh karenanya, dalam penelitian ini pengaruh

proses pelapukan clay shale dikaji lebih mendalam untuk mengetahui perubahan sifat-sifat indeks, fisik dan mekanik clay shale melalui data utama ujian di laboratorium. Sehingga kini belum ada penelitian seumpama ini boleh dijadikan rujukan untuk perencana skestabilan lereng yang mengambil kira proses perubahan kekuatan geser akibat pelapukan, pelepasan tegangan dan proses lereng runtuh progresif.

Sehubungan itu, penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan sifat-sifat clay shale secara holistik ini menggunakan hipopenelitian bahwa disain terdahulu telah menggunakan metode normal atas sifat-sifat lempung shale. Oleh karenanya, melalui penelitian ini parameter clay shale dapat dilihat secara terperinci. Parameter-parameter yang diperolehi melalui metode yang telah dirumuskan secara khusus dapat memberikan nilai sebenar untuk disain lereng pada masa akan datang. Ini diharapkan agar dapat mengatasi masalah engineer dalam disain lereng yang dipengaruhi oleh clay shale.

1.3 Tujuan dan Objek Penelitian

Penelitian ini dijalankan dengan tujuan untuk mengkaji kasus pelapukan terhadap perubahan properties clay shale. Hal ini berakibat pada kestabilan lereng yang mempunyai tanah clay shale di Pulau Jawa. Tujuan penelitian dicapai melalui tiga objektif berikut:

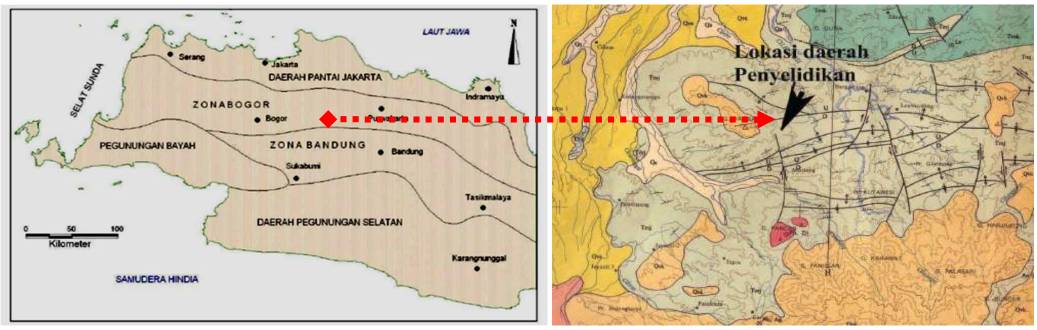
(1) Menentukan pengaruh pelapukan dari proses pengeringan dan siklus pembasahan dan pengeringan terhadap sifat indeks dan sifat fisik serta perilaku clay shale..

(2) Menentukan faktor utama terhadap perubahan properties clay shale akibat proses pelapukan pada dua clay shale yang diperoleh dari formasi yang berbeda

(3) Membuktikan bahwa faktor dominan mineral pembentuk clay shale berpengaruh terhadap sifat pengembangan dan penyusukan clay shale

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini akan dilakukan pada sampel tanah clay shale dari dua lokasi yang berbeda yaitu di Hambalang Sentul Jawa Barat seperti dalam Gambar 1.5 dan pada lokasi jalan tol Semarang Ungaran-Bawen, Jawa Tengah seperti dalam Gambar 1.6. Manakala penyelesaian masalah tanah runtuh yang terjadi pada pinggiran Jalan Tol Semarang Ungaran-Bawen pada STA 19+250 diambil sebagai penelitian kasus. Analisis yang digunakan dibatasi kepada metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method)* dengan metode unsur terhingga (*finite element method*) dan menggunakan perisian *Plaxis V.7*.



Gambar 1.5 Lokasi Pusat Pendidikan Olah Raga Hambalang, Sentul, Jawa Barat (Geoinves, 2010)

Gambar 1.6 Keruntuhan lereng clay shale di projek jalan Tol Semarang Ungaran Bawen seksi STA 19+250 (Himawan, 2011)

Untuk mencapai objektif (1), perubahan parameter sifat-sifat indeks dan fisik clay shale akibat proses pelapukan diambil dari beberapa lokasi tanah runtuh. Ujian sifat-sifat tersebut dilakukan dengan pemerhatian pada setiap jangka masa tertentu untuk mengetahui proses pelapukan. Pada jangka masa tersebut, proses pengeringan serta siklus pembasahan dan pengeringan sampel clay shale dilakukan di samping ujian perubahan sifat indeks clay shale seperti perubahan kadar air (w_n), perubahan berat unit (γ) dan angka pori (e). Perubahan pengembangan clay shale tak terganggu diamati semasa proses siklus pembasahan dan pengeringan hingga masa hancurnya sampel akibat pelapukan. Perubahan sifat fisik clay shale akibat pengeringan serta siklus pembasahan dan pengeringan dilakukan seperti perubahan ratio disintegritas (D_R) yang diperoleh daripada distribusi ukuran butiran (GSD) akibat pelapukan.

Kemudian, dalam objektif (2) perilaku perubahan properties clay shale akibat proses pelapukan sangat dipengaruhi oleh mineral dominan pembentuk clay shale tersebut. Untuk pembuktian ini, perlu dilakukan pengujian mineralogy dari 2 contoh clay shale yang diperoleh dari dua formasi yang berbeda

Kemudian dalam objektif (3), parameter pemuaian dan penyusukan clay shale akibat proses siklus pembasahan dan pengeringan akan berbeda perilakunya. Hal ini dibahas pengaruh mineral dominan kandungan clay shale memegang peran penting terhadap perilaku ini.

1.5 Kepentingan Penelitian

Daripada perkembangan tersebut, didapati penelitian laboratorium masa kini belum ada yang membuat penelitian serta penilaian tentang menurunnya kekuatan geser clay shale akibat pelapukan hari demi hari melalui proses pengeringan serta siklus pembasahan dan pengeringan melalui ujian triaksial unconsolidated undraned dalam keadaan tak jenuh dan jenuh. Dan sebab penurunan kekuatan geser clay shale tersebut erat kaitanya dengan perubahan properties clay secara mendasar akibat pelapukan .

.

1.6 Susunan Pembahasan Penelitian

Bab 1 adalah pendahuluan yang meliputi pembahasan tentang latar belakang, pernyataan masalah, tujuan dan objektif penelitian, lingkup penelitian dan kepentingan penelitian.

Seterusnya, Bab 2 membincangkan penelitian literatur berkaitan clay shale dari segi mineralogi, kimia, ciri-ciri kekuatan geser serta pengaruh pelapukan terhadap perubahan proserties clay shale.

Dalam Bab 3, metodologi penelitian dibahas dengan memuatkan diagram alir penelitian dan penjelasan tentang metode ujian laboratorium yang akan dilakukan. Manakala hasil awal ujian lapangan, ujian laboratorium mekanik tanah dan ujian laboratorium kimia, ujian scaning elektro magnetic (SEM) serta mineral dibahas dalam Bab 3.

Dalam Bab 4, hasil ujian sifat-sifat indeks properties dan fisik clay shale dibahas pada kondisi asli dan akibat proses pelapukan

Kemudian Bab 5 berupa kesimpulan dan saran penelitian lanjut.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Perilaku Clay Shale

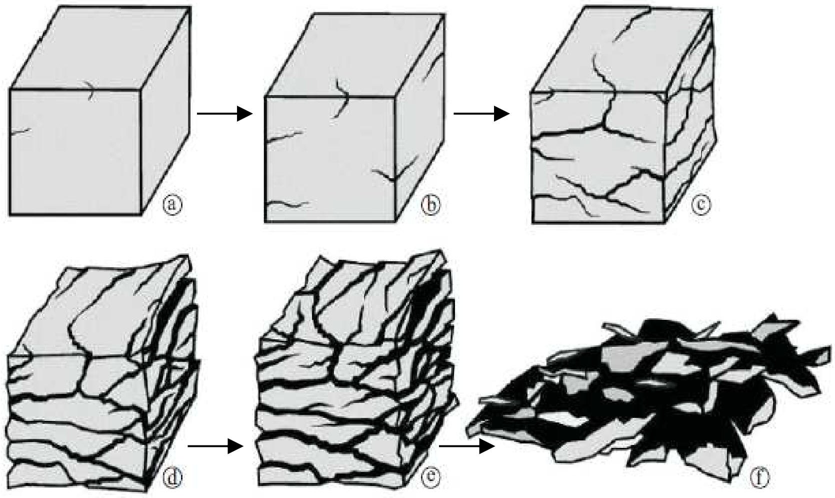
Banyak penelitian telah dilakukan mengenai keruntuhan lereng melalui penelitian lapangan ataupun penelitian di laboratorium, contohnya keruntuhan lereng di hulu empangan San Luis California yang disokong oleh tanah lempung kaku dan kering. Dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa kekuatan geser tanah lempung menurun dengan cepat pada kekuatan melemah penuh (*fully softened*) ketika tanah lempung basah (Timothy *et al.,* 1991). Manakala pada penelitian tanah lempung yang dikenakan beban berulang, kekuatan menurun secara bertahap daripada melemah sepenuhnya kepada nilai sisa. Tanah lempung yang sangat terkukuh (*overconsolidated*) biasanya bersifat stabil dan memiliki kekuatan geser bandingan yang tinggi dalam keadaan asalnya. Perubahan kimia semasa proses pelapukan mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser (Skempton, 1977). Ini bergantung pada kekuatan pelapukan, yaitu zon lemah akan berkembang pada lereng yang berpotensi menjadi tidak stabil. Di zon yang paling tinggi kekuatannya, gerakan kecil mulai terbentuk dan mengakibatkan pengurangan yang progresif dari kekuatan geser yang menyebabkan ketidakstabilan pada lereng (Irsyam *et al.,* 1999).

2.1.1 Perubahan Fisik Clay Shale

Perilaku rekayasa clay shale adalah suatu perihal yang sangat rumit. Jika clay shale terkena cahaya matahari, udara dan air, maka dalam waktu yang singkat akan terpelapukan dan berubah menjadi lempung lunak. Dari penelitian terdahulu (Shakoor dan Tej, 2011), clay shale adalah sebagian jenis lempung batuan dasar (*Clay-Bearing Rocks*), batu lempung, batu lumpur dan batu lanau (Nandi dan Shakoor, 2008) seperti dalam Gambar 2.1.

Gambar 2.1 Perilaku lempung-batuan dasar di lapangan (Nandi dan Shakoor, 2008)

Secara umumnya pelapukan dapat didefinisikan sebagai proses perubahan batuan yang terjadi di bawah pengaruh atmosfir dan hidrosfir. Perubahan tersebut boleh dalam bentuk disintegritas fisik dan penguraian kimia. Di kawasan iklim tropika, proses ini lebih sering terjadi berbanding keadaan iklim lainnya (Sadisun *et al.*, 2006). Gambar 2.3 di bawah ini adalah suatu ilustrasi proses kehancuran clay shale akibat pelapukan (Sadisun *et al.*, 2010).



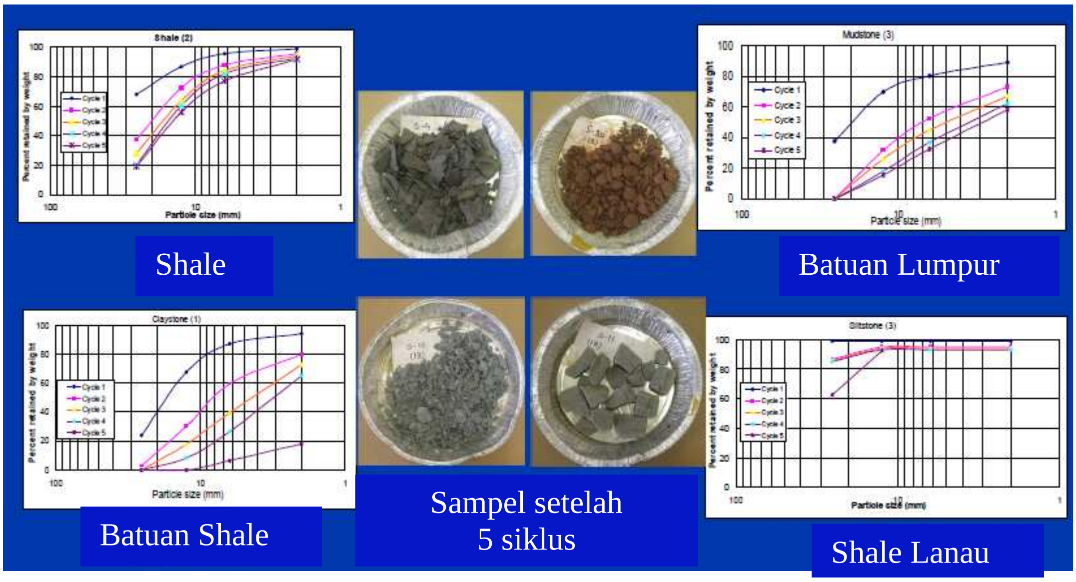
Gambar 2.2 Ilustrasi perubahan batu lempung terhadap masa akibat proses pelapukan (Sadisun *et al.*, 2010)

Terdapat parameter dari dua ujian yang seharusnya diketahui untuk jenis tanah ini, yang tidak diperlukan bagi tanah lempung lain yaitu:.

(i) Indeks ketahanlasakan (*Slake Durability Index*)

(ii) Ratio disintegritas (*Disintegration Ratio*)

Ujian indeks ketahanlasakan ini dilakukan di laboratorium hingga lima siklus (ASTM D 4644-87, 1989) dan hasil penelitian empat jenis batuan lempung yang dilakukan pelapukan dalam beberapa masa perubahan distribusi ukuran butiran (*grain size distribution*) terjadi dari masa ke semasa disebabkan oleh proses tersebut (Erguler dan Shakoor, 2009; Shakoor dan Tej, 2011; Shakoor dan Gautam, 2015). Gambar 2.3 menunjukkan perubahan distribusi ukuran butiran bagi empat penelitian tersebut. Dari gambar tersebut, ratio disintegritas (D_R) diperolehi daripada ratio luas di bawah lengkung distribusi ukuran butiran dengan luas jumlah menyeluruh lengkungan distribusi ukuran butiran. Gambar 2.4 pula menggambarkan indeks ketahanlasakan dari clay shale dibandingkan dengan batu lempung, batu lumpur dan batu lanau. Pengaruh perubahan cuaca terhadap perubahan distribusi ukuran butiran clay shale dan lainnya selama satu tahun (Shakoor dan Tej, 2011), telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.

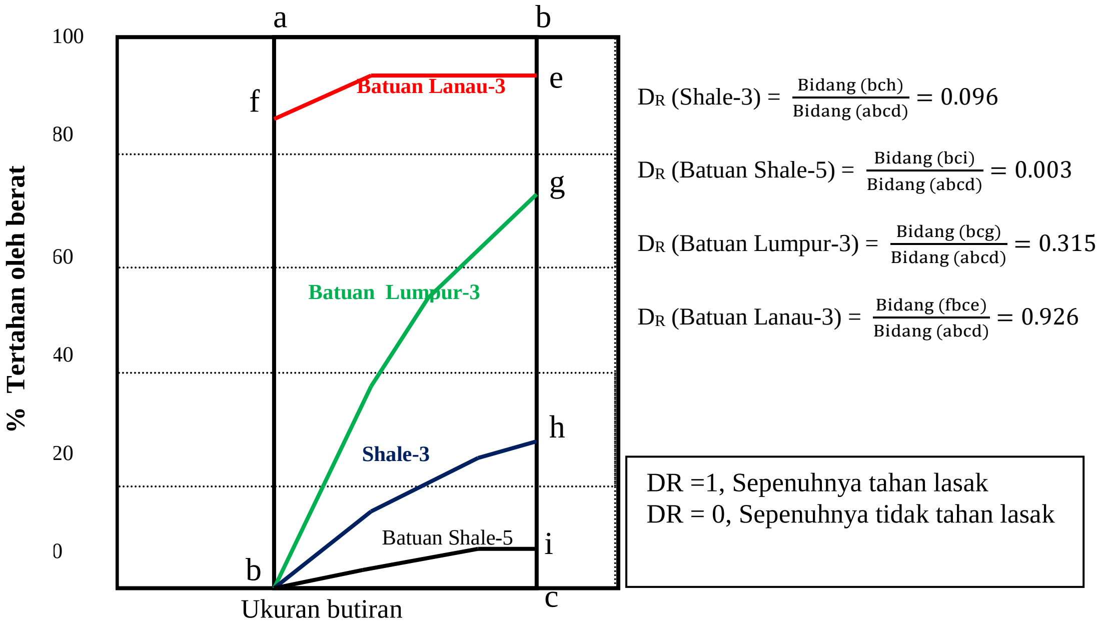


Gambar 2.3 Distribusi ukuran butiran sampel yang hancur di laboratorium terhadap empat jenis lempung batuan dasar (Shakoor dan Tej, 2011)

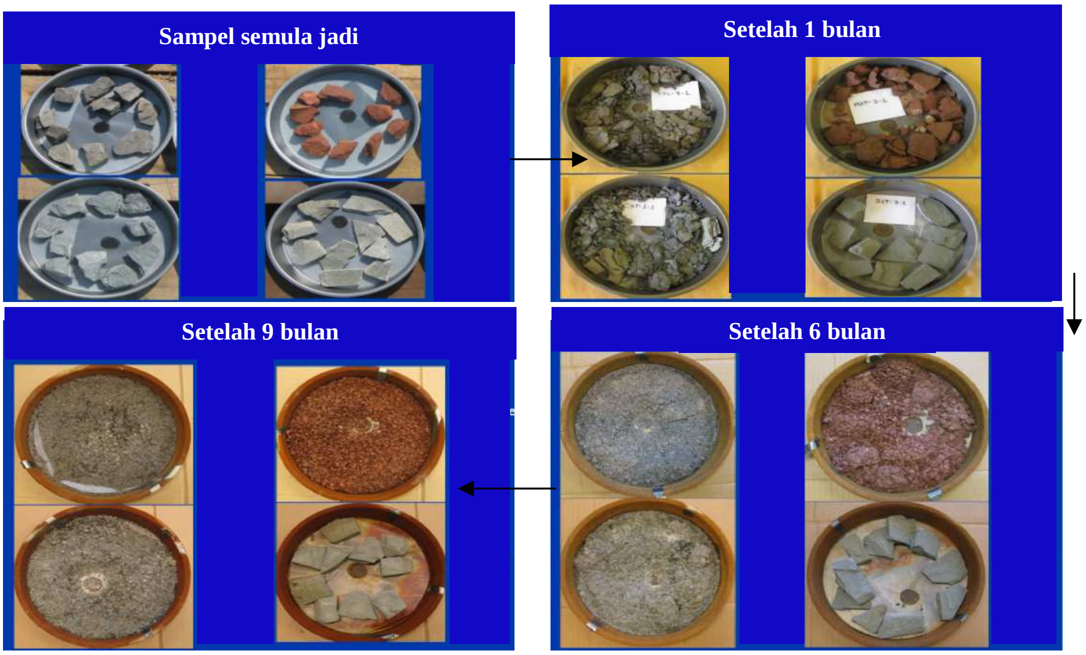
Dari gambar distribusi ukuran butiran, ratio disintegritas (D_R) yang diperolehi ialah:

$D_R = \frac{A_C}{A_T}$; di mana Ac = Luas dibawah lengkung distribusi ukuran butiran, dan

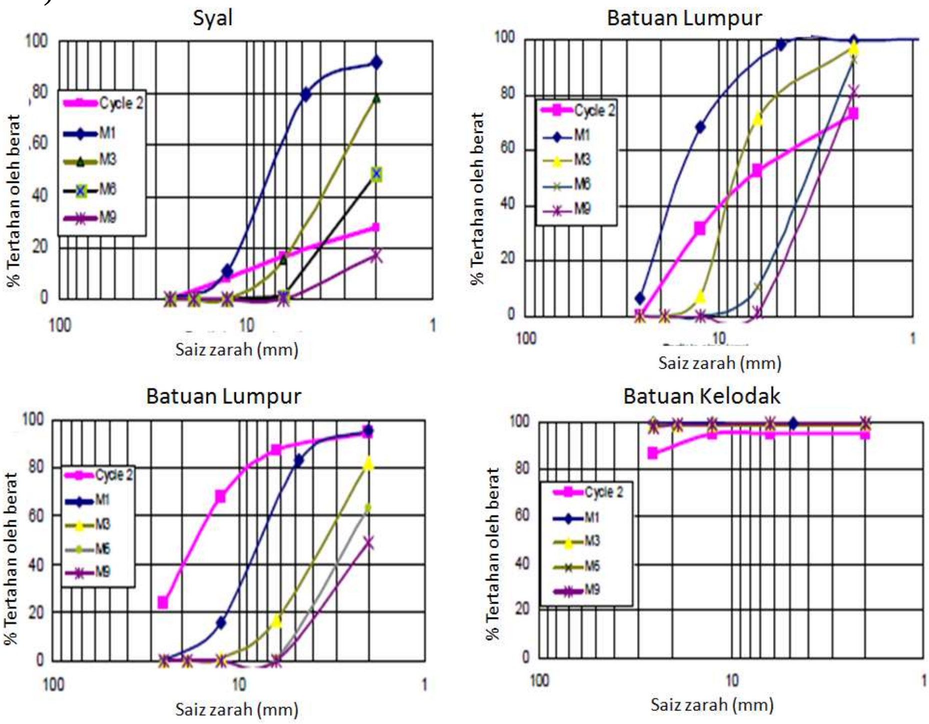
A_T = Luas jumlah menyeluruh lengkungan distribusi ukuran butiran.



Gambar 2.4 Indeks ketahanlasakan dari clay shale dibandingkan dengan batu lempung, batu lumpur dan batu lanau (Shakoor dan Tej, 2011; Shakoor dan Gautam, 2015)



Gambar 2.5 Perubahan fisik clay shale dan lainnya akibat pelapukan (Shakoor dan Tej, 2011)



Gambar 2.6 Perubahan distribusi ukuran butiran akibat sampel yang hancur (*slake*) setelah 1, 3, 6, dan 9 bulan (Shakoor dan Tej, 2011)

Penelitian sebanyak 20 sampel batuan lempung, batuan lumpur, batuan lanau dan shale, telah dikaji perubahan ratio disintegritasnya (D_R) selama satu tahun oleh Shakoor dan Gautam (2015). Terjadinya pelapukan selama setahun pada batuan

tersebut menyebabkan pengurangan ratio disintegritas (D_R). Sementara Erguler dan Shakoor (2009) melakukan pengekelasan berdasarkan perubahan ratio disintegritas dengan terlebih dahulu ditentukan indeks ketahanlasakan Isd_2 (%) pada siklus ke-2 berdasarkan ISRM (2007).

Ujian pengembangan daripada 38 sampel batuan lumpur, shale lumpur, batuan lanau dan batuan lumpur dilakukan dengan metode perendaman batuan. Perubahan isi sampel terkecil sebanyak 0.1% terjadi akibat perendaman, manakala perubahan isi sampel maksimum terjadi pada batuan lempung sebanyak 68.9% (Sarman dan Shakoor, 1994).

2.1.2 Perubahan Sifat-Sifat Indeks

Penelitian di laboratorium berupa perubahan berai isi (γ) , angka pori (e) , kadar air (w) dari tanah sisa Malang, Jember dan Mojokerto akibat proses pengeringan dilakukan oleh Muntaha (2012). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Fauziah dan Syukri (2006) pada tanah sisa di Pulau Pinang Malaysia serta tanah sisa di Bukit Timah oleh Indrawam *et al.* (2006). Sementara Panjaitan dan Sumitro (2000) melakukannya pada tanah Citra Raya asli tak jenuh yang ditambahkan abu terbang 5% dan 15% kemudian direndam hingga 15 hari. Semua hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perubahan sifat-sifat indeks akibat proses pengeringan atau berkurangnya kadar air dari tanah.

Penelitian perubahan kadar air rata-rata dilakukan pada lapangan San Antonio dan Corpus Crist pada siklus iklim luruh tahun 1992 hingga musim dingin tahun 1995, sementara pada lokasi Collect Station dimulai iklim luruh tahun 1993 hingga iklim panas 1995. Penelitian ini telah dilakukan oleh Briaud *et al.* (2003) dengan mendapat kadar air pada kedalaman 0 meter hingga 1.5 m.

Ujian perubahan angka pori pada kadar clay shale pada batuan lanau telah dilakukan oleh Shakoor dan Brock (1987). Ini dilakukan pada clay shale

Pensinylvania, Missisipian dan Mevoni dan batuan lanau dari Missisipi dan Devoni. Semakin banyak kadar clay shale terhadap batuan lanau maka semakin kecil nibah lompang yang terjadi (Shakoor dan Brock, 1987).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada penelitian ini, uji laboratorium mekanik tanah clay shale menjadi bagian utama dari metodologi penelitian, yaitu sampel untuk uji triaksial dari sampel tak terganggu. Sampel clay shale yang dikaji ialah dari Semarang-Bawen Jawa Tengah dan Hambalang Jawa Barat yang diperoleh dari uji galian dengan pengeboran. Sehingga sejumlah sampel yang diperolehi diharapkan memiliki sifat indeks terutama berat isi dan kadar air yang seragam.

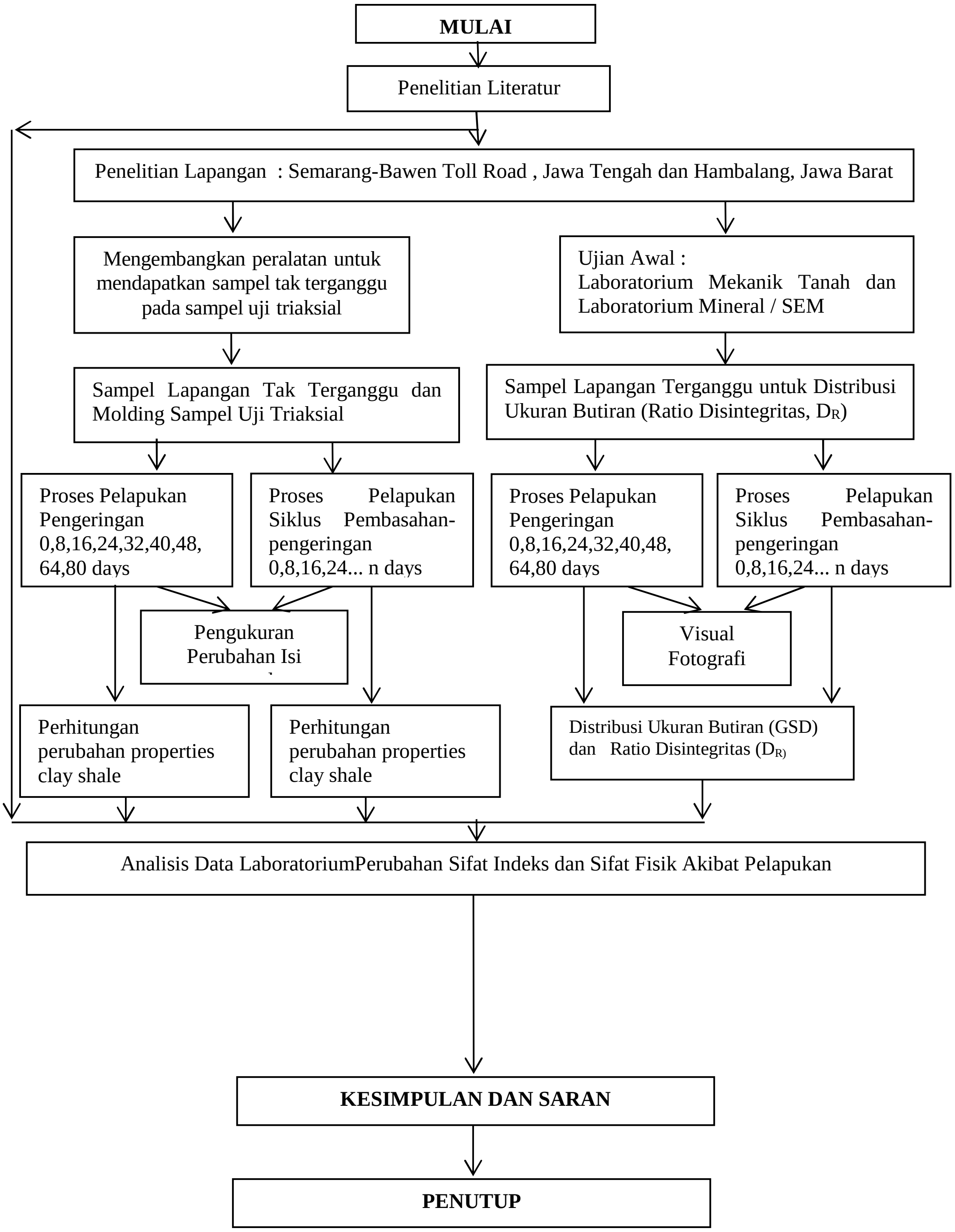
Uji sampel triaksial di laboratorium dilakukan pada sampel yang dilakukan proses pelapukan dengan cara pengeringan serta pengeringan dan pembasahan. Dua proses pelapukan ini akan dibuat pemodelannya dengan menggunakan ruang pengering serta perendaman dan pengeringan. Ketika terjadinya kedua-dua proses pelapukan tersebut, diamati pula perubahan pengukuran isi sampel untuk melihat kasuspelapukan terhadap perubahan sifat indeks clay shale. Kasusdari dua proses pelapukan tersebut pada setiap masa sampel dikaji melalui uji triaksial. Uji triaksial ini menggunakan suatu metode tahap berbilang untuk menentukan kekuatan geser sisa. Kekuatan ini terbahagi kepada dua yaitu kekuatan geser sisa tanpa pelepasan tegangan dan dengan pelepasan tegangan.

Untuk menjawab objektif penelitian yang telah dinyatakan, maka suatu disain dan diagram alir penelitian dibuat supaya penelitian ini tersusun secara sistematik. Pada diagram alir penelitian juga dapat dilihat uji lain yang dilakukan dengan pelbagai analisis metode yang telah dipilih untuk menonjolkan kepentingan penelitian yang bermanfaat bagi ilmu rekayasa geoteknik pada masa akan datang.

3.2 Disain dan Diagram Alir Penelitian

Pada awal penelitian, penyusunan dan pengenalpastian penelitian sifat dan perilaku clay shale dalam skestabilan lereng sebagai sesuatu yang baru dan secara spesifik dilakukan melalui penelitian literatur. Satu lokasi di Hambalang Jawa Barat dan jalan tol Semarang-Bawen STA 19+250 Jawa Tengah dipilih sebagai lokasi sampel penelitian. Sampel-sampel diambil daripada lapangan penelitian untuk beberapa uji awal di laboratorium mekanik tanah, laboratorium kimia dan mineralogi serta uji scaning elektro magnetic (SEM).

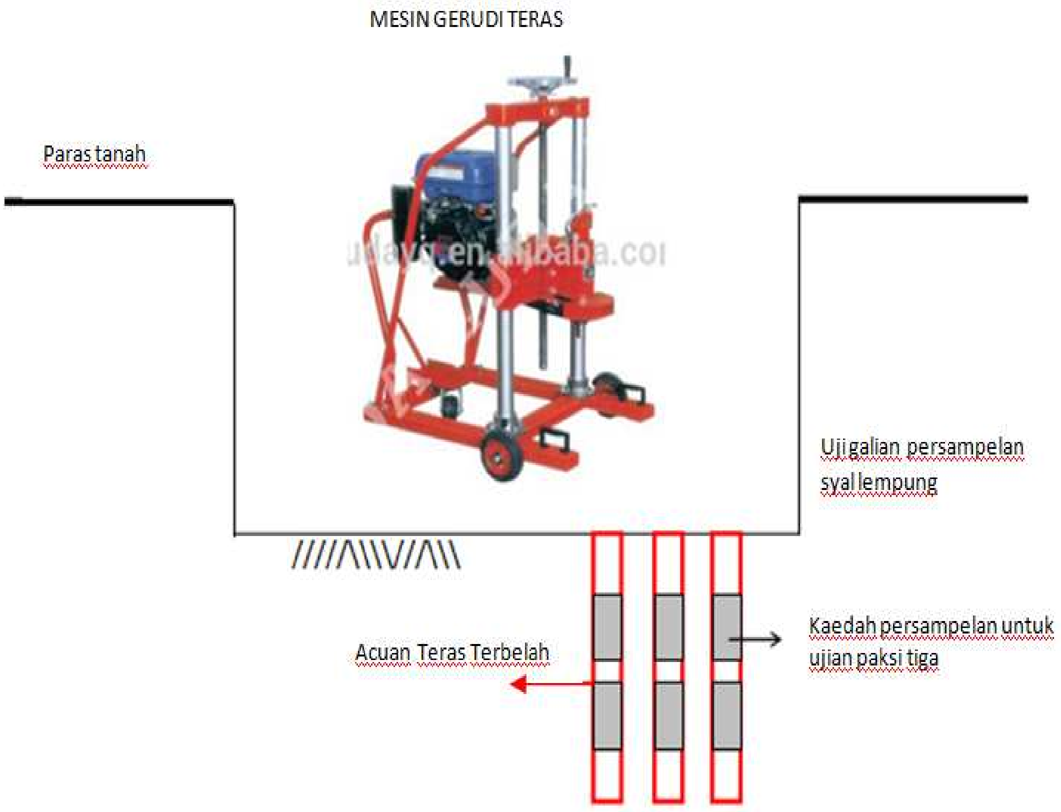
.



Gambar 3.1 Diagram alir kerja penelitian clay shale

3.3 Metode Pengambilan Contoh Tanah Uji Triaksial

Sampel untuk uji triaksial diperolehi dari uji lubang galian (*test pit*) clay shale hingga kedalaman tertentu, dengan memastikan dasar galian clay shale belum mengalami pelapukan. Lubang galian clay shale tersebut berukuran 1.2 m lebar, 2 m panjang dan 1 m dalam. Sampel uji triaksial diperoleh di lapangan dengan melakukan pengeboran menggunakan peralatan mesin gerudi teras, dan menggunakan acuan teras yang boleh terbelah (*split single core barrel)* dengan bit penerasan model terubahsuai. Sampel uji triaksial yang diperolehi adalah berdiameter 37 mm hingga 38 mm dan berketinggian 70 mm hingga 78 mm. Metode Pengambian Contoh Tanah untuk uji triaksial adalah seperti pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Metode Pengambilan Contoh Tanah tak terganggu pada lapangan untuk uji triaksial di laboratorium

(a) (b) (c) (d) (e)

Gambar 3.3 Pengembangan acuan teras yang boleh terbelah (*split single core barrel*) (a), pelepasan kepala acuan teras (b), hasil sampel clay shale (c), sampel clay shale dibalut plastik hitam (d), sampel clay shale dimasukkan dalam PVC siap dihantar ke laboratorium (e).

3.4 Uji Laboratorium Mekanik Tanah

Semua uji laboratorium dilakukan mengikut standaran ASTM (*American Standard for Testing Material*) dan dilakukan di laboratorium mekanik tanah Geoinves di Jakarta.

3.4.1 Uji Sifat-Sifat Indek Clay Shale

Semua uji sifat-sifat indeks clay shale dilakukan berdasarkan standaran uji dari *American Standard for Testing Material* (ASTM). Uji sifat-sifat indeks ini meliputi uji kadar air (ASTM D 2216-80, 1989), uji berat unit (ASTM D 653-88, 1989), uji graviti tentu (ASTM D 854-83, 1989), uji batas Atterberg (ASTM D 4318-84, 1989), dan uji distribusi ukuran butiran (ASTM D 422-72, 1989).

3.4.2 Proses Pelapukan di Laboratorium

Proses pelapukan dilakukan di laboratorium dengan dua proses, yaitu proses pengeringan serta proses pembasahan dan pengeringan.

(i) Proses Pengeringan

Semasa pelapukan secara pengeringan dilakukan pada masa 0, 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 64 dan 80 hari, pengeringan sampel dilakukan dengan cahaya matahari tetapi terlindung dari air hujan. Pengeringan sampel dilakukan di dalam ruang yang atapnya telus cahaya dan mempunyai peredaran udara yang cukup. Oleh karenanya, cahaya matahari dapat mengeringkan sampel tanah tetapi dilindungi dari air hujan. Ruang pengeringan dapat dilihat pada Gambar 3.8b (Geoinves, 2014).

Selama proses pengeringan dilakukan, perubahan isi sampel sampel tanah diukur dengan alat pengubah isi sampel (*volumemetric change*) pada setiap hari.

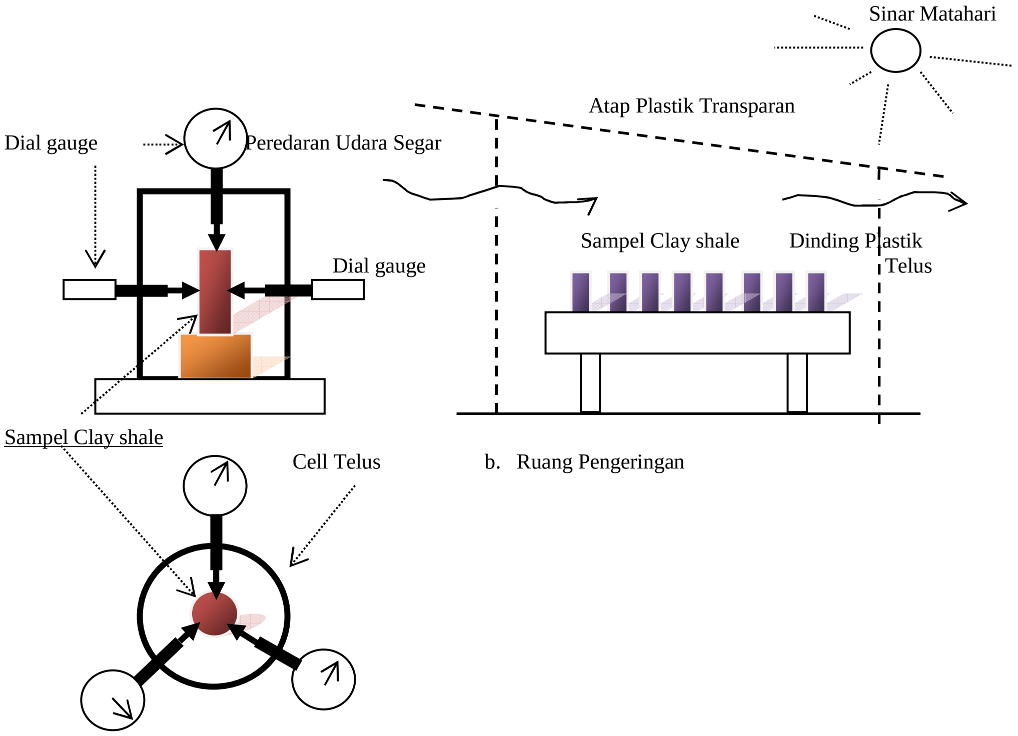
Perubahan isi sampel dapat diukur dengan mengetahui perubahan tinggi dan diameter sampel. Perubahan tersebut diperolehi dengan meletakkan tiga alat pencatat perubahan diameter dan satu alat pencatat perubahan ketinggian sampel tanah seperti pada Gambar 3.8a (Geoinves, 2014).

(ii) Proses Pembasahan dan Pengeringan

Semasa pelapukan dengan proses pembasahan dan pengeringan semua sampel yang akan diuji perlu melalui pengeringan dan pembasahan secara sekaligus. Metode pengeringan dan pembasahan dilakukan mengikut cara berikut:

(a) Sampel clay shale terganggu untuk uji agihan ukuran bijian dilakukan pengeringan dan pembasahan dengan perubahan masa pembasahan sekali dalam masa 8 hari pengeringan, 2 kali dalam masa 8 hari pengeringan dan 3 kali dalam masa 8 hari pengeringan. Perubahan ini dilakukan bagi mendapatkan suatu model pengaruh jumlah hujan yang turun dalam masa tertentu terhadap kecepatan pelapukan clay shale. Pembasahan dilakukan dengan hanya merendam sampel dalam air selama masa 5 minit dan mengeringkannya kembali. Tabel 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5 menunjukkan perubahan pembasahan sehingga 80 hari.

(b) Pada sampel clay shale tidak terganggu untuk uji triaksial, sampel direndam 2 kali dalam masa 8 hari pengeringan, dan uji triaksial dilakukan pada masa usia sampel 0, 8, 16, 24, 32, 40 hingga 80 hari. Tabel 3.8 menunjukkan disain tabel sampel tak terganggu dengan pengeringan dan pembasahan sehingga 80 hari.



b. Ruang Pengeringan

a. Pengukuran Perubahan Isi sampel

Gambar 3.4 Uji pengukuran perubahan isi sampel (a) dan ruang pengeringan (b)

Tabel 3.1 : Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (1 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)

Uji Laboratorium	Masa (Hari)														
	0		4		8		12		16	diteruskan ...	72		76		80
Kadar Air (w)	✓		Rendam 5 min.		✓		Rendam 5 min.		✓	diteruskan ...	✓		Rendam 5 min.		✓
Distribusi Ukuran Butiran (GSD)	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓
Pengukuran Perubahan Isi sampel	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓

Tabel 3.2 : Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (2 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)

Uji Laboratorium	Masa (Hari)														
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	diteruskan ...	72	74	76	78	80
Kadar Air (w)	✓	Rendam 5 min.		Rendam 5 min.	✓	Rendam 5 min.		Rendam 5 min.	✓	diteruskan ...	✓	Rendam 5 min.		Rendam 5 min.	✓
Distribusi Ukuran Butiran (GSD)	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓
Pengukuran Perubahan Isi sampel	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓

Tabel 3.3 : Tabel uji di laboratorium sampel terganggu pada proses pembasahan dan pengeringan (3 kali rendam/8 hari, hingga masa 80 hari)

Uji Laboratorium	Masa (Hari)														
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	diteruskan ...	72	74	76	78	80
Kadar Air (w)	✓	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	✓	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	✓	diteruskan ...	✓	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	Rendam 5 min.	✓
Distribusi Ukuran Butiran (GSD)	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓
Pengukuran Perubahan Isi sampel	✓				✓				✓	diteruskan ...	✓				✓

3.4.3 Uji Ratio Disintegritas (*Disintegration Ratio Test*)

Uji ratio disintegritas dari clay shale pada dasarnya merupakan suatu hasil dari beberapa uji analisis ayakan yang dilakukan pada beberapa waktu yang berbeda akibat pengeringan serta pengeringan dan pembasahan yang terjadi semasa pelapukan. Uji ini dilakukan di Laboratorium Mekanik Tanah Geoinves Jakarta.

3.5 Uji Kimia, Uji Mineral dan scaning elektro magnetic (SEM)

Uji kimia, uji mineral dengan *X-Ray Defraction* (XRD) dan uji scaning elektro magnetic(SEM) dilakukan di Direktorat Geologi, Jl. Pasteur, Bandung dan di laboratorium LEMIGAS (ESDM), Cipulir, Jakarta Jangkatan. Uji ini akan menghasilkan analisis kualitatif dan kuantitatif mineral clay shale dari dua lokasi pengambilan sampel tanah yang berbeda.

3.6 Jangkaan Hasil Laboratorium

Tabel 3.4, Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut ini adalah ringkasan dari uji-uji yang dilakukan di laboratorium.

Tabel 3.4 : Pengujian Awal di laboratorium

Sampel Clay shale	Jenis Uji Awal di Laboratorium					
	Mineralogi by XRD	S.E.M	Sifat Indeks	Graviti Tentu (Gs)	Distribusi ukuran butiran (GSD)	Triaksial (UU)
Hambalang, Jawa Barat	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jalan-Tol Semarang-Bawen	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabel 3.5 : Uji laboratorium pada proses pelapukan pengeringan

Sampel Clay shale	Waktu Pengeringan Proses Pelapukan	Pengukuran Perubahan Isi sampel	Uji Ratio Disintegritas (D_R)	Uji Triaksial (UU)	
				Tak jenuh	Jenuh
Semarang-Bawen	0 hari	✓	✓	✓	✓
	4 hari	✓	✓	✓	✓
	8 hari	✓	✓	✓	✓
	16 hari	✓	✓	✓	✓
	24 hari	✓	✓	✓	✓
	32 hari	✓	✓	✓	✓
	40 hari	✓	✓	✓	✓
	48 hari	✓	✓	✓	✓
	64 hari	✓	✓	✓	✓
	80 hari	✓	✓	✓	✓
Hambalang	0 hari	✓	✓	✓	✓
	4 hari	✓	✓	✓	✓
	8 hari	✓	✓	✓	✓
	16 hari	✓	✓	✓	✓
	24 hari	✓	✓	✓	✓
	32 hari	✓	✓	✓	✓
	40 hari	✓	✓	✓	✓
	48 hari	✓	✓	✓	✓
	64 hari	✓	✓	✓	✓
	80 hari	✓	✓	✓	✓

Tabel 3.6 : Jenis uji laboratorium pada proses pelapukan pembasahan dan pengeringan

Sampel Clay shale	Waktu Pengeringan-Pembasahan Proses Pelapukan	Pengukuran Perubahan Isi sampel	Uji Ratio Disintegritas *) (D_R)	Uji Triaksial UU (Tak jenuh)
Semarang–Bawen	0 hari	✓	✓	✓
	0~8 hari	✓	--	--
	8 hari	✓	✓	✓
	8~16 hari	✓	--	--
	16 hari	✓	✓	✓
	16~24 hari	✓	--	--
	24 hari	✓	✓	✓
	24~32 hari	✓	--	--
	32 hari	✓	✓	✓
	32~40 hari	✓	--	--
	40 hari	✓	✓	✓
Hambalang	0 hari	✓	✓	✓
	0~8 hari	✓	--	--
	8 hari	✓	✓	✓
	8~16 hari	✓	--	--
	16 hari	✓	✓	✓
	16~24 hari	✓	--	--
	24 hari	✓	✓	✓
	24~32 hari	✓	--	--
	32 hari	✓	✓	✓
	32~40 hari	✓	--	--
	40 hari	✓	✓	✓

Catatan : Uji dihentikan pada saat clay shale sudah 100% hancur setelah hari ke-40
*) Uji Ratio Disintegritas dilanjutkan dengan metode yang sama hingga 80 hari.

3.7 Jenis dan Lokasi Laboratorium Penguji

Tabel 3.7 di bawah ini menerangkan jenis-jenis uji dan lokasi laboratorium untuk uji tersebut. Semua persiapan peralatan laboratorium dan uji lapangan dimasukkan di dalam Lampiran A.

Tabel 3.7 : Jenis uji dan lokasi laboratorium uji

Bil.	Jenis uji	Tempat laboratorium uji
1	Kadar air, sifat indeks, batas Atterberg, berat tentu, distribusi ukuran butiran	Laboratorium mekanika tanah GEOINVES, Jakarta
2	Uji triaksial (tak jenuh dan jenuh)	Laboratorium mekanika tanah GEOINVES, Jakarta
3	Proses pengeringan dan pengeringan pembasahan	Laboratorium mekanika tanah GEOINVES, Jakarta
4	Uji perubahan isi sampel pengeringan serta siklus pembasahan dan pengeringan	Laboratorium mekanika tanah GEOINVES, Jakarta
5	Ratio penyepain (D_R)	Laboratorium mekanika tanah GEOINVES, Jakarta
6	Uji kimia, mineral tanah dengan XRD dan SEM	Laboratorium Directorat of Geology, Ministry of Mining and Energy RI, Bandung, Jawa Barat dan Laboratorium Lemigas, ESDM, Cipulir, Jakarta Jangkaran.

BAB 4

UJI PENDAHULUAN CLAY SHALE DI LAPANGAN DAN DI LABORATORIUM

4.1 Pendahuluan

Dalam penelitian ini, sebelum dilakukan proses pelapukan pada clay shale yang diperolehi dari lokasi Semarang-Bawen Jawa Tengah serta Hambalang Sentul Jawa Barat, pengumpulan data topografi dan geologi terlebih dahulu dilakukan. Data topografi diperlukan dari lokasi clay shale di Semarang-Bawen, yaitu pada lokasi sisi jalan bebas laluan Semarang-Bawen STA 19+250. Data topografi diperlukan untuk pengiraan skestabilan lereng khususnya menganalisis parameter kekuatan geser yang terjadi ketika keruntuhan lereng. Manakala data geologi berupa satu peta geologi diperlukan untuk mengetahui kadar jenis batuan dan formasi batuan.

Uji awalan di lapangan dan di laboratorium juga dilakukan untuk memperolehi sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Uji di lapangan meliputi uji pengeboran yang dilakukan bersama dengan uji standard penetration test(SPT) serta kadar lapisan tanah yang diperolehi. Uji galian juga dilakukan untuk memastikan bahwa clay shale yang akan diuji di laboratorium masih baru dan belum terjadi pelapukan. Sampel clay shale yang tidak terganggu dan terganggu dibawa ke laboratorium untuk uji sifat-sifat indeks, fisik dan mekanik. Uji mineralogi clay shale dilakukan melalui analisis kualitatif dan kuantitatif mineral clay shale daripada uji *X*-

Ray Diffraction. Uji *SEM* juga dilakukan untuk menghasilkan gambar perincian bagi bentuk mineral clay shale.

4.2 Hasil Uji di Lapangan

Di sini pembahasan mengenai pengumpulan data, uji serta penelitian awal di lapangan terdiri daripada pengumpulan data mengenai gambar topografi pada kasus di jalan tol Semarang-Bawen pada STA 19+000 hingga 19+725 dan penelitian geologi. Hal lain adalah pengumpulan data mengenai uji pengeboran serta standar penetration test (SPT).

4.2.1 Topografi

Data topografi pada lokasi jalan tol Semarang-Bawen Jawa Tengah pada STA 19+000 hingga 19+725 dikumpul karena pada lokasi STA 19+250 keruntuhan lereng telah terjadi. Ia kemudiannya dijadikan kasus skestabilan lereng dalam penelitian ini. Manakala data topografi pada lokasi Hambalang Jawa Barat tidak dikumpul karena tiada analisis skestabilan lereng dibuat. Hanya Pengambian Contoh Tanah clay shale saja yang dibuat untuk lokasi ini.

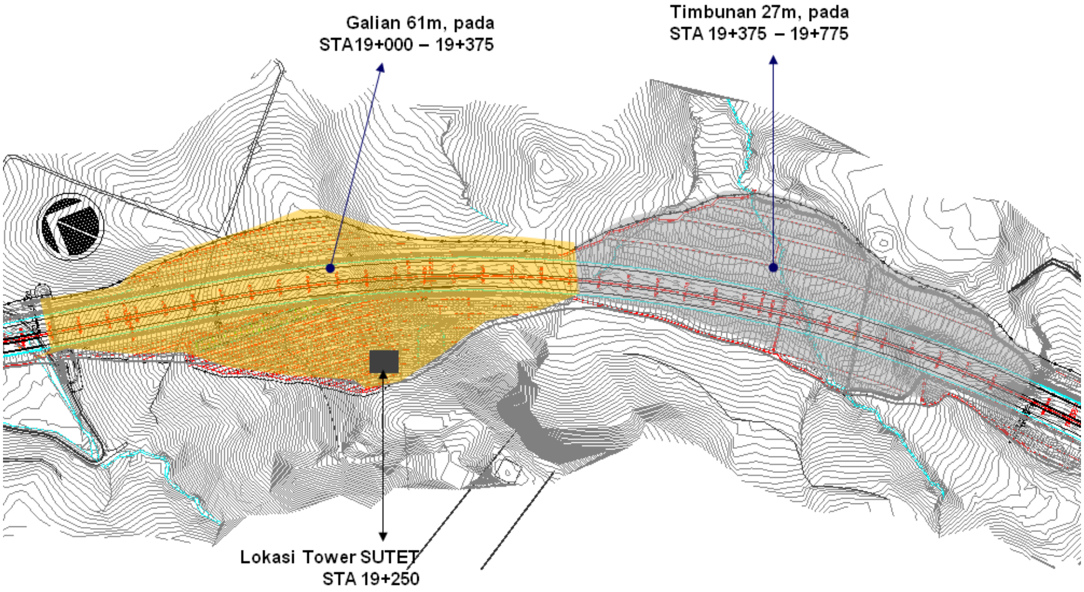
.

Data topografi telah dianalisis semasa pekerjaan jalan tol antara Semarang Jawa Tengah menuju Surabaya Jawa Timur melalui daerah Ungaran, Bawen, Solo, Sragen, Ngawi, Mojokerto (Wikipedia, 2015) seperti pada Gambar 4.1. Ketika penelitian ini dilakukan seksi jalan Semarang-Bawen telah digunakan, manakala seksi Bawen Solo masih dalam pekerjaan. Antara seksi STA 19+000 hingga STA 19+375 lereng yang dikonstruksi adalah lereng yang digali, manakala pada seksi STA 19+375 hingga STA 19+775 lereng adalah lereng yang ditambak. Pada jalur tersebut analisis topografi telah dilakukan dan penyelidikan tanah dibuat bagi kegunaan disain skestabilan lereng serta keperluan urugan tanah dan timbunan (Himawan, 2011). Kasusemua keperluan ini adalah untuk memenuhi disain jalur Tol Semarang menuju Jawa Timur. Hasil analisis topografi dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan ia merupakan

lokasi terjadinya keruntuhan lereng yang akan dikaji dengan lebih lanjut.

.

Gambar 4.1 Rencana jalan tol trans Jawa, dari Merak ke Banyuwangi (Wikipedia, 2015)



Gambar 4.2 Peta topografi lapangan Semarang-Bawen dari STA 19+000 hingga STA 19+775 (Himawan , 2011)

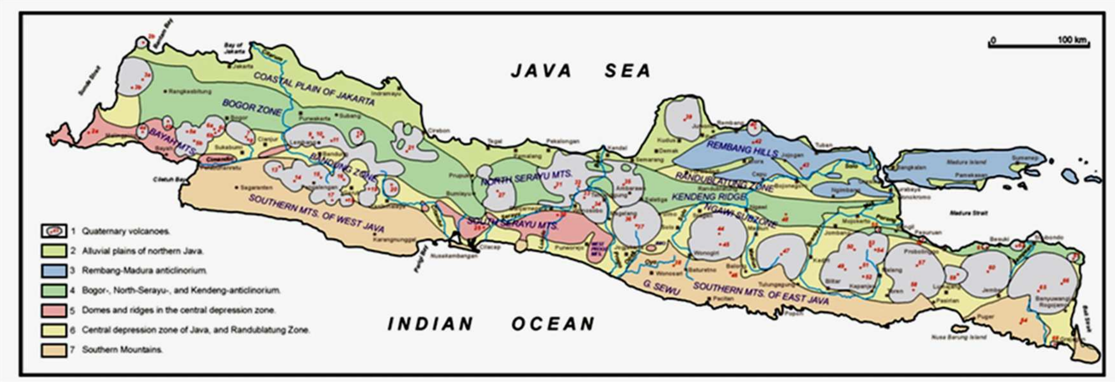
Gambar 4.3 Keruntuhan lereng pada STA 19+250 Jalan Tol Semarang-Bawen, Jawa Tengah (Himawan, 2013)

Keruntuhan lereng terjadi pada kawasan lereng galian antara STA 19+000 hingga dengan STA 19+375 yaitu pada seksi STA 19+250 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Keruntuhan terjadi karena kerja galian yang dilakukan begitu dalam hingga 60 m dan mendedahkan lapisan clay shale yang tergali di bagian dasar galian. Maka ini menyumbang kepada terjadinya keruntuhan pada lereng tersebut (Himawan, 2013).

4.2.2 Penelitian Geologi

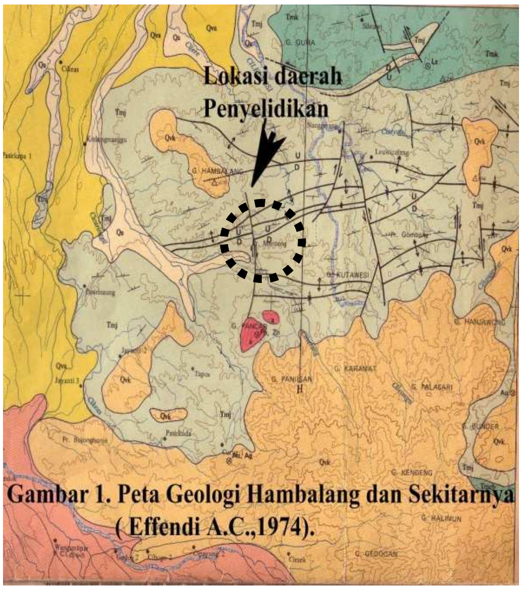
Penelitian geologi dilakukan pada lokasi Hambalang Jawa Barat dan Semarang-Bawen Jawa Tengah. Penelitian geologi kawasan ini dan sekitarnya adalah termasuk pada lembar Bogor yang berskala 1:100,000 daripada lembar geologi Indonesia (Effendi, 1974). Daerah Hambalang terletak di hujung timur lembar Bogor. Batuan yang tertua di sekitar Gunung Hambalang adalah formasi Jatiluhur yang terdiri atas *Marl* dan serpihan lempung, dan lapisan-lapisan tipis batu pasir Kuarza. Di lokasi penelitian, formasi batuan ini yang berpa lempung dan serpihan kecoklatan dan kelabu terbuka. Pada bagian atas formasi Jatiluhur terdapat secara tidak jangkelevasi dengan breksia dan

lava dari Gunung Kencana dan Gunung Limo. Pada kelompok batuan ini terdapat bongkah batuan andesit tuf dan andesit breksia. Kelompok batuan terdapat dari puncak Gunung Hambalang (630 m) menyebar ke arah belakang pergunungan ke barat laut. Kelompok batuan yang terawal adalah mendapan permukaan yang terdapat pada lembah-lembah atau sekitar sungai Cijere, Cicarigil dan Cileungsi. Pada kawasan Gunung Hambalang dan sekitarnya terdapat sesar dan struktur *anticline*. Sesar ini telah mengakibatkan terjadi gelongsoran yang merosakkan jalan dan bangunan perumahan yang terletak di sebelah jangkatan Gunung Hambalang. Peta geologi kawasan Hambalang dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 4.5 (a).

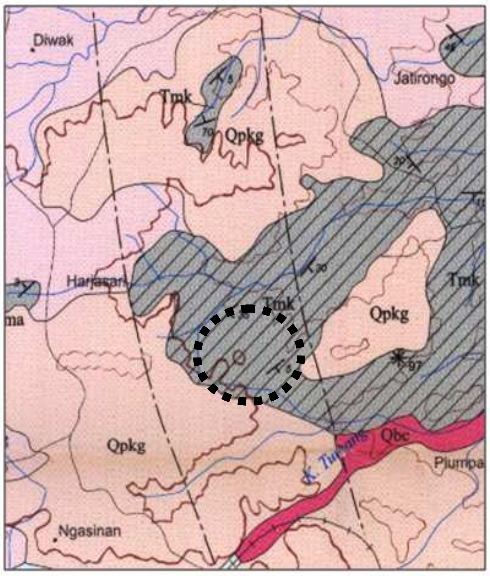


Gambar 4.4 Keadaan *Physiograpic* Regional Pulau Jawa dan Madura (Van Bemmelen, 1970)

Pada Gambar 4.5 (b) formasi Keligetas dan Kerek mendominasi jalan tol Semarang ke Solo. Formasi Kaligetas terdiri daripada breksia volcano, aliran lava, tuf, batu pasir tuf dan batu lempung. Aliran dan lahar breksia dengan sisipan tuf lava halus hingga kasar. Di sebagian tempat, bawahnya terdapat batu lempung yang mengandungi moluska dan tuf batu pasir. Batuan gunung berapi yang terpelapukan berwarna coklat kemerahan dan sering membentuk bongkah-bongkah besar. Rentang ketebalannya adalah antara 50 m hingga 200 m (Thanden *et al.*, 1996).



(a)



(b)

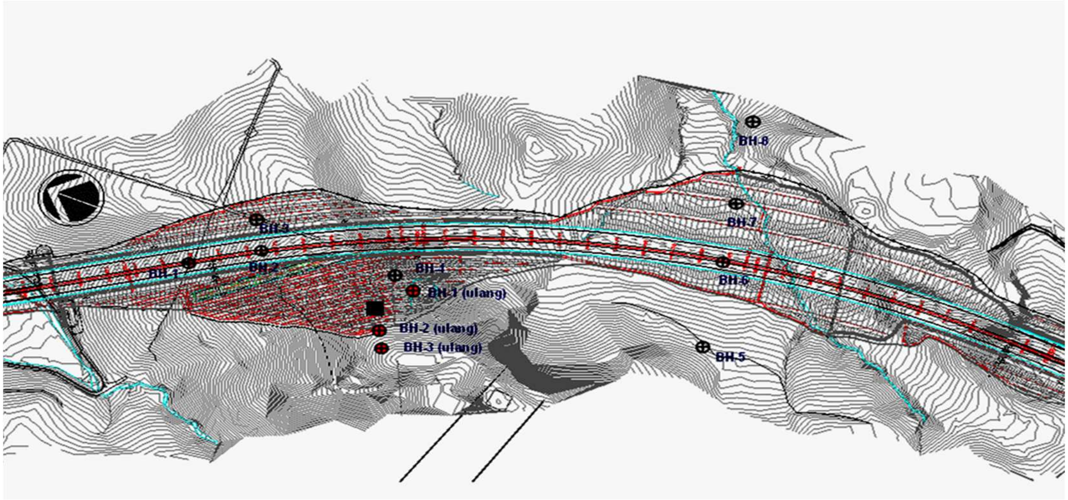
Gambar 4.5 Peta geologi Hambalang, Jawa Barat dan sekitarnya (a), serta peta geologi Semarang-Bawen Jawa Tengah (b) (Effendi A, 1974; Thanden *et al.*, 1996)

Formasi Kerek terdiri daripada lapisan-lapisan batuan lempung, napal, tuf batuan, konglomerat, breksia volcano dan batu kapur. Formasi ini juga terdiri dari batuan lempung berwarna kelabu muda dan kelabu tua, kapur, sebagian bersisipan dengan batu lanau atau batu pasir. Setengah tempat mengandungi fosil foram, moluska dan koloni batu karang. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di Kripik dan di batu pasir. Batu kapur yang ditemui pada umumnya berlapis, berkristal dan sedikit berpasir yang memiliki ketebalan jumlah lebih dari 400 meter. Umur kelompok batuan ini adalah seusia dengan Miosen Tengah (Thanden *et al.*, 1996).

4.2.3 Pengeboran

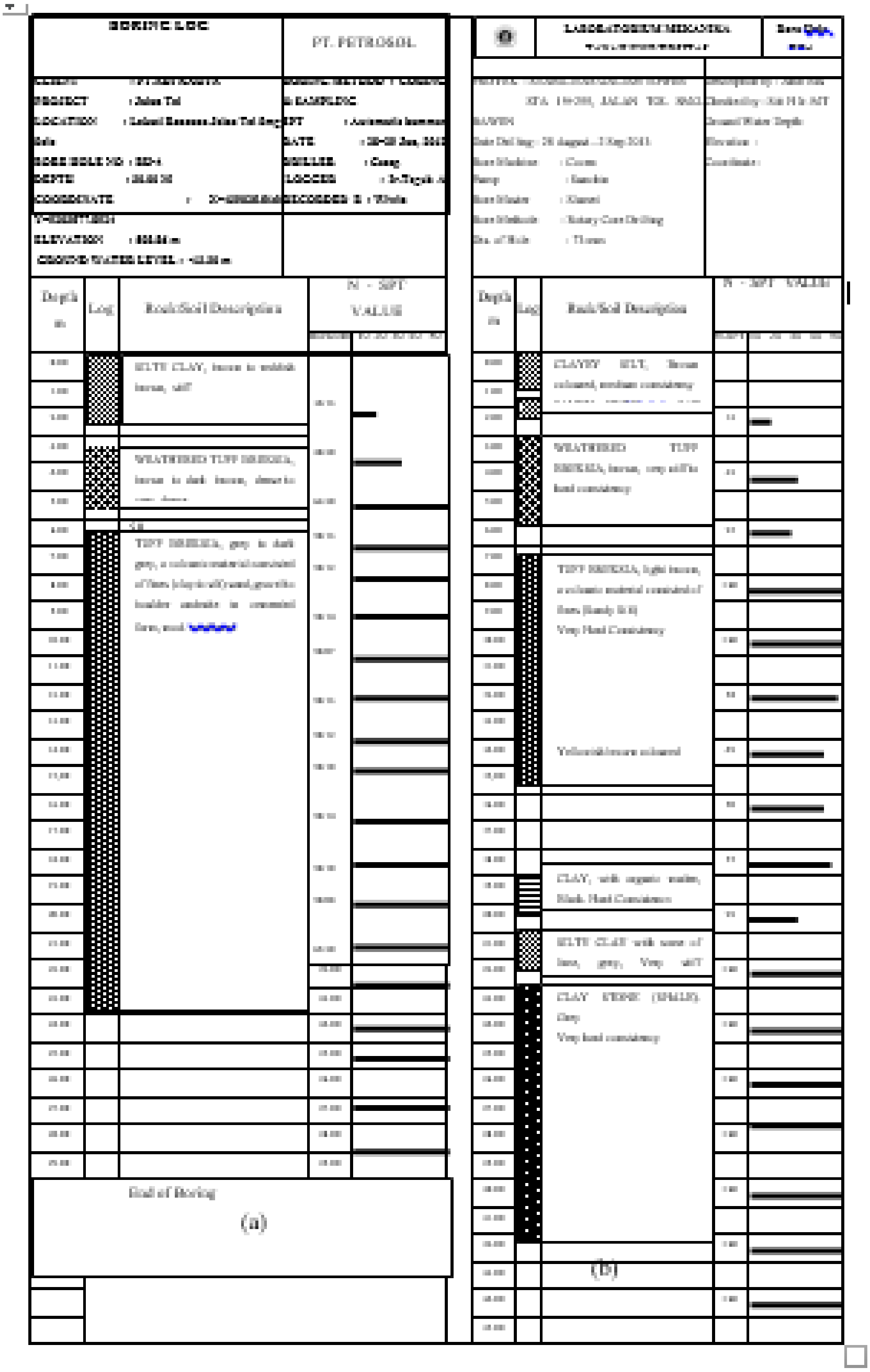
Uji pengeboran telah dilakukan pada lokasi Semarang-Bawen untuk keperluan disain lereng akibat galian sedalam 61 m. Pada tahapan ini telah dilakukan pengeboran sebanyak 8 titik penguji masing-masing hingga kedalaman 30 m, 4 titik pada lokasi galian dan 4 titik ada lokasi urugan oleh PT. Petrosol (Petrosol, 2012).

Kerena terjadi keruntuhan pada lereng galian di STA 19+250, maka dilakuan uji tambahan pengeboran sebanyak 3 titik oleh Suparman (2013) dan Laboratorium Mekanik Tanah UNDIP (2013). Titik uji pengerudian terras dapat dilihat pada Gambar 4.6 (Suparman, 2013;UNDIP, 2013).



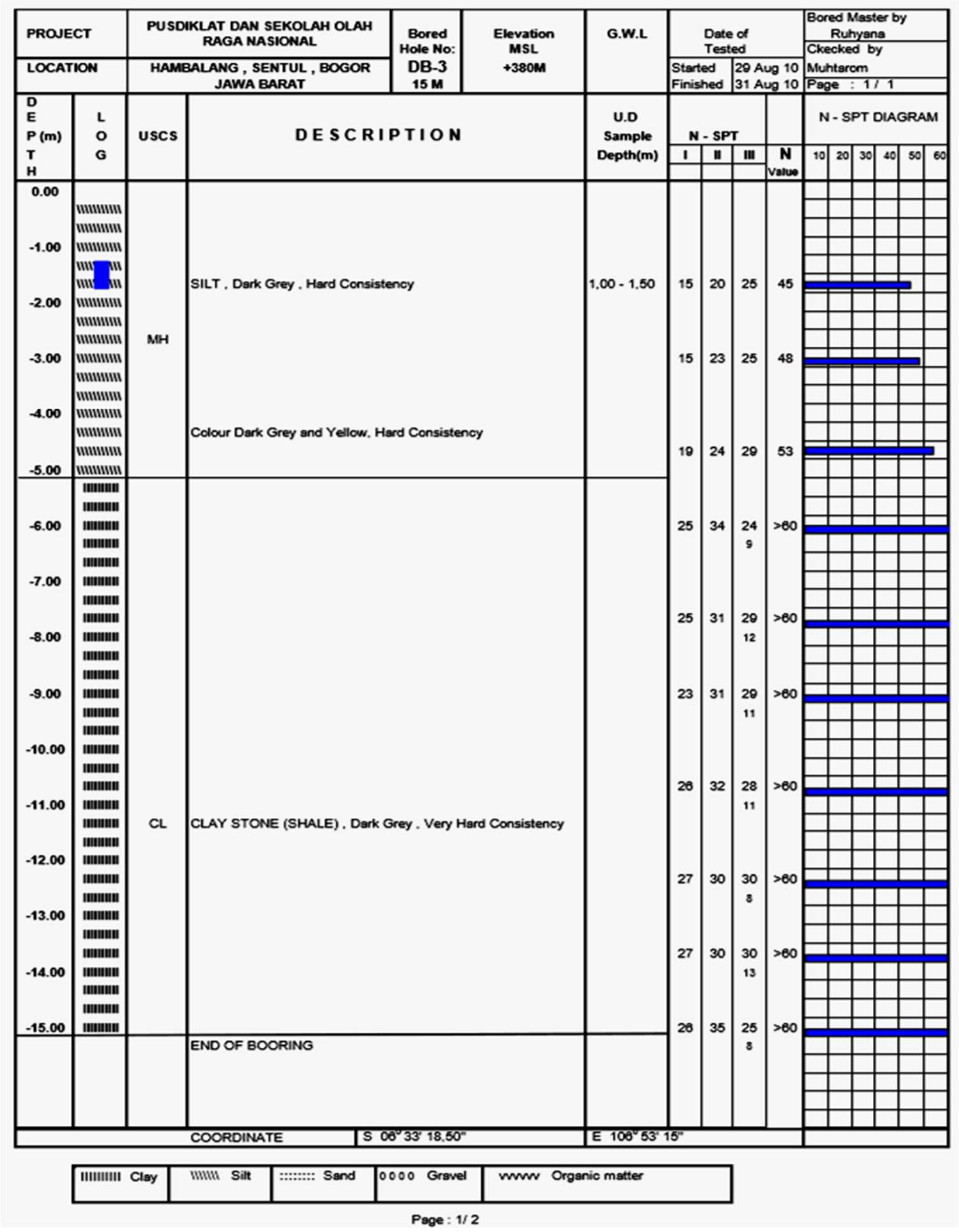
Gambar 4.6 Lokasi titik uji pengeboran dilokasi galian dan urugan (Suparman, 2013; UNDIP, 2013)

Dari 4 titik uji (BH-1, BH-2, BH-3 dan BH-4) pengeboran yang dilakukan sebelum pekerjaan galian, ketinggian permukaan tanah adalah antara +496.84 m hinggga +508.86 m. Dari permukaan tanah hingga kedalaman antara -2.50 m hingga -5.50 m dijumpai lapisan tanah lempung berlanau (*silty clay*) berwarna coklat hingga coklat kemerahan dengan konsistensi kukuh sehingga sangat kukuh. Selepas itu dijumpai lapisan breksia tuf setebal 3.00 meter yang terpelapukan berwarna coklat hingga coklat tua dengan konsistensi keras. Selepas itu hingga akhir pengerudian dikedalaman 30 m dijumpai lapisan tanah breksia tuf berwarna kelabu hingga kelabu tua dengan konsistensi sangat keras dengan N-SPT lebih besar dari 100 (Petrosol, 2012). Pada Gambar 4.7 ditunjukkan uji penggerudian teras BH-4 sebelum penggalian (Petrosol, 2012) dan BH-1 (ulang) setelah terjadi keruntuhan lereng (UNDIP, 2013).



Gambar 4.7 Log gerudi hasil,uji titik BH-4 sebelum galian dikerjakan (a) (Petrosol, 2012; UNDIP, 2013), (b) BH-1 setelah terjadi keruntuhan lereng di Semarang-Bawen

STA 19+250 oleh Laboratorium Mekanik Tanah (UNDIP, 2013).



Gambar 4.8 Bor Dalam titik DB-3 Hambalang sebelum galian untuk pekerjaan jalan (Geoinves, 2010)

Lebih daripada 13 titik uji pengeboran telah dilakukan ketika penyelidikan tanah pada tahun 2010 (Geoinves, 2010) di lokasi Hambalang Sentul Bogor Jawa

Barat. Hasilnya adalah seperti digambarkan pada Gambar 4.8, log uji pada titik DB-3 pada umumnya sama seperti titik-titik uji lain. Dari permukaan tanah hingga kedalaman 5 m dijumpai lapisan lanau berwarna kelabu gelap dengan konsistensi sangat kaku hingga keras. Setelah kedalaman 5 m hingga akhir uji pengeboran dilakukan, lapisan clay shale berwarna kelabu tua dengan konsisten sangat keras ditemui dengan nilai standard penetration testN SPT lebih besar daripada 60.

4.2.4 Standard Penetration Test (SPT)

Uji standard penetration test (*Standard Penetration Test*) dilakukan untuk mengetahui konsistensi dari lapisan tanah yang ditemui semasa uji pengeboran. Uji standard penetration test (SPT) dilakukan dengan interval kedalaman tiap 2 m. Nilai SPT untuk lapisan clay shale untuk lokasi Semarang-Bawen, Jawa Tengah maupun lokasi Hambalang Bogor Jawa Barat lebih besar dari 60 (N SPT > 60). Nilai N SPT seperti ini merupakan nilai dengan konsistensi sangat keras. Hasil uji standard penetration test (SPT) ini dapat dilihat pada Gambar 4.7 untuk lokasi Semarang-Bawen dan Gambar 4.8 untuk lokasi Hambalang.

4.3 Uji Awal di Laboratorium

Uji awalan di laboratorium dari sampel tidak terganggu dan terganggu meliputi uji sifat-sifat indeks, fisik dan mekanik menggunakan uji triaksial. Uji tersebut dilakukan di laboratorium mekanik tanah seperti pada Gambar 4.9. Uji mineralogi dengan *X-Ray Diffraction* dan SEM clay shale untuk mengetahui jenis mineral, komposisinya serta gambar mikrolingkupik dilakukan di laboratorium mineralogi. Jenis uji awal di laboratorium yang dilakukan pada clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Gambar 4.9 Uji di laboratorium mekanik tanah Geoinves di Jakarta (Geoinves, 2014)

Tabel 4.1 : Jenis uji awal di laboratorium clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang

Jenis Uji	Semarang-Bawen	Hambalang
Sifat indeks		
Berat isi *(bulk density)*	✓	✓
Kadar air asli *(natural water content)*	✓	✓
Graviti tentu *(specific gravity)*	✓	✓
Unit berat kering *(dry density)*	✓	✓
Unit berat jenuh *(saturated density)*	✓	✓
Angka pori *(void ratio)*	✓	✓
Batas Atterberg	✓	✓
Batas cecair *(liquid limit)*	✓	✓
Batas plastik *(plastic limit)*	✓	✓
Indeks keplastikan *(plasticity index)*	✓	✓
Sifat fisik		
Distribusi ukuran butiran *(soil distribution)*		
Pasir	✓	✓
Lanau	✓	✓
Lempung	✓	✓
Sudut geser dalam sisa dengan pelepasan tegangan (efektif)	✓	✓
Analisis Mineralogi *(X-Ray Defraction)*	✓	✓
Pngimbasan Mikrolingkup Elektron (S.E.M)	✓	✓

Keterangan : ✓, diuji

4.3.1 Sifat-sifat Indeks

Sifat-sifat indeks clay shale semasa penelitian sampel tidak tergangggu sangat diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat indeks awal sebelum dilakukan proses pelapukan kepada clay shale tersebut. Uji sifat indeks clay shale yang utama dicari di laboratorium antara lain adalah berat isi (γ), kadar air (w), serta graviti tentu (Gs). Uji sifat indeks lainnya yaitu batas *Atterberg*, seperti batas cecair (LL), batas plastik (PL) dan indeks plastik (PI). Parameter sifat indeks lainnya, adalah unit berat kering (γ_d), unit berat jenuh (γ_{sat}), angka pori (e) ditentukan dengan menggunakan parameter utama yang telah diperoleh seperti di atas.

Hubungan antara parameter sifat-sifat indeks dapat dilihat ada persamaan 4.1, 4.2, dan 4.3 seperti berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{(1+w)} \tag{4.1}$$

$$e = \left(\frac{(1+\mathrm{w})\,\mathrm{G_s}.\gamma_\mathrm{w}}{\gamma}\right) - 1 \tag{4.2}$$

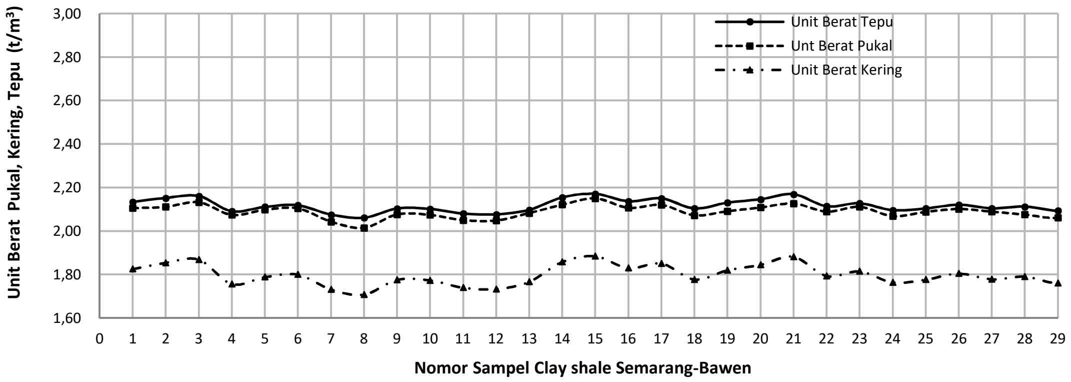
$$\gamma_{\mathrm{sat}} = \frac{\mathrm{G_s} + \mathrm{e}}{1 + \mathrm{e}} \tag{4.3}$$

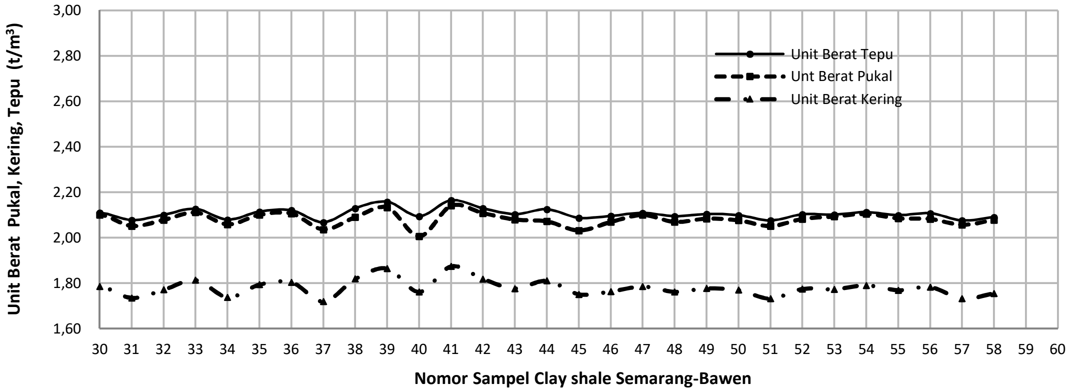
Hasil berat isi (γ) clay shale Semarang-Bawen dari 58 sampel adalah antara 2.06 t/m^3 hingga 2.15 t/m^3 dengan berat isi rata-rata adalah 2.09 t/m^3. Kadar air asal (w_n) pula antara 13% hingga 18.8% dengan kadar air adalah 16.61% dengan ratio lombang rata-rata (e) sebesar 0.48. Hasil berat isi (γ) clay shale Hambalang dari 66 adalah sampel berkisar antara 2.34 t/m^3 hingga 2.50 t/m^3 dengan berat isi rata-rata sebesar 2.43 t/m^3. Kadar air asal (w_n) pula berkisar antara 3.3% hingga 5.9% dengan kadar air sebesar 4.7% dengan ratio lombang rata-rata (e) adalah 0.183.

Hasil berat isi rata-rata (γ) clay shale Hambalang (formasi Jatiluhur) lebih besar dibandingakan berat isi rata-rata (γ) clay shale Semarang-Bawen (formasi Kerek). Ini karena perbedaan lokasi yang cukup antara jauh satu sama lain, sehingga sejarah dan masa terbentuknya dua formasi geologi yang berbeda. Perbedaan sifat

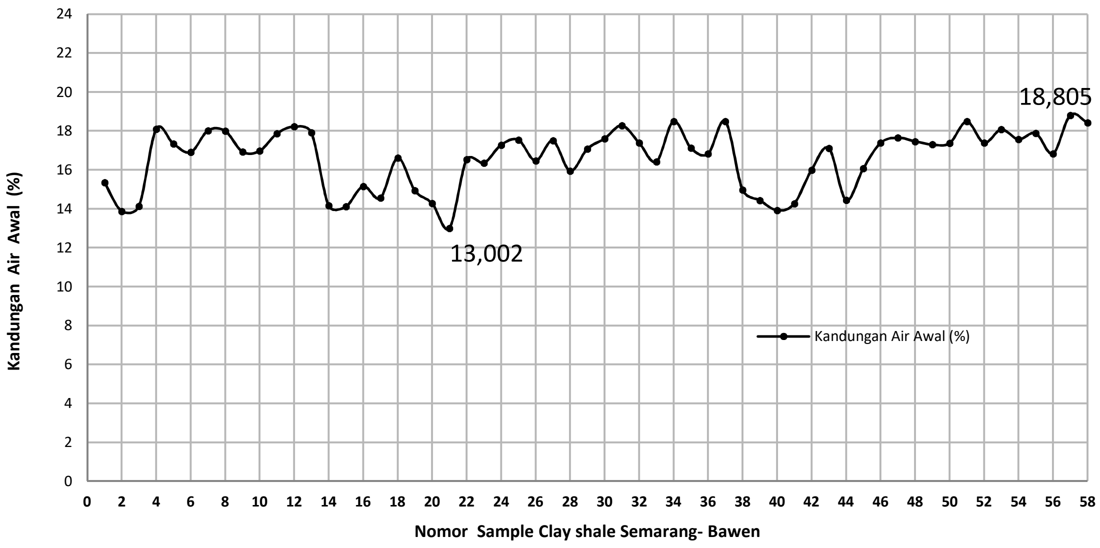
indeks kedua clay shale ini adalah serupa dengan perbedaan sifat fisik serta mineralogi kadarnya. Hasil berat isi, unit berat kering dan unit berat jenuh untuk clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang pada awal pembuatan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.12. Manakala hasil kadar air clay shale Semarang-Bawen sebanyak 58 sampel dan clay shale Hambalang sebanyak 60 sampel dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.13. Seterusnya, Gambar 4.14 menunjukkan hasil sampel tak terganggu clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang di dalam ruang pengeringan.

Daripada gambar-gambar yang tersebut di atas, berat isi yang berasal dari clay shale Pierre yang diperolehi dari tiga lokasi sampel yang berbeda nilainya berrentang antara 2.30 t/m^3 hingga 2.39 t/m^3 dengan kadar air berrentang di antara 6% hingga 8.4% (Bless dan Ahren, 1977). Uji graviti tentu (Gs) pada clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang dilakukan masing-masing sebanyak tiga kali. Setiap uji dilakukan dengan tiga sampel botol piknometer. Hasil uji graviti tentu dapat lihat pada Tabel 4.2. Hasil uji batas Atterberg berupa batas cecair (LL), batas plastik (PL) dan indeks keplastikan (PI) dari kedua jenis clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang menghasilkan nilai yang berbeda. Tabel 4.3 menunjukkan hasil uji batas Attterberg yang diperolehi.

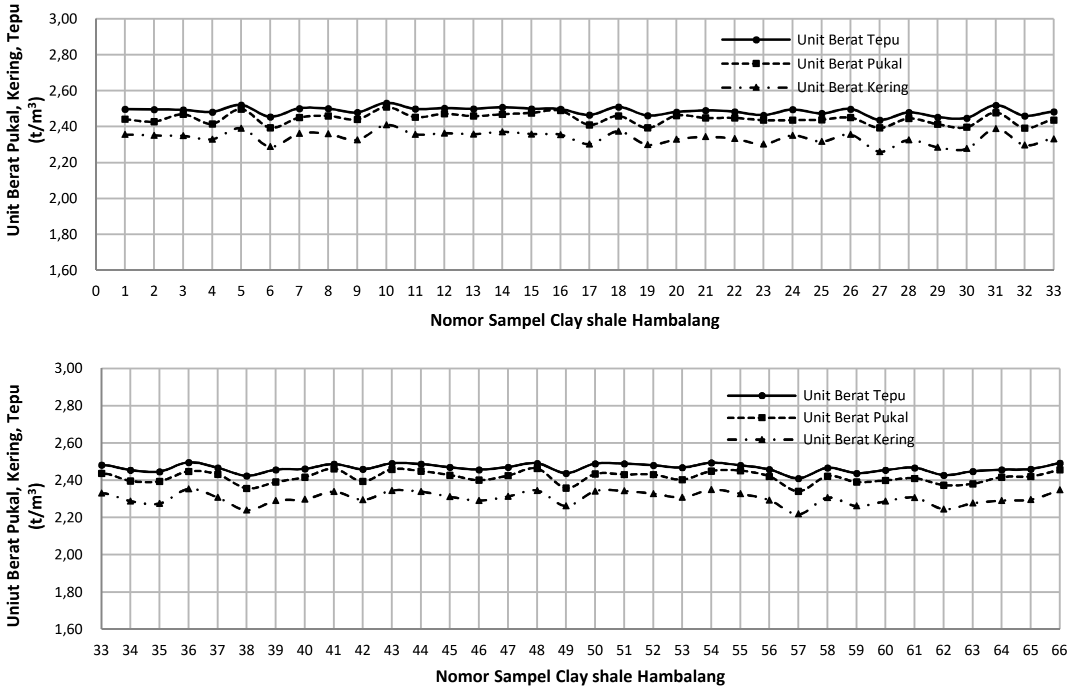




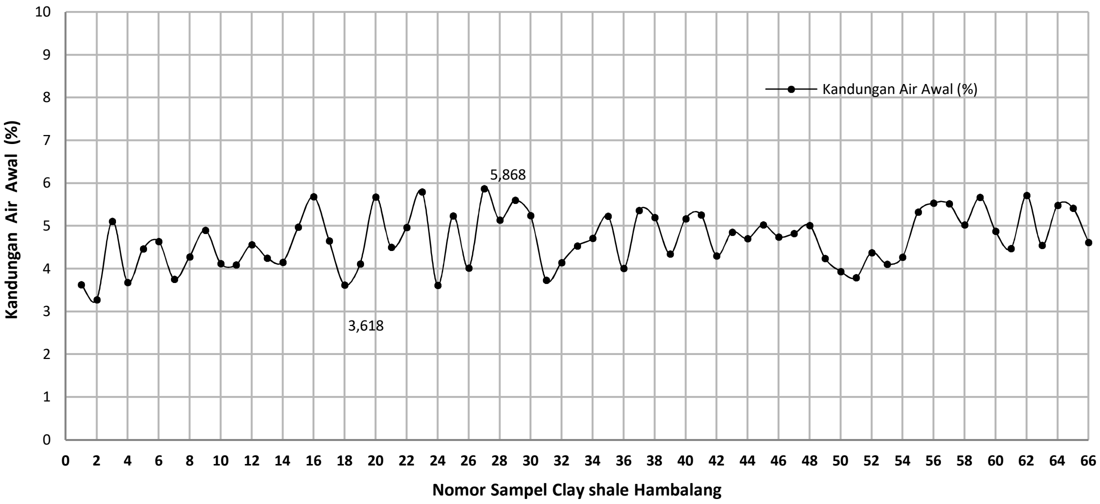
Gambar 4.10 Unit berat jenuh (γ_{sat}), berat isi (γ) dan unit berat kering (γ_d) clay shale Semarang-Bawen semasa awal penyediaan sejumlah 58 sampel.



Gambar 4.11 Kadar air awal semasa awal pembuatan sampel clay shale Semarang-Bawen berjumla 58 sampel.



Gambar 4.12 Unit berat jenuh (γsat), berat isi (γ) dan unit berat kering (γd) clay shale Hambalang semasa terbitan asal sejumlah 66 sampel



Gambar 4.13 Kadar air asal semasa terbitan asal sampel clay shale Hambalang pada awal pembuatan 66 sampel

Tabel 4.2 : Hasil uji graviti tentu clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang

Semarang-1	**Sampel 1**				**Hambalang-1**	**Sampel 1**			
No, botol	7	11	13	**Rata2**	No, botol	6	7	1	**Rata2**
Berat Botol	31.55	26.22	30.34		Berat Botol	31.38	30.32	33.71	
Berat Botol + Air	82.22	77.02	80.97		Berat Botol + Air	82.06	83.62	83.31	
Berat Botol + Tanah	36.55	31.22	35.34		Berat Botol + Tanah	36.38	35.32	38.71	
Berat Botol + Tanah + Air	85.16	79.96	83.94		Berat Botol + Tanah + Air	85.1	86.65	86.31	
Gs-1	2.65	2.63	2.69	**2.65**	**Gs-1**	2.79	2.78	2.74	**2.77**
Semarang-2	**Sampel 2**				**Hambalang-2**	**Sampel 2**			
No, botol	1	2	7	Rata2	No, botol	10	2	15	**Rata2**
Berat Botol	35.7	30	29.49		Berat Botol	26.23	29.99	30.36	
Berat Botol + Air	87.75	80.58	79.59		Berat Botol + Air	77.03	80.57	81	
Berat Botol + Tanah	40.7	35	34.49		Berat Botol + Tanah	31.23	34.99	35.36	
Berat Botol + Tanah + Air	90.72	83.5	82.55		Berat Botol + Tanah + Air	80.06	83.6	84.03	
Gs-2	2.70	2.61	2.67	**2.66**	**Gs-2**	2.76	2.77	2.77	**2.77**
Semarang-3	**Sampel 3**				**Hambalang-3**	**Sampel 3**			
No, botol	1	7	6	**Rata2**	No, botol	7	11	13	**Rata2**
Berat Botol	33.71	30.33	31.38		Berat Botol	29.5	31.55	35.73	
Berat Botol + Air	83.32	83.67	82.07		Berat Botol + Air	79.6	82.24	87.34	
Berat Botol + Tanah	38.71	35.33	36.38		Berat Botol + Tanah	34.5	36.55	40.73	
Berat Botol + Tanah + Air	86.25	86.55	85.02		Berat Botol + Tanah + Air	82.7	85.27	90.31	
Gs-3	2.64	2.57	2.66	**2.62**	**Gs-3**	2.88	2.78	2.70	**2.79**
Graviti Tentu Gs Semarang-Bawen (2.62-2.66)				**2.64**	**Gaviti Tentu Gs Hambalang (2.77-2.79)**				**2.78**

Hasil uji batas-batas Atterberg berupa batas cecair (LL), batas plastik (PL) dan indeks keplastikan (PI) dari kedua jenis clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang menghasilkan nilai yang berbeda. Hasil uji batas Attterberg diperoleh pada Tabel 4.3 berikut:

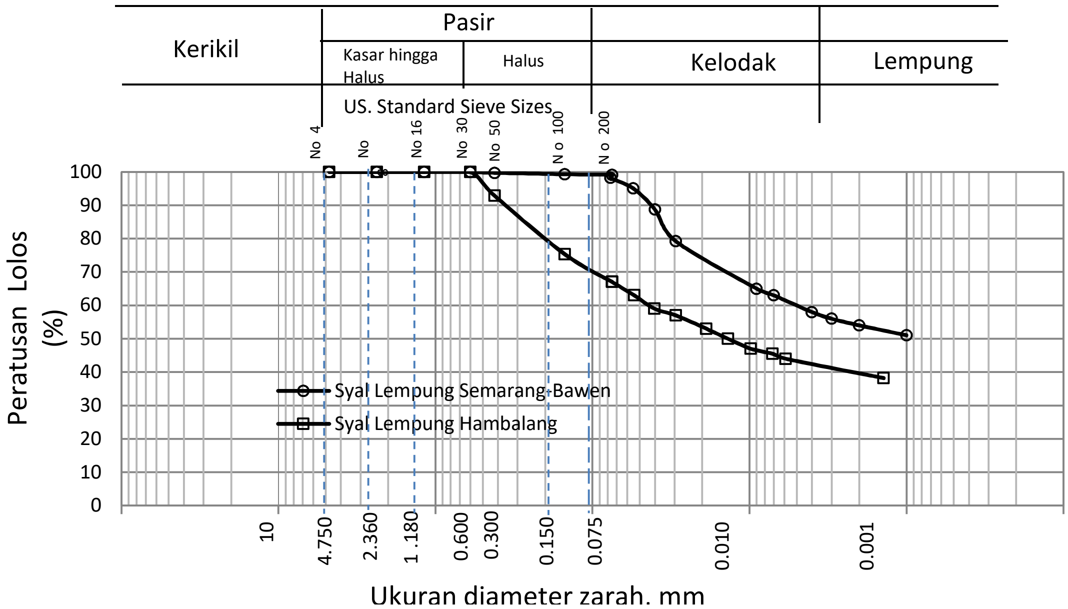
Tabel 4.3 : Hasil uji batas Atterberg clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang

Bil.	Lokasi Clay shale	Batas cecair (LL)	Batas plastik (PL)	Indeks keplastikan (PI)
1	Semarang-Bawen	59.12	29.89	29.23
2	Hambalang	25.12	14.12	11.00

Gambar 4.14 Hasil sampel tak terganggu clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang di dalam ruang pengeringan

4.3.2 Sifat Fisik

Dari uji sifat fisik clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang yang dilakukan dengan uji analisis ayakan dan hidrometer, diperolehi bahwa analisis kuantitatifnya berbeda. Kadar pasir pada clay shale Hambalang adalah 33% lebih besar dari kadar pasir clay shale Semarang-Bawen sebanyak 0.92%. Manakala kadar lanau dan lempung dari clay shale Semarang-Bawen lebih besar bila berbanding dengan clay shale Hambalang. Dari kedua clay shale ini, clay shale Semarang-Bawen didominasi oleh butiran halus sebanyak 99.1%, manakala clay shale Hambalang 67%. Oleh karena komposisi dan sifat fisik kedua clay shale ini berbeda maka sifat dan perilaku juga adalah berbeda apabila clay shale terpelapukan. Hasil uji sifat fisik clay shale Semarang-Bawen dan clay shale Hambalang dapat dilihat pada Gambar 4.15, manakala pada Tabel 4.4 terdapat ringkasan hasil uji sifat indeks dan sifat fisik clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang.



Gambar 4.15 Distribusi ukuran butiran clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang

Tabel 4.4 : Hasil uji sifat indeks dan sifat fisik clay shale Semarang- Bawen dan Hambalang

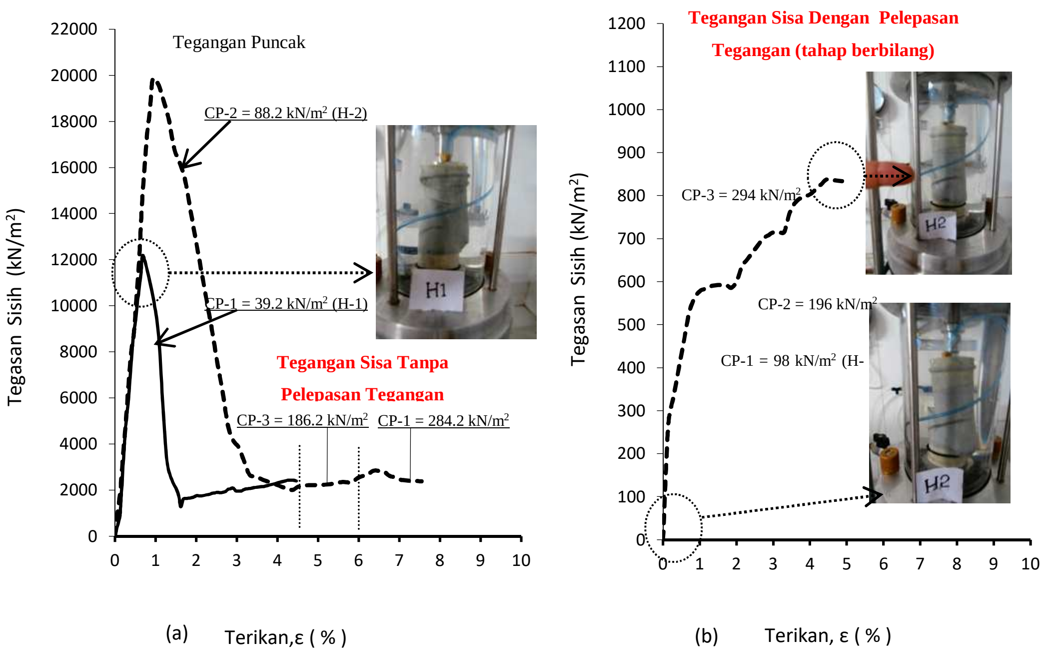
Bil.	**Parameter**	**Simbol**	**Semarang-Bawen**	**Hambalang**	**Unit**
			Nilai	**Nilai**	
1	Berat isi *(unit weight)*	γ	20.3 ~ 21.6	23.4 ~ 24.7	kN/m^3
2	Kadar air mula-mula *(natural water content)*	w_n	15.3 ~ 18.5	3.50 ~ 5.11	%
3	Graviti tentu *(specific gravity)*	Gs	2.65 ~ 2.68	2.70 ~ 2.79	
4	Unit berat kering *(dry unit weight)*	γ_d	17.6 ~ 18.6	22.1 ~ 23.7	kN/m^3
5	Unit berat jenuh *(saturated unit weight)*	γsat	21.01 ~ 21.72	24.87	kN/m^3
6	Angka pori *(void ratio)*	e	0.465 ~ 0.517	0.204	
7	Batas Atterberg				
	Batas cecair *(liquid limit)*	LL	59.12	25.12	%
	Batas plastik *(plastic limit)*	PL	29.89	14.12	%
	Indeks keplastikan *(plasticity index)*	PI	29.23	11	%
8	Taguran ukuran butiran *(soil distribution)*				
	Pasir		0.92	32.98	%
	Lanau		45.08	27.02	%
	Lempung		54	40.00	%

4.3.3 Sifat Mekanik Dengan Uji Triaksial Tak Tersalir (UU)

Uji triaksial dilakukan dalan penelitian ini untuk mendapatkan parameter kekuatan geser berupa kohesi dan sudut geser dalam. Parameter kekuatan geser diperolehi pada keadaan tegangan puncak dan tegangan sisa pada sampel clay shale tak jenuh dan jenuh, sehingga diperolehi kekuatan geser jumlah dan kekuatan geser efektif dari uji ini. Manakala kekuatan geser sisa dilakukan dengan metode tahap berbilang pada keadaan tegangan tanpa pelepasan tegangan yang dilanjutkan dengan pelepasan tegangan.

4.3.3.1 Perilaku Tegangan Regangan Uji Triaksial Clay Shale Tak Jenuh

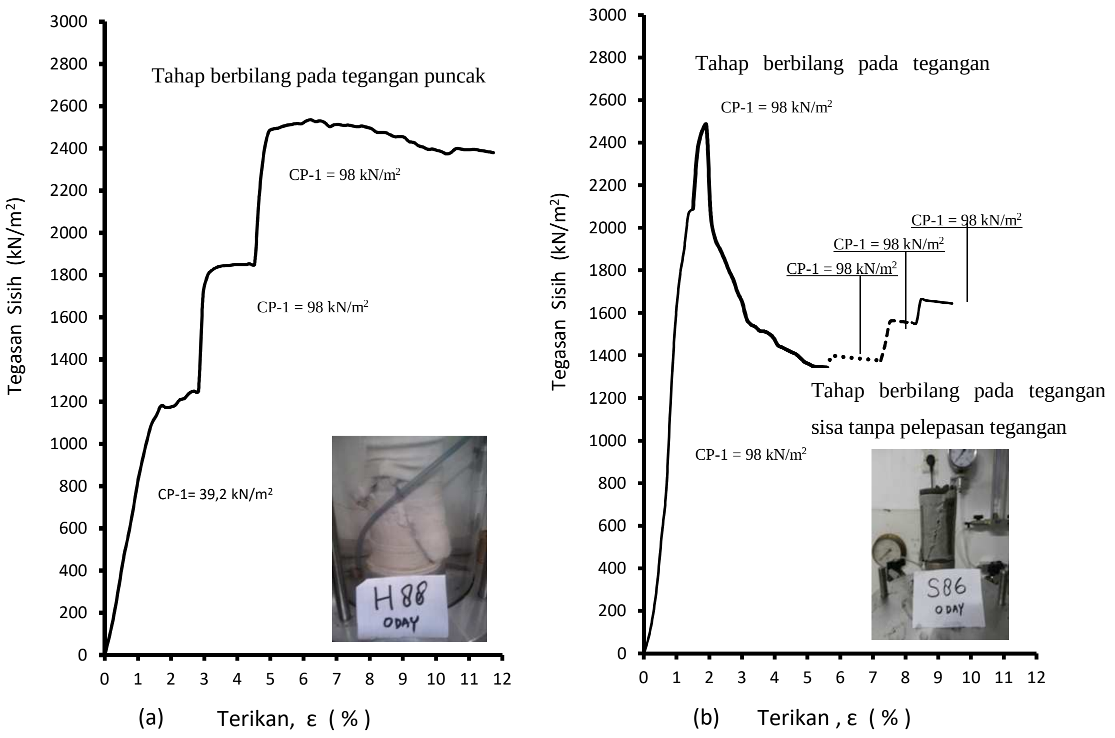
Clay shale yang sering juga diistilahkan sebagai batuan lempung adalah bahan batuan yang terdiri daripada mineral lempung. Dengan demikian perilaku tegangan regangan uji triaksial menyerupai tegangan regangan batuan pada umumnya. Pada uji triaksial atau uji lainnya, batuan memiliki kekuatan lebih daripada tanah lainnya sehingga pada tegangan keliling yang kecil akan menghasilkan tegangan sisih yang tinggi. Hasil tegangan regangan clay shale dari uji triaksial pada peringkat awal pada keadaan tegangan puncak, tegangan sisa tanpa pelepasan tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.16(a). Manakala tegangan sisa dengan pelepasan tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.16(b).



Gambar 4.16 Perilaku tegangan regangan dari ujian triaksial mula-mula dengan tahap berbilang pada tegangan sisa. (a) Pada keadaan tegangan puncak dan tegangan sisa tanpa pelepasan tegangan Sampel H-1, H-2 dan (b) pada tegangan sisa dengan pelepasan tegangan Sampel H-2

4.3.3.2 Perilaku Tegangan Regangan Ujian Triaksial Dengan Metode Tahap berbilang

Metode tahap berbilang pada ujian triaksial biasanya dilakukan untuk menjimatkan penggunaan sampel. Dengan hanya satu sampel tiga nilai tegangan sisih maksimum boleh diperolehi pada setiap tegangan keliling yang digunakan. Dengan demikian untuk menentukan kohesi dan sudut geser dalam, tiga lingkaran Mohr akan diperolehi. Dalam penelitian ini hasil kekuatan geser diperolehi daripada dua standar ujian triaksial, yaitu dengan standar ujian triaksial dengan minimum 2 sampel yang dipakai atau dengan standar ujian triaksial metode tahap berbilang. Contoh hasil ujian triaksial dengan metode tahap berbilang dapat dilihat pada Gambar 4.17.

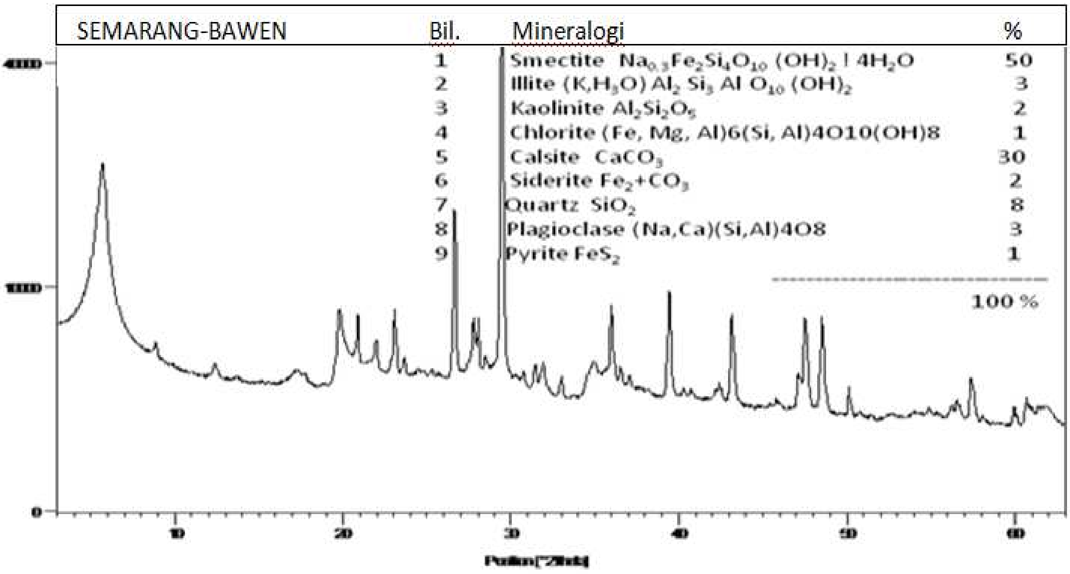


Gambar 4.17 (a) Tegangan regangan pada ujian triaksial tahap berbilang clay shale Hambalang (H-88) pada keadaan tegangan puncak dengan tahap berbilang dan (b) pada clay shale Semarang-Bawen (S-86) pada keadaan puncak dan keadaan tegangan sisa tanpa pelepasan tegangan

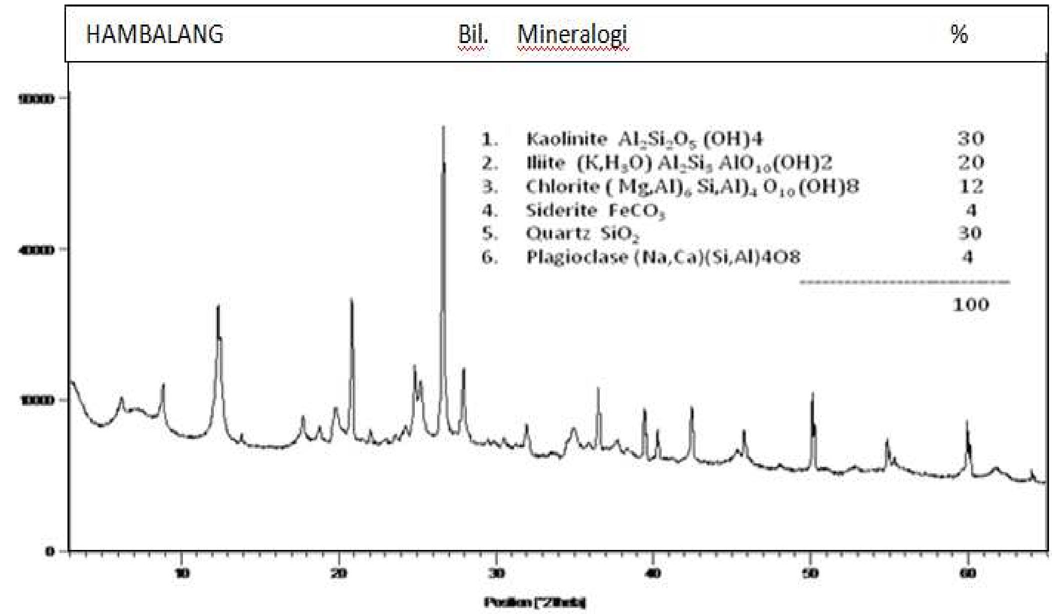
4.3.4 Mineralogi dan Pengimbasan Mikrolingkup Electron (SEM)

Untuk mengetahui keadaan yang lebih terperinci dari clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang, maka uji mineralogi dengan *X-Ray Defraction* serta pemgimbasan mikrsolingkup elektron (SEM) dilakukan. Uji mineralogi dari kedua sampel clay shale menunjukan kualiti serta kuantiti yang berbeda. Di dalam clay shale Semarang-Bawen mineral lempung yang utama adalah Smektit sejumlah 50%, sedangkan clay shale Hambalang mineral utama adalah 30% Kaolinit dan 20% Klorit. Mineral karbonat yang utama pada clay shale Semarang-Bawen adalah Kalsit sebesar 30%, sedangkan pada clay shale Hambalang adalah Siderit hanyalah

sebanyak 6% . Hasil uji XRD kedua clay shale dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24, serta Tabel 4.6 yang menyatakan kadar mineral kedua-dua clay shale.



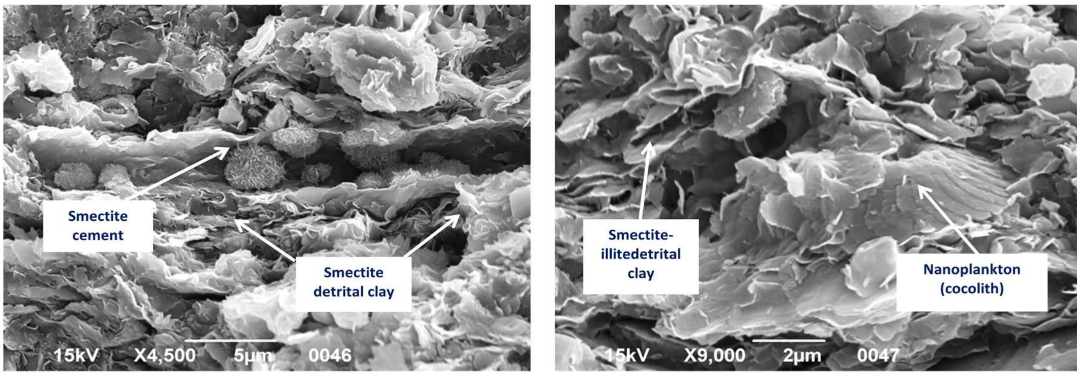
Gambar 4.18 Hasil uji mineralogi clay shale Semarang-Bawen dengan XRD (LEMIGAS, 2015)



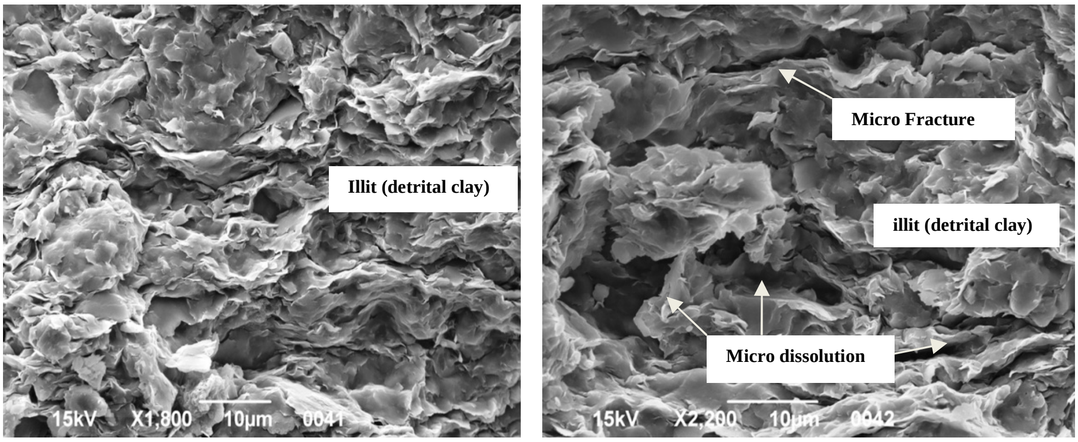
Gambar 4.19 Hasil uji mineralogi clay shale Hambalang dengan XRD (LEMIGAS, 2015)

Uji pengimbasan elektron mikrolingkup (SEM) clay shale Semarang-Bawen yang diperbesar sehingga 4,500X dan 9,000X dapat dilihat pada Gambar 4.26. Bentuk mineral Smektit serta mineral Illit dapat dilihat pada skala pembesaran

tersebut. Mineral Smektit yang merupakan serumpun dari mineral Montmorilonit adalah mineral lempung yang terkecil (Mitchell and Shoga, 2005). Semakin kecil mineral lempung, maka semakin besar permukaan tentu (*specific surface*) mineralnya, sehingga ia mampu menyerap lebih banyak hidrogen dan seterusnya kadar air menjadi semakin tinggi. Gambar 4.27 menunjukkan hasil uji pengimbasan miksrolingkup elektron (SEM) dari lempung Hambalang. Pada gambar tersebut dilihat bahwa dengan skala pembesaran yang lebih kecil yaitu pembesaran 1,800X dan 2,200X, mineral Illit jelas kelihatan.



Gambar 4.20 Hasil scaning elektro magnetic (SEM) clay shale Semarang-Bawen dengan pembesaran 4,500X dan 9,000X. (LEMIGAS, 2015)



Gambar 4.21 Hasil scaning elektro magnetic (SEM) clay shale Hambalang dengan pembesaran 1,800X dan 2,200X (LEMIGAS, 2015)

Tabel 4.5 : Kadar mineral clay shale Semarang-Bawen dan Hambalang (LEMIGAS, 2015)

LOKASI	**MINERAL LEMPUNG (%)**				**JUMLAH (%)**
	Smektit	Illit	Kaolinit	Klorit	
Semarang-Bawen	50	3	2	1	56
Hambalang	-	12	30	20	62
	MINERAL KARBONAT (%)			**-**	**JUMLAH (%)**
	Kalsit	Dolomit	Siderit	**-**	
Semarang-Bawen	30	-	2	-	32
Hambalang	-	-	4	-	4
	MINERAL LAIN-LAIN (%)				**JUMLAH (%)**
	Kuarza	K-Feldspar	Plagioklas	Pirit	
Semarang-Bawen	**8**	**-**	**3**	**1**	**12**
Hambalang	30	-	4	-	34

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perbedaan sifat indeks, fisik dan mekanik yang terjadi antara clay shale Semarang-Bawen dan clay shale Hambalang disebabkan oleh perbedaan sejarah formasi geologi serta perbedaan mineral secara kualitatif dan kuantitatif. Clay shale Semarang-Bawen di Jawa Tengah adalah merupakan formasi Kerek, dengan kadar utama terdiri dari mineral lempung Smektit sebanyak 50% dan mineral Karbonat Kalsit sebanyak 30%. Manakala clay shale Hambalang di Sentul Jawa Barat merupakan formasi Jatiluhur, dengan kadar utama berupa mineral lempung Kaolinit sebanyak 30% dan mineral lain berupa Kuart sebanyak 30%. Kadar mineral yang berlainan telah menyebabkan kasuspelapukan yang berbeda ke atas sifat-sifat indeks dan fisik serta perilaku kekuatan geser bagi kedua-dua clay shale tersebut.

Dalam perubahan sifat-sifat indeks didapati bahwa peratusan pengurangan kadar air akibat proses pengeringan clay shale Semarang-Bawen adalah lebih besar apabila dibandingkan dengan clay shale Hambalang pada masa pengeringan yang sama. Manakala akibat proses siklus pembasahan dan pengeringan pada clay shale Semarang-Bawen, peratusan pertambahan kadar airnya lebih besar apabila dibandingkan dengan clay shale Hambalang. Perkara ini juga mengakibatkan

perbedaan yang sama pada perilaku dalam pengurangan berai isi dan penambahan unit berat keringnya akibat proses pengeringan.

Pengaruh menirelagi dominan clay shale Hambalang dan Semarang-Bawen sangat menentukan perilaku pengembangan dan penyusutan akibat siklus basah dan kering yang dilakukan hingga siklus ke empat atau 32 hari. Terlihat clay shale yang dominasi mineralnya Smectite seperti clay shale Semarang-Bawen memiliki deviasi pengembangan dan penyusutan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan clay shale dari Hambalang yang didominasi mineral kaolinit. Hal ini disebabkan bentuk mineral smectite lebih kecil dan mampu meyerapmion hydrogen lebih banyak dibandingkan mineral kaolite. Sehingga menyebabkan pengembangannya juga besar akibat pembasahan, dan menyusutnya juga relative besar akibat proses pengeringan.

5.2 Saran

Pelitian sifat prioperties clay shale ini sangat menarik untuk dikaji lebih jauh terhadap perubahan sifat mekanik dan sifat kompresibilitasnya. Disamping degradasi penurunan sifat mekanik clay shale akinbat proses pelapukan yang berbeda-beda.

REFERENSI

Alatas I. M. (2010). Soil Investigation Report : Pusdiklat Dan Sekolah Olah Raga Nasional, Hambalang, Sentul, Jawa Barat. In *Final Report Soil Investigation*. Jakarta: Geoinves Soil Mechanics Laboratory, Jakata.

Alatas, I. M. (2012). Geotechnical Engineering Aspect in Infrastructure Building on Difficulties soil. *C-Line Journal, Civil Eng Departement of ISTN*.

ASTM D 422-72 (1989). Standard Method for Particle-Size Analysis of Soils. *Annual Book for ASTM Standard*.

ASTM D 653-88 (1989). Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids. In *Annual Book of ASTM Standard*.

ASTM D 854-83 (1989). Test Method for Specific Gravity of Soils. In *Annual Book of ASTM Standard*.

ASTM D 2216-80 (1989). Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil,Rock, and Soil-Aggregate Mistures. In *Annual Book of ASTM Standard*.

ASTM D 2850-87 (1989). Test Method for Unconsolidated Undrained Compressive Strength of Cohessive Soils in Triaxial Compression. In *Annual Book of ASTM Standard*.

ASTM D 4318-84 (1989). Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasicity Index

Effendi, A. C. (1974). Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa Bandung, Indonesia: Direktorat Geologi Bandung.

Erguler, Z. A. and Shakoor, A. (2009). Quantification of Fragment Size Distribution of Clay-Bearing Rocks after Slake Durability Testing. *Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XV, No. 2, May 2009, pp. 81–89*.

Geoinves (2010). Laporan Pendugaan Geolistrik Tahanan Jenis Pada Area Diklat Olahraga Nasional, Sentul, Kabupaten Bogor, Propinsi Jawa Barat. In *Final Report Soil Resistivity by Geolistrik 1 D*.

Geoinves (2014). Laboratory and Field Soil Test Equitment. In *Company Profile PD. Laboratorium Teknik Sipil Geoinves*.

Himawan, A. (2011). Kajian Geoteknik Dan Usulan Teknis Kemiringan Lereng Galian Man Road STA 22+375 - 22+840 Dan Sekitar Interchange Bawen. In *Technical Report* WIJAYA KARYA PT.

Himawan, A. (2013). Alternatif Mitigasi Kelongsoran dan Perkuatan Lereng Galian Tower SUTT STA 19+255 Pembangunan Jalan Tol Semarang - Solo Tahap I Ruas Ungaran - Bawen Paket V Tinalun - Lemah Ireng STA 18+000 - 21+825 In *Technical Report* LAPI ITB PT.

Holtz and Wesley, G. (1983). Compaction and Related Properties of Retorted Oil Shale, *Journal of Geotechhnical Engineering.*

Irsyam, M. Denny, T., Imam, D. S., Suyud, R. K. and Abdul H. T. (1999). Solving Landslide Problem in Shale Cut Slope in The Construction of The Valve Chamber of The TULIS Hydro Electric Power Power. *Proceeding of the '99 Japan Korean Joint Symposium on Rock Mechanics*.

Irsyam, M., Endra, S. and Himawan, A. (2007). Slope Failure of an Embankment on Clay Shale KM 97+500 Of The Ciplarang Toll Road and The Selected Solution : A Case Of Slope Failure Due To Strength Degradation Of Clay Shale. *Proceeding of The Geotechnical International Symposium in Bangkok 6-7 Decemebr 2007*.

Irsyam, M., Jataputra, A. A., Himawan, A. and Kartawiria, A. (2011). Kasus-Kasus Kelongsoran Pada Tanah Clay Shale dan Alternatif Penanggulangannya. *Proceeding of the 9th Indonesian Society for Geotechnical Engineers Conference and 15th Yearly Scientific Meeting, Jakarta .December 2011*.

LEMIGAS, L. (2015). SEM and XRD Report for Semarang-Bawen and Hambalang Clay Shale. Jakarta: LEMIGAS.

Nandi, A. and Shakoor, A. (2008). Application of logistic regression model for slope instability prediction in Cuyahoga River Watershed, Ohio, USA. *Georisk*. 2 (1), 16-27.

Petrosol, PT. (2012). Laporan Akhir Pekerjaan Penyelidikan Tanah Untuk Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I. In *Technical Report PT. Adhi Karya,*.

Sadisun, I. A., Andri S. S., Asep, N. and Prihananto, S. (2006). Weathering Of Some Selected Rock Types And Their Strength Degradation Obtained From Schmidt Hammer. *Proceeding PIT IAGI Riau, The 35th IAGI Annual Convention and Exhibition ,Pekanbaru – Riau, 21 – 22 November 2006*.

Sadisun, I. A., Bandono, Shimada, H., Ichinose, M., and Matsui, K. (2010). Physical Disintegration Characterization of Mudrocks Subjected to Slaking Exposure and Immersion Tests. *Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 5 No. 4 Desember 2010: 219-225.*

Sarman, R. and Shakoor, A. (1994). A Multiple Regression Approach To Predict Swelling in Mudrocks. *Bulein of The Association of Engineering Geologists, Vol. XXXI No.1, pp. 107-121.*

Shakoor, A. and Brock, D. (1987). Relationship Between Fissility, Composition, and Engineering Properties of Selected Shales From Northeast Ohio. *Buletin of The Association of Engineering Geologists , Vol XXIV, No.3, pp. 363-379.*

Shakoor, A. Gautam, T. P. (2015). Influence of Geologic and Index Properties on Disintegration Behavior of Clay-Bearing Rocks. *Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XXI, No. 3, August 2015, pp. 197–209.*

Shakoor, A. and Tej, P. G. (2011). Assessing The Slaking Behaviour of Clay- Bearing Rock. *10th Annual Tecnical Forum Geohazards Impacting Transportation In The Appalachian Region, Columbus Ohio USA.*

Skempton, A. W. (1977). *Slope Stability of Cuttings in Brown Clay*. Tokyo.

Suparman (2013). Pengeboran Tambahan Jalan Tol Semarang - Solo Paket V Ruas Ungaran - Bawen. In *Soil Investigation Report*: Politeknik Negeri Semarang.

Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richard, P.W., Sutisna, K. and Amin, T.C, (1996). Lembar Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Sheets, Jawa. Bandung: Puslitbang Geologi Bandung.

Timothy. D. S. and Duncan, M. (1991). Mechanisms of strength loss in stiff clays. *Journal of Geotechnical Engineering*. 117 (1), 139-154.

UNDIP, Lab. Mektan (2013). Penyelidikan Tanah Bor Dalam Disekitar SUTET STA 19+250, Rencana Jalan Toll Semarang-Solo. In *Soil Investigation Report*: Laboratorium Mekenika Tanah UNDIP, Semarang.

Van Bemmelen, R. W. (1970). *The Geology of Indonesia Vol. IA, General Geology ofIndonesia and Adjacent Archipelago,(2nd ed.).* . Netherland.