

Karakteristik Geologi Teknik Tanah Residu Batuan Sedimen Kuartar Bawah Daerah Kertajati, Majalengka, Jawa Barat

Engineering Geological Characteristics of the Residual Soil, Lower Quaternary Sediments in Kertajati Region, Majalengka, West Java

U. Sudarsono dan G. Hasibuan

Badan Geologi, Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

Sari

Penelitian geologi teknik tentang tanah residu di Indonesia belum banyak dilakukan, sedangkan banyak tapak pembangunan dilaksanakan di tanah residu. Oleh karenanya dalam makalah ini akan dibahas karakteristik tanah residu batuan sedimen Kuartar Bawah (Qos) di daerah Kertajati, Majalengka. Penelitian tanah residu dilaksanakan dengan metode pemetaan geologi teknik, uji setempat dengan menggunakan sondir kekuatan 2,5 ton, pengambilan percontoh dan uji laboratorium mekanika tanah untuk mengetahui sifat-sifat indeks, batas-batas Atterberg, ukuran butir, dan kekuatan tanah. Data analisis uji lapangan menunjukkan bahwa ketebalan tanah residu di daerah penelitian bervariasi dari 2,40 - 14,20 m, dengan susunan sebagai berikut: di atas batuan dasar dijumpai berturut-turut pasir, lanau, dan lempung. Hasil analisis laboratorium terhadap tanah residu mengindikasikan dominasi fraksi butir halus, yang terdiri atas lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Hubungan antarparameter geologi teknik yang dianalisis dengan menggunakan metode regresi linier dan kemudian diuji dengan uji-t mendapatkan korelasi nyata antara parameter-parameter geologi teknik pada tingkat kepercayaan 95% dan 90%. Dengan derajat kebebasan 19 dan tingkat kepercayaan 5% serta 10% didapatkan korelasi antara indeks plastis (IP) dengan batas cair (LL), indeks plastis (IP) dengan kandungan lempung (C), dan berat jenis (G_s) dengan kandungan lempung (C). Korelasi nyata negatif dengan derajat kebebasan 9 pada tingkat kepercayaan 5% dan 10% terjadi pada hubungan antara kohesi (c) dengan sudut geser (ϕ) dan (derajat kejenuhan (S_r) dengan kandungan lempung (C). Korelasi nyata antara derajat kejenuhan (S_r) dengan kandungan lempung (C) terjadi pada derajat kebebasan 19 dan tingkat kepercayaan 10%.

Kata kunci: batuan sedimen Kuartar Bawah, tanah residu, korelasi, regresi linier

Abstract

Only few engineering geological researches on residual soil have been conducted in Indonesia, whereas many infrastructure projects take place on undulating area and mountainous area which are composed of residual soils. The paper discusses residual soil characteristics of the Lower Quaternary sediment (Qos) in Kertajati area, Majalengka. The methodology of the research consists of engineering geological mapping, in situ test using 2.5 ton penetrometer, sampling and laboratory test for index properties, Atterberg limits, grain size analysis, and strength tests. Field test analysis data show that the thickness of residual soil resting on the basement rock in the study area varies from 2.40 - 14.20 m. Upwards, it comprises sands, silts, and clays, respectively. Laboratory analysis data indicate that the residual soil is dominated by fine-grained fraction, composed of high plastic clay (CH). Relationship among engineering geological parameters was analysed using linear regression and tested using statistic method t-test to find real correlation among variables within 95 - 90% significance level. Based on the test, there are real positive correlation with 19 degree of freedom and 5% and 10% level of significance are found in between plasticity indexes (IP) and liquid limits (LL), between plasticity indexes (IP) and clay contents (C), between specific gravities (G_s) and clay contents (C). The real negative correlation with nine degree of freedom and 5% and 10% level of significance occurs in between cohesion (c) dengan friction angle (ϕ). Corelation between degree of saturation (G_s) and clay contents (C) with 19 degree of freedom is found in 10% level of significance.

Keywords: Lower Quaternary sedimentary rocks, residual soil, correlation, linear regression

Pendahuluan

Pembangunan di Indonesia tidak hanya berlangsung di daerah-daerah dataran saja, tetapi juga sudah merambah ke daerah bergelombang dan pegunungan. Daerah-daerah tersebut pada umumnya di tempati oleh tanah-tanah residu yang mempunyai sifat sangat kompleks dan beragam serta belum banyak dipublikasikan. Beberapa di antaranya adalah Wesley (1973, 2009), Hirnawan (1997), Setiadji dr. (2006), serta Tohari dan Sarah (2006). Penelitian-penelitian lain pada umumnya merupakan tugas akhir mahasiswa S1 dan S2.

Penelitian di daerah Kertajati dilaksanakan berkaitan dengan rencana pembangunan Bandara Udara Internasional Jawa Barat (BIJB) yang berlokasi di daerah tersebut, berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 34 tahun 2005 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 5 tahun 2007 (Anonim d, 2005 dan Anonim e, 2007).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik geologi teknik tanah residu di rencana tapak bandara dan hubungan antara parameter-parameter geologi teknik tanah residu tersebut.

Penelitian mencakup kedalaman batuan dasar, profil tanah residu, sifat-sifat indeks, dan klasifikasi tanah residu yang dilaksanakan dengan uji lapangan menggunakan sondir kapasitas 2,5 ton, pemboran tangan, analisis laboratorium berdasarkan standar dari *American Society for Testing and Materials - ASTM*, (Anonim a, 1998) dan hubungan antara sifat-sifat keteknikan tanah dianalisis dengan menggunakan metode regresi linier.

Geografi dan Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian seluas 18 km² terletak di Kecamatan Kertajati, Kabupaten Majalengka. Lokasi tersebut terletak pada koordinat 108° 10' 27,4'' Bujur Timur dan 6° 39' 27,89'' Lintang Selatan. Daerah tersebut mempunyai curah hujan berkisar antara 3.000 - 3.500 mm/tahun (Anonim b, 2004).

Daerah ini merupakan dataran bergelombang dengan kemiringan lereng kurang dari 3% dari barat laut ke arah tenggara dengan ketinggian dari 25 m di bagian tenggara dan 37,5 m dpl. di bagian barat laut. Selain dataran bergelombang, dijumpai pula rawa-rawa yang berfungsi sebagai penampung air hujan yang dimanfaatkan di musim kemarau. Rawa-rawa tersebut antara lain: Rawa Cicabe dan

Rawa Telik di desa Pasiripis, Rawa Cimaneuh, dan Rawa Jawura di Desa Kertajati, serta beberapa rawa di Desa Sukakarta.

Tataan geologi daerah penelitian (Gambar 1) tersusun atas Batuan Sedimen Kuarter Bawah-Qos dan Endapan Aluvium-Qa (Djuri, 1995). Batuan Sedimen Kuarter Bawah (Qos) terdapat hampir di seluruh daerah studi termasuk tapak BIJB, dan terdiri atas: batu pasir tufan, pasir, lanau tufan, lempung, konglomerat, dan breksi tufan mengandung batu apung, seperti yang tersingkap di Desa Kertajati berupa konglomerat dan Desa Pasiripis berupa pasir kasar. Tapak BIJB terletak pada batuan ini. Endapan Aluvium (Qa) berumur Holosen yang terdapat di bagian tenggara daerah studi dan merupakan dataran banjir Sungai Cimanuk, terdiri atas: lempung, lanau, dan pasir. Endapan aluvium tersebut terdapat di bagian tenggara di luar tapak BIJB.

Tanah Residu

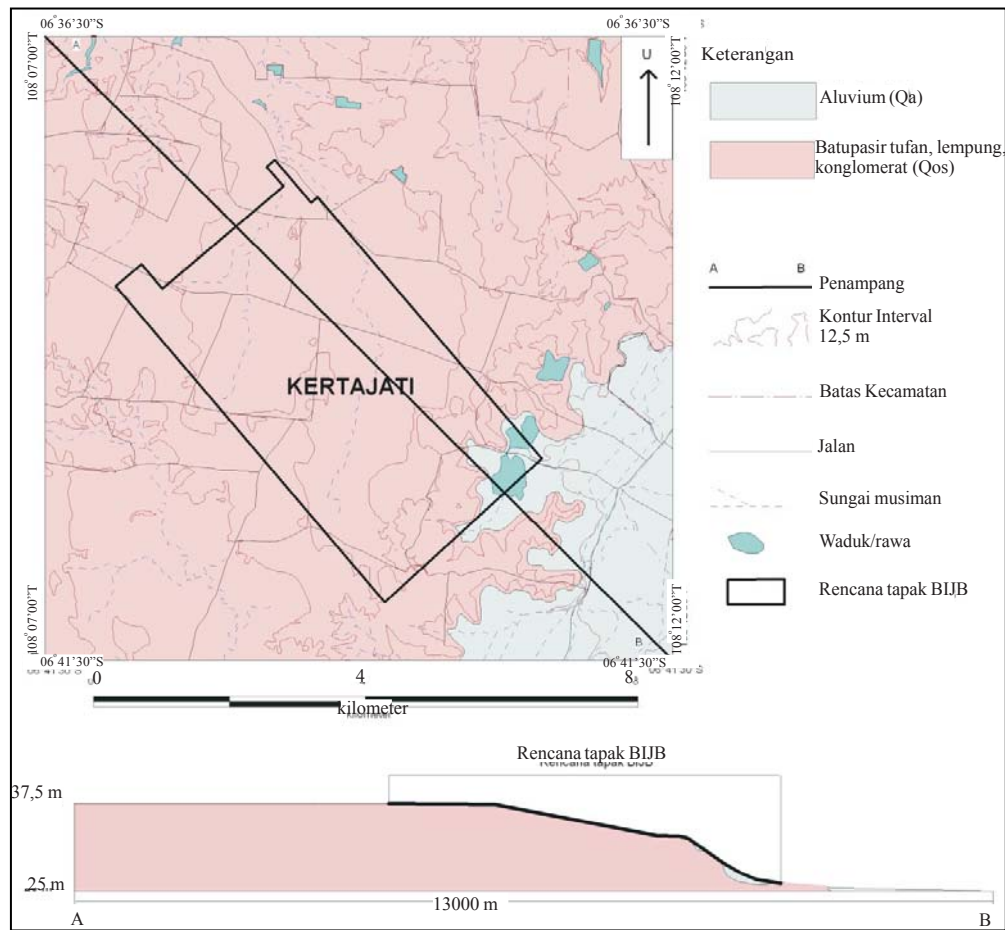
Yang dimaksud dengan tanah residu (*residual soils*) adalah tanah yang dibentuk oleh pelapukan fisika maupun kimia dari batuan induknya dan belum dipindahkan dari tempatnya. Karakteristik tanah residu sangat bergantung pada sifat-sifat batuan induknya. Apabila tanah hasil pelapukan tersebut dipindahkan dan diendapkan di tempat lain, misalnya oleh air atau angin, maka tanah tersebut dikenal sebagai tanah transport (*transported soils*). Berhubung pengertian dari tanah residu berkaitan dengan proses pelapukan, maka disajikan kaitan antara tanah residu dengan tingkat pelapukan suatu massa batuan (Tabel 1).

Dari uraian Tabel 1 tersebut terlihat bahwa kedudukan tanah residu setara dengan zona VI tingkat pelapukan massa batuan, artinya tanah residu terdapat pada tingkat paling atas profil masa tanah.

Metode Penelitian

Metode penelitian lapangan dilaksanakan dengan alat bor tangan, pengambil percontoh tanah, sondir kapasitas 2,5 ton dan tabung percontoh, serta pengamatan lapangan.

Bor tangan dilaksanakan sampai kemampuan bor tangan dapat menembus tanah. Di sebelah bor tangan dilakukan sondir sampai tekanan konus mencapai 150 kg/cm² atau sampai kedalaman 20 m. Bila tekanan



Gambar 1 Peta geologi daerah Kertajati, Kabupaten Majalengka (modifikasi dari Djuri, 1995).

Tabel 1. Tingkat Pelapukan Massa Batuan (Modifikasi dari Irfan dan Dearman, 1978)

Istilah	Zona	Uraian
Tanah residu	VI	Seluruh material batuan telah berubah menjadi tanah. Struktur massa dan kemas (<i>fabric</i>) material telah rusak. Telah terjadi perubahan volume menjadi lebih besar tetapi tanah belum mengalami transportasi.
Lapuk sempurna	V	Seluruh material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Struktur massa yang asli sebagian besar masih utuh.
Lapuk kuat	IV	Lebih dari setengah material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat dijumpai sebagai kerangka diskontinuitas atau inti batuan.
Lapuk sedang	III	Kurang dari separuh material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat dijumpai sebagai kerangka diskontinuitas atau inti batuan.
Lapuk ringan	II	Perubahan warna menunjukkan pelapukan pada material batuan dan permukaan diskontinuitas.
Batuan segar	I	Tidak ada tanda-tanda material batuan mengalami pelapukan; mungkin terdapat sedikit perubahan warna pada permukaan diskontinuitas utamanya.

konus lebih besar dari 150 kg/cm^2 , dianggap bahwa sondir telah mencapai batuan dasar. Pemboran dan sondir dilaksanakan di 20 titik bor dan 20 sondir. Analisis jenis tanah hasil sondir dilaksanakan dengan menggunakan diagram yang dibuat oleh *Fugro Engineering Services Limited*, tahun 2004 (Anonim c, 2004). Berdasarkan diagram tersebut jenis tanah hasil sondir ditentukan berdasar nilai tekanan konus (q_c) dan perbandingan friksi (f)

Percontoh tanah tidak terganggu yang diambil dari lubang bor tangan dengan menggunakan alat pengambil percontoh yang dilengkapi dengan tabung percontoh berdiameter 10 cm terbuat dari *polyvinyl chloride* (PVC). Percontoh tanah tersebut kemudian ditutup dengan lilin untuk dianalisis di laboratorium.

Parameter geologi teknik diketahui dari analisis laboratorium mekanika tanah dengan menggunakan standar *American Society for Testing and Materials* - ASTM, 1998 (Anonim a, 1998) meliputi sifat-sifat indeks tanah, batas-batas Atterberg, distribusi ukuran butir, dan uji kekuatan tanah.

Sifat-sifat indeks yang dianalisis terdiri atas: kadar air (w), berat jenis (G_s), berat isi asli (γ), berat isi kering (γ_d), angka pori (e), porositas (η), derajat kejenuhan (S_r); batas-batas Atterberg; ukuran butir, dan kekuatan batuan yang dicerminkan oleh harga kohesi (c) dan sudut geser (ϕ).

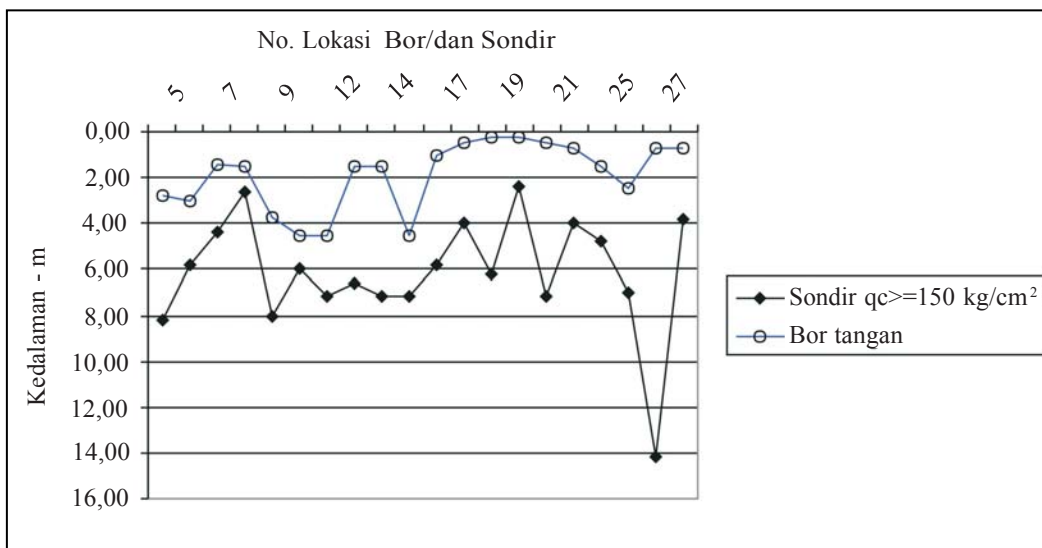
Hasil analisis laboratorium parameter-parameter tersebut kemudian dicari hubungannya dengan menggunakan analisis regresi linier.

Hasil Penelitian

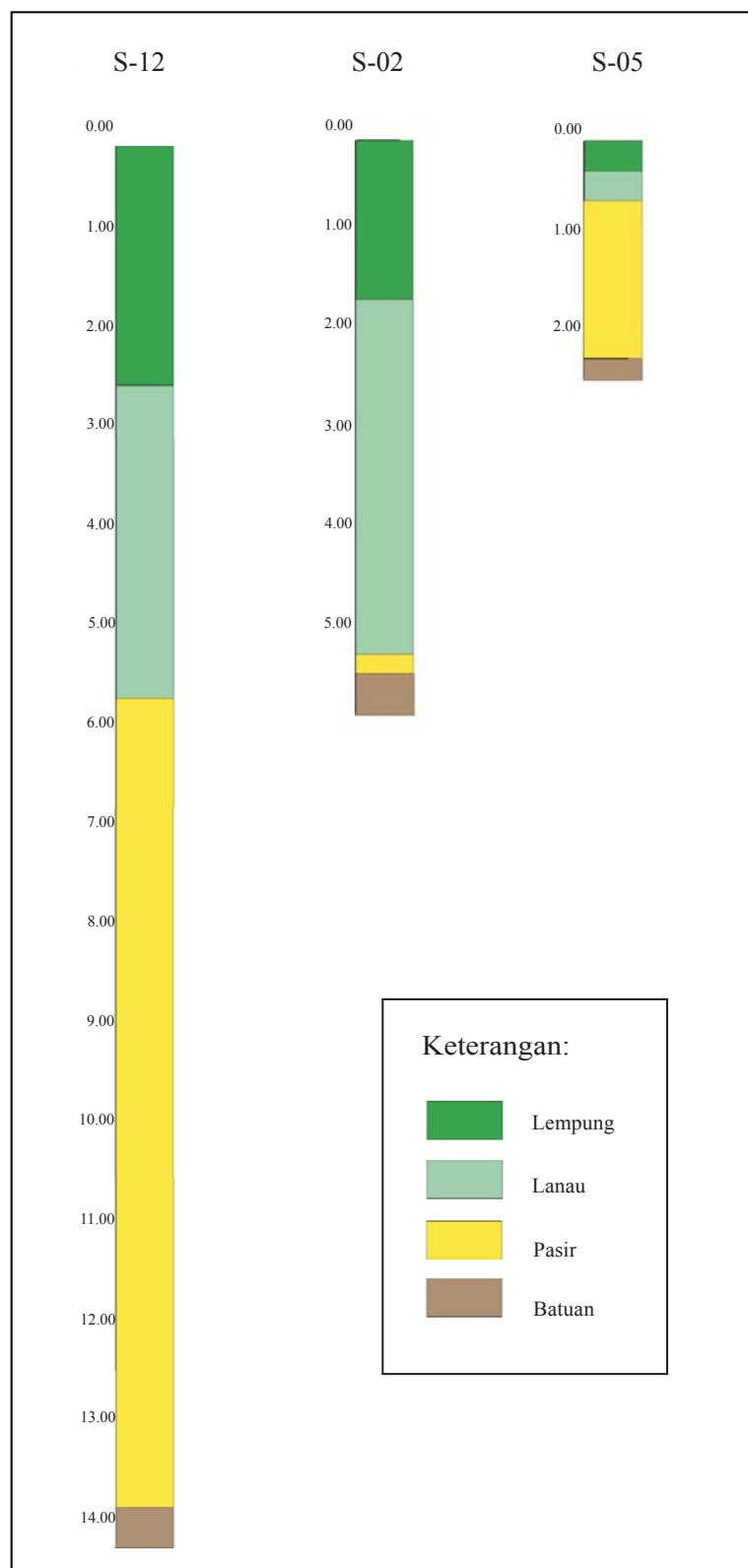
Pemboran tangan di 20 titik yang mencapai kedalaman berkisar antara 0,25 - 3,00 m umumnya berupa lempung plastis coklat kekuningan, sedangkan sondir dengan tekanan konus $q_c \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ dicapai pada kedalaman antara 2,40 m sampai 14,20 m. Berarti uji sondir lebih dalam dari pemboran tangan (Gambar 2). Oleh karenanya, ketebalan tanah residu ditafsirkan dari hasil sondir.

Dengan menggunakan diagram *Fugro Engineering Services Limited* (Anonim c, 2004), yaitu nilai tekanan konus (q_c) dan perbandingan friksi (f), didapat bahwa tanah residu dari atas ke bawah terdiri atas pasir, lanau, lempung, dan batuan dasar (Gambar 3).

Uji laboratorium tanah residu yang terdiri atas sifat-sifat indeks (Tabel 2), memperlihatkan bahwa: kadar air (w) maksimum 59,90% dan minimum 23,56% dengan rata-rata $37,63\% \pm 10,96\%$, berat jenis (G_s) berkisar antara 2,48 sampai 2,80 dengan rata-rata $2,67 \pm 0,10$, berat isi asli (γ) antara $1,39 \text{ gr/cm}^3$ sampai $1,99 \text{ gr/cm}^3$ dengan rata-rata $1,70 \pm 0,17 \text{ gr/cm}^3$, berat isi kering (γ_d) berkisar antara $0,91 \text{ gr/cm}^3$ sampai $1,57 \text{ gr/cm}^3$ dengan rata-rata $1,25 \pm 0,20 \text{ gr/cm}^3$, angka pori (e) antara 0,71 sampai 1,95 dengan rata-rata $1,19 \pm 0,35$, porositas (η) antara 41,65% sampai 66,08% rata-rata $53,16\% \pm 7,24\%$, derajat kejenuhan (S_r) berkisar antara 60,09% sampai 110,24% dengan rata-rata $85,65\% \pm 13,10\%$.



Gambar 2. Kedalaman batuan dasar.



Gambar 3. Profil tanah daerah Kertajati, Majalengka.

Tabel 2. Sifat-sifat Indeks, Limit Atterberg, dan Ukuran Butir Tanah Residu daerah Kertajati, Kabupaten Majalengka

Nomor		Kadar Air w (%)	Berat Jenis Gs (-)	Berat Isi		Angka pori e (-)	Porositas η (%)	Derajat Keje-nuhan Sr (%)	Batas-batas Atterberg		
Urut	Lab.			Asli γ (g/cm ³)	Kering γ_a (g/cm ³)				Batas Cair LL (%)	Batas Plastis PL (%)	Indeks Plastis PI (%)
1	TS.2	26,97	2,74	1,99	1,57	0,75	42,78	98,90	87,00	25,37	61,63
2	TS.4	40,22	2,76	1,48	1,05	1,62	61,85	68,54	92,47	27,84	64,63
3	TS.5	41,22	2,74	1,62	1,15	1,39	58,12	81,40	67,91	22,66	45,25
4	TS.6	49,89	2,72	1,39	0,92	1,95	66,08	69,76	68,30	22,26	46,04
5	TS.7	48,52	2,73	1,74	1,17	1,33	57,05	99,87	71,79	25,85	45,94
6	TS.9	23,86	2,80	1,78	1,44	0,95	48,71	70,31	67,67	27,72	39,95
7	TS.10	23,56	2,72	1,89	1,53	0,78	43,81	82,27	92,35	36,92	55,43
8	TS.12	33,40	2,76	1,62	1,21	1,28	56,11	72,11	65,86	31,18	34,68
9	TS.13	35,85	2,78	1,62	1,19	1,34	57,22	74,48	81,83	32,44	49,39
10	TS.14	47,20	2,71	1,62	1,10	1,46	59,29	87,67	110,19	32,89	77,30
11	TS.15	51,05	2,71	1,71	1,13	1,40	58,38	98,71	63,83	25,93	37,90
12	TS.17	39,62	2,53	1,77	1,27	1,00	49,89	100,67	80,99	31,82	49,17
13	TS.18	25,17	2,67	1,95	1,56	0,71	41,65	94,14	87,03	27,17	59,86
14	TS.19	29,21	2,72	1,93	1,49	0,82	45,08	96,77	74,71	28,22	46,49
15	TS.20	59,90	2,48	1,45	0,91	1,73	63,43	85,63	85,41	27,91	57,50
16	TS.21	31,00	2,58	1,45	1,11	1,33	57,10	60,09	61,78	28,56	33,22
16	TS.22	38,19	2,50	1,63	1,18	1,12	52,82	85,29	63,81	29,43	34,38
17	TS.23	56,01	2,54	1,73	1,11	1,29	56,34	110,24	79,61	34,55	45,06
18	TS.25	25,94	2,71	1,82	1,45	0,88	46,67	80,32	70,46	32,36	38,10
19	TS.26	33,31	2,57	1,77	1,33	0,94	48,34	91,50	77,32	22,15	55,17
20	TS.27	30,13	2,50	1,77	1,36	0,84	45,59	89,89	84,44	29,01	55,43
21	TS.26	33,31	2,57	1,77	1,33	0,94	48,34	91,50	77,32	22,15	55,17

Sambungan.....

Nomor	Distribusi ukuran butir				Simbol
	Pasir	Pasir	Pasir	Kerikil	

Batas Atterberg menunjukkan bahwa batas cair (LL) mempunyai kisaran antara 61,78% sampai 110,19% dengan rata-rata 77,85%±12,16%, batas plastis (PL) antara 22,15% sampai 36,92% dengan rata-rata 26,68%±3,97%, dan indeks plastis (PI) antara 33,22% sampai 77,30% dengan rata-rata 49,17%±11,32%. Ukuran butir didominasi oleh butir halus dan berdasarkan klasifikasi dari *Unified Soil Classification System - USCS* (Holtz dan Kovacs, 1981) termasuk dalam kelompok lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Adapun kekuatan

batuan yang dicerminkan harga kohesi (c) yang berkisar antara 0,04 kg/cm² sampai 0,19 kg/cm² dengan rata-rata 0,10 ±0,05 kg/cm² dan sudut geser (φ) antara 4,00° sampai 9,00° dengan rata-rata 5,50°±1,69° (Tabel 3).

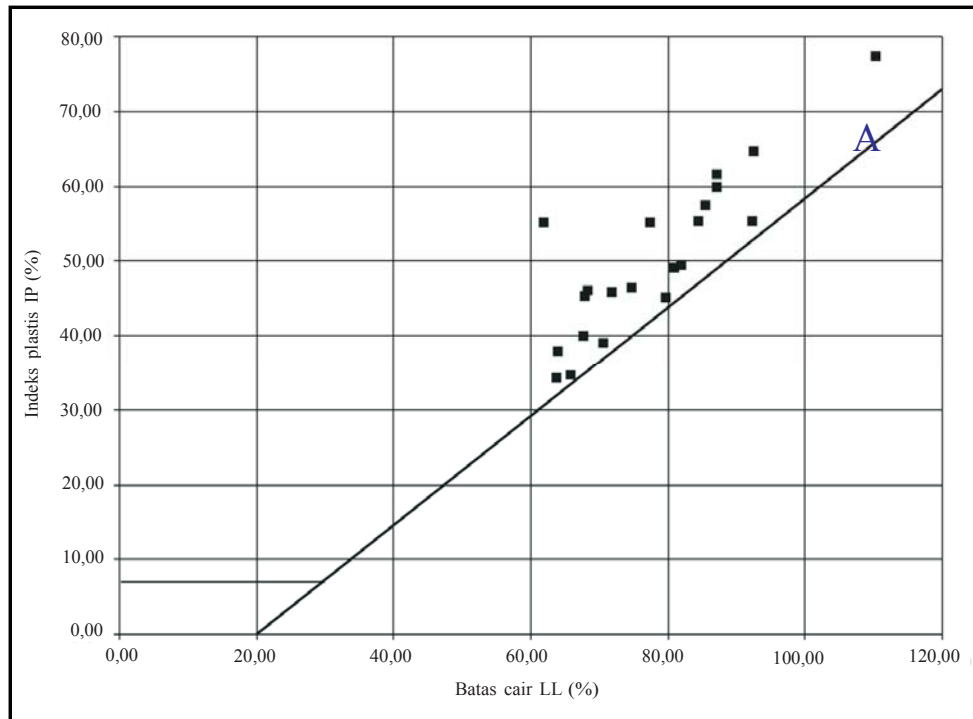
Dalam diagram Casagrande (Gambar 4) terlihat bahwa percontoh tanah residu dari daerah Kertajati, jatuh di atas garis A dan di sebelah kanan garis batas cair (LL) sama dengan 50%, sehingga dikelompokkan sebagai lempung dengan plastisitas tinggi (CH).

Tabel 3. Sifat-sifat Indeks dan Kekuatan Batuan Tanah Residu Daerah Kertajati, Kabupaten Majalengka

No	Nomor Lab.	Kadar Air	Berat Jenis	Berat Isi		Angka pori	Poro sitas	Derajat Keje- nuhan	Batas-batas Atterberg		
				Asli γ (g/cm ³)	Kering γ _d (g/cm ³)				Batas Cair LL (%)	Batas Plastis PL (%)	Indeks Plastis PI (%)
		w (%)	Gs (-)			e (-)	n (%)	Sr (%)			
1	TS.17	39,62	2,53	1,77	1,27	1,00	49,89	100,67	80,99	31,82	49,17
2	TS.18	25,17	2,67	1,95	1,56	0,71	41,65	94,14	87,03	27,17	59,86
3	TS.19	29,21	2,72	1,93	1,49	0,82	45,08	96,77	74,71	28,22	46,49
4	TS.20	59,90	2,48	1,45	0,91	1,73	63,43	85,63	85,41	27,91	57,50
5	TS.22	38,19	2,50	1,63	1,18	1,12	52,82	85,29	63,81	29,43	34,38
6	TS.23	56,01	2,54	1,73	1,11	1,29	56,34	110,24	79,61	34,55	45,06
7	TS.25	25,94	2,71	1,82	1,45	0,88	46,67	80,32	70,46	32,36	38,10
8	TS.27	30,13	2,50	1,77	1,36	0,84	45,59	89,89	84,44	29,01	55,43

Sambungan.....

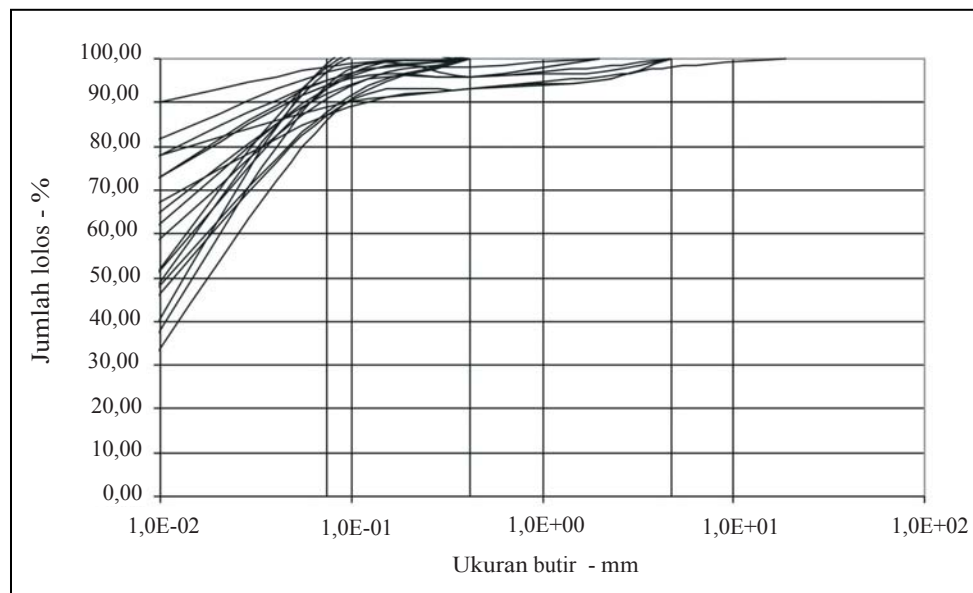
No	Nomor	Kekuatan		Distribusi ukuran butir	Simbol
		Kohesi	Sudut		



Gambar 4. Batas Atterberg tanah residu daerah Kertajati, Majalengka.

Analisis ukuran butir menunjukkan bahwa distribusi ukuran butir berbeda komposisinya dari satu titik ke titik yang lain, dan umumnya merupakan tanah berbutir halus (butir halus > 50%) dengan

kandungan lempung berkisar antara 15% - 87% dengan rata-rata $50,95 \pm 20,22\%$ dan lanau 11% sampai 80% dengan rata-rata $40,84\% \pm 20,18\%$ (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik distribusi ukuran butir tanah residu daerah Kertajati, Majalengka.

Kekuatan tanah yang diuji dengan uji triaksial menunjukkan bahwa kohesi (c) berkisar dari 0,04 kg/cm² sampai 0,19 kg/cm², rata-rata 0,10±0,05 kg/cm². Adapun sudut geser (φ°) berkisar antara 4° sampai 9°, dengan rata-rata 5,50°±1,69°.

diskusi

Hubungan beberapa parameter geologi teknik dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linier guna mencari korelasi yang nilainya berkisar antara +1 sampai -1. Korelasi +1 berarti terdapat hubungan langsung antarvariabel, dan korelasi -1 menunjukkan bahwa satu variabel berubah secara terbalik terhadap variabel yang lain. Di antara dua ekstrem tersebut terdapat suatu spektrum yang menunjukkan hubungan kurang sempurna di antara variabel-variabel tersebut (Davis, 2002).

Analisis regresi linier dilakukan pada parameter geologi teknik yang terdiri atas: berat jenis (G_s), berat isi kering (γ_d gram/cm³), derajat kejenuhan (S_r %); batas-batas Atterberg (%); fraksi lempung (Cl %); dan kekuatan batuan yang dicerminkan harga kohesi (c kg/cm²) dan sudut geser (φ°),

Dari analisis korelasi diperoleh nilai korelasi (r) positif (+) dan negatif (-) dengan nilai berkisar antara -0,030 sampai 0,702, seperti dalam Tabel 3. Untuk mengetahui hubungan lebih lanjut antarvariabel dilakukan uji korelasi yang menggunakan uji-t (*t-test*) dengan hipotesis dan alternatif sebagai berikut (Davis, 2002):

H₀ : ρ = 0 (1)

H₁ : ρ ≠ 0 (2)

H₀ : hipotesis nol

H₁ : hipotesis alternatif

ρ : perkiraan dari parameter koefisien korelasi r yang menggambarkan hubungan antara dua variabel dari suatu populasi.

Hipotesis dan alternatif tersebut dipilih untuk mendeterminasi apakah korelasi percontohan secara signifikan tidak sama dengan nol. Pada hipotesis tersebut ternyata tidak terdapat koefisien korelasi (r) yang sama dengan nol (Tabel 3), sehingga hipotesis H₀ ditolak dan hipotesis H₁ tidak sama dengan nol tidak ditolak. Maka tingkat signifikansi r diuji dengan uji-t menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots\dots\dots (3)$$

r : koefisien korelasi variabel a dan b

n : jumlah percontohan

n-2 : derajat kebebasan (*degrees of freedom*)

Dengan uji-t yang merupakan uji-t dua ekor (*two-tailed t test*) dengan derajat kebebasan dF (*degre of freedom*) sebesar 19 dan 6 dan tingkat kepercayaan α (*level of significance - α*) sebesar α=0,05 dan α=0,10 diperoleh batas-batas kritis sebagai berikut; untuk dF=19 dengan dengan α=0,05 diperoleh batas kritis (t₀₅) di -2,093 dan +2,093, dan untuk α=0,10 diperoleh batas kritis (t₁₀) di -1,729 dan +1,729, sedangkan untuk dF=6 dengan α=0,05 diperoleh t₀₅ di -2,447 dan +2,447, untuk α=0,1 diperoleh t₁₀ di -1,943 dan +1,943.

Berhubung uji t mempunyai dua ekor, yaitu ekor negatif dan ekor positif, maka apabila r mempunyai nilai negatif, maka t_{hitung} akan bernilai negatif dengan batas kritis terletak di bagian ekor negatif atau ekor bagian kiri. Apabila r positif, maka akan menghasilkan t_{hitung} positif, artinya daerah kritis terletak di bagian ekor positif atau ekor bagian kanan.

Hasil perhitungan t_{hitung} dan nilai t₀₅ serta t₁₀ yang diperoleh dari tabel statistik untuk uji-t (Davis, 2002) disajikan dalam Tabel 3.

Dari perhitungan t_{hitung} diperoleh nilai yang bervariasi, baik positif maupun negatif, dan untuk yang bernilai negatif terjadi dari koefisien korelasi r negatif maka hasil pembacaan tabel t diberi harga negatif. Selain perolehan tersebut didapatkan pula bahwa untuk uji korelasi dengan derajat kebebasan n=19, t_{hitung} positif yang lebih besar dan lebih kecil dari t₀₅ atau t₁₀, dan t_{hitung} negatif yang lebih besar dan lebih kecil dari t₀₅ atau t₁₀. Akan tetapi terdapat pula t_{hitung} lebih kecil dari t₀₅ tetapi lebih besar dari t₁₀.

Untuk menentukan apakah variabel-variabel mempunyai korelasi yang nyata antara satu dengan yang lainnya dipergunakan ketentuan sebagai berikut: t_{hitung} positif yang lebih besar dari t₀₅ dan atau t₁₀, maka t_{hitung} jatuh di daerah kritis bagian atas, sedangkan untuk t_{hitung} yang lebih kecil dari t₀₅ dan atau t₁₀ maka t_{hitung} akan jatuh di daerah kritis bagian bawah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa korelasi antara variabel-variabel adalah nyata, sedangkan variabel-variabel yang tidak memenuhi ketentuan tersebut berarti tidak terdapat korelasi yang nyata antarvariabel.

Hubungan dengan kondisi tersebut terdapat pada korelasi antara kandungan lempung (CI) dengan berat jenis (G_s), korelasi antara kandungan lempung (CI) dengan indeks plastis (PI) dan korelasi antara sudut geser (ϕ) dengan indeks plastis (PI) yang akan dievaluasi lebih lanjut. Hubungan antara kandungan lempung (CI) dengan berat jenis (G_s)

Dari perhitungan t_{hitung} diperoleh bahwa untuk kandungan lempung (CI) dengan berat jenis (G_s) dengan jumlah percontoh $n=21$, derajat kebebasan $dF= 19$ dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,586 diperoleh $t_{hitung} = 3,151$. Dengan tingkat kepercayaan $\alpha=5\%$ diperoleh $t_{05} = 2,093$, sehingga t_{hitung} jatuh di bagian atas daerah kritis, dan disimpulkan bahwa terdapat korelasi nyata positif antara kandungan lempung (CI) dengan berat jenis (G_s). Hubungan antara indeks plastis (PI) dengan batas cair (LL) dapat digambarkan dengan persamaan 4 dan Gambar 6.

$$CI = 116,21G_s - 261,25 \dots\dots\dots(4)$$

CI : kandungan lempung %
 G_s : berat jenis

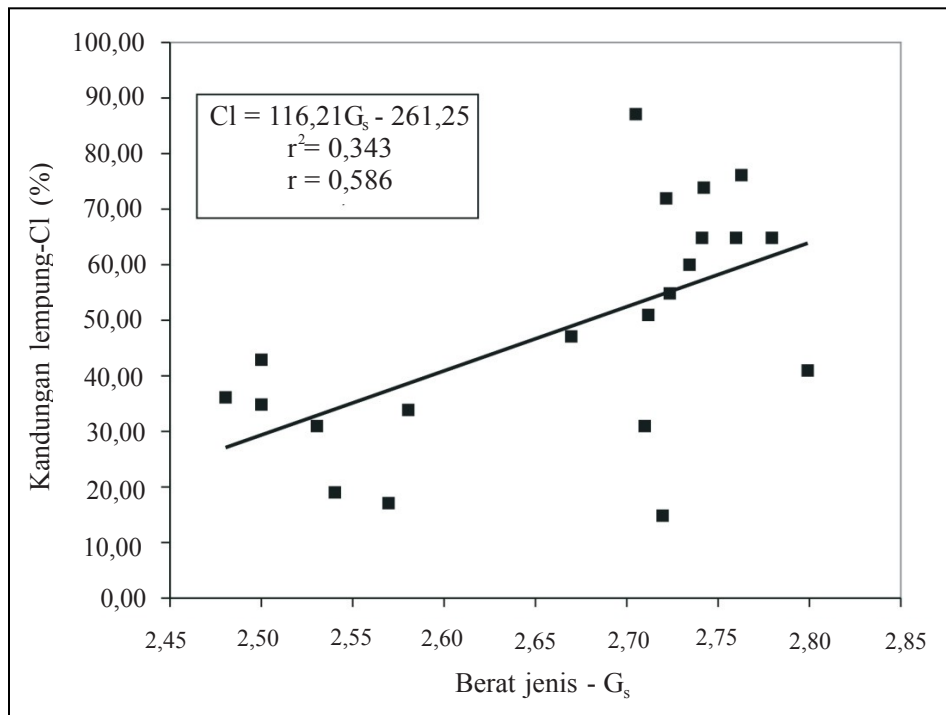
Hubungan antara kandungan lempung (CI) dengan indeks plastis (PI) dilaksanakan dengan jumlah

percontoh $n = 21$, derajat kebebasan $dF=19$, dan koefisien korelasi $r=0,456$ diperoleh nilai $t_{hitung} = 2,232$. Dengan tingkat kepercayaan $\alpha=5\%$ diperoleh $t_{05}=2,093$, artinya bahwa t_{hitung} berada di bagian atas daerah kritis, sehingga terdapat hubungan nyata positif antara kandungan lempung (CI) dengan indeks plastis (PI) yang dapat digambarkan dengan persamaan 5 dan Gambar 7.

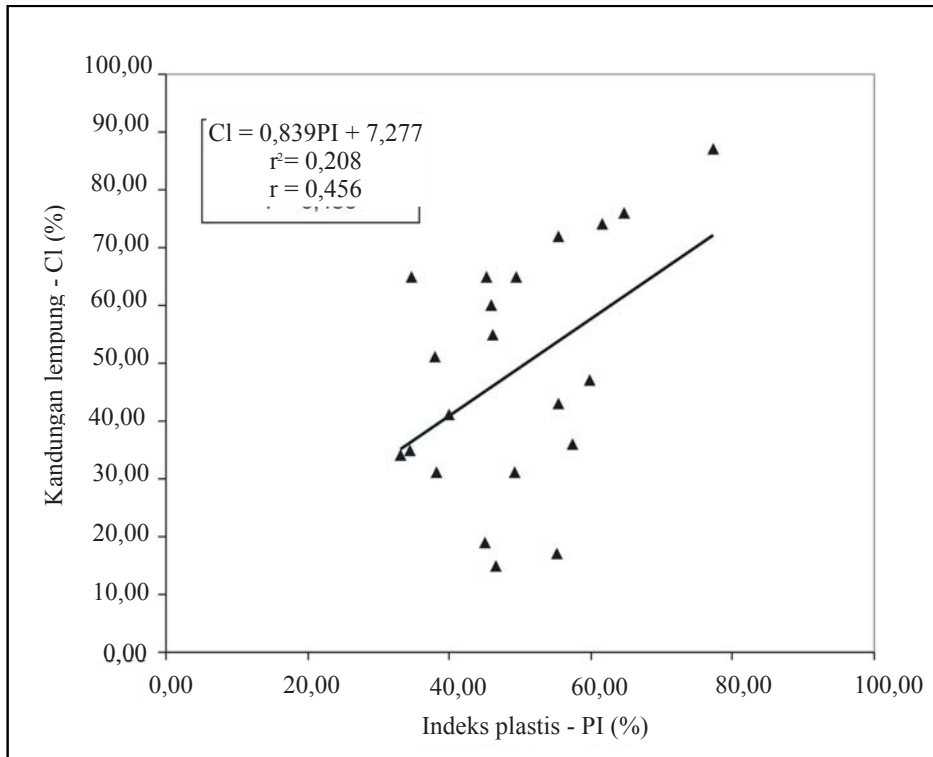
$$CI = 0,839PI + 7,277 \dots\dots\dots(5)$$

CI : kandungan lempung %
 PI : indeks plastis %

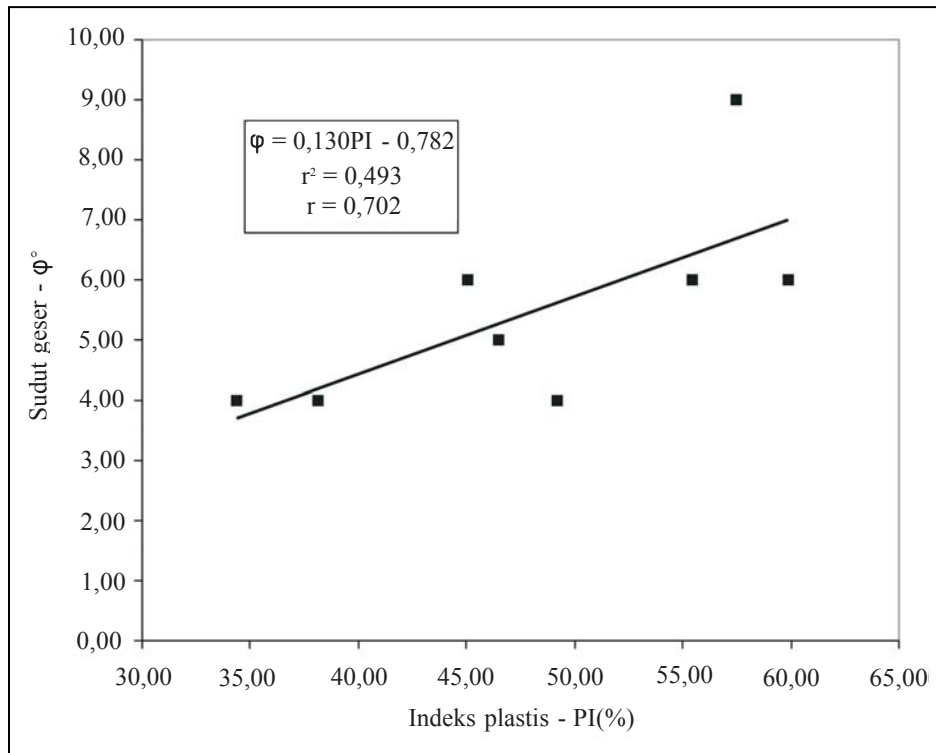
Perhitungan korelasi antara indeks plastis (PI) dengan sudut geser (ϕ) dilaksanakan dengan jumlah percontoh $n = 8$, koefisien korelasi $r = 0,702$, derajat kebebasan $dF = 6$ diperoleh $t_{hitung} = 2,415$. Dengan koefisien korelasi yang cukup tinggi yaitu $r=0,702$ dan $dF=6$ terjadi dua kondisi yang berbeda, yaitu pertama untuk tingkat kepercayaan $\alpha=5\%$ didapat $t_{05} = 2,447$, maka t_{hitung} lebih kecil dari t_{05} , disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi nyata antara indeks plastis (PI) dengan sudut geser (ϕ) pada tingkat kepercayaan $\alpha=5\%$. Akan tetapi untuk tingkat kepercayaan $\alpha=10\%$ diperoleh $t_{10} = 1,943$, ternyata t_{hitung} lebih besar dari t_{10} , sehingga t_{hitung} akan jatuh



Gambar 6. Hubungan antara kandungan lempung (CI) dengan berat jenis (G_s).



Gambar 7. Hubungan antara kandungan lempung CI dengan indeks plastis (PI).



Gambar 8. Hubungan antara sudut geser (ϕ) dengan indeks plastis (PI).

di ekor bagian atas zona kritis. Oleh karena terdapat korelasi positif yang nyata pada tingkat kepercayaan $\alpha=10\%$. Hubungan antara indeks plastis (PI) dengan sudut geser (ϕ) dipresentasikan dengan persamaan 6 dan Gambar 8.

$$\phi = 0,13PI - 0,782 \dots\dots\dots(6)$$

ϕ : sudut geser
 PI : indeks plastis

Kesimpulan

Setelah menganalisis data tanah residu batuan sedimen Kuarter Bawah (Qos) di daerah Kertajati dapat disimpulkan bahwa: tanah residu mempunyai kedalaman berkisar antara 2,40 m sampai 14,20 m dengan rata-rata $5,70 \pm 2,34$ m serta mempunyai susunan dari atas ke bawah sebagai berikut: lempung, lanau, pasir, dan batuan induk.

Tanah residu batuan sedimen Kuarter Bawah (Qos) daerah Kertajati umumnya didominasi oleh material berbutir halus, terutama lempung dengan plastisitas tinggi (CH).

Analisis regresi linier antarparameter geologi teknik menunjukkan beberapa parameter seperti: kandungan lempung (Cl) dengan berat jenis (G_s), kandungan lempung (Cl) dengan indeks plastis (PI) mempunyai korelasi positif yang nyata dengan $dF=19$ dan $\alpha=5\%$, sedangkan antara sudut geser (ϕ) dengan indeks plastis (PI) dengan $dF=6$ tidak terdapat korelasi yang nyata pada tingkat kepercayaan $\alpha=5\%$, tetapi terdapat korelasi positif yang nyata pada tingkat kepercayaan $\alpha=10\%$.

Ucapan Terima Kasih—Terima kasih kami sampaikan kepada Pimpinan Pusat Lingkungan Geologi (sekarang Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan) yang telah mendorong dan membantu, terutama pendanaan dalam penelitian ini. Terima kasih kami sampaikan pula kepada Saudara Basuni, Suhardiman, dan saudara Djoko Santoso, serta Saudari Niken Cahyorinartri yang telah membantu dalam penyiapan makalah ini.

Referensi

- Anonim a, 1998. *Annual book of ASTM Standards*. Section 4 Construction, vol 04.08: soil and rocks, dimension stone, geosynthetics, Philadelphia, USA.
- Anonim b, 2004. *Atlas curah hujan Indonesia*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, dan Badan Meteorologi dan Geofisika,
- Anonim c, 2004. *Cone penetration testing (CPT)*, Fugro Engineering Services Limited, Hithercroft Road, Wallingford, Oxfordshire OX10 9RB, http://www.fes.co.uk/downloads/datasheets/cpt/Datainterpretation/CPT_Handbook.pdf (diunduh 10 Nopember 2009).
- Anonim d, 2005. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 34 tahun 2005 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Di Kecamatan Kertajati, Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat.
- Anonim e, 2007. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 5 Tahun 2007 tentang Rencana Induk Bandar Udara di Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat.
- Davis, J.C., 2002. *Statistics and data analysis in geology*. Ed. 3, John Wiley and Sons Inc, Singapore.
- Djuri, 1995. *Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa, skala 1:100.000*. Ed. 2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hirawan, F., 1997. Perilaku tanah ekspansif dan peningkatan parameter ketahanan oleh peran vegetasi. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 18, h.1-11.
- Holtz, R.D. dan Kovacs, W.D., 1981. *An Introduction to Geochemical Engineering*. Prentice Hall.
- Irfan, T.Y. dan Dearman, W.R., 1978. Engineering classification and index properties of a weathered granite. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 17, h.79-90.
- Setiadji, P., Sadisun, I.A., dan Bandono, 2006. Pengamatan dan pengujian lapangan dalam karakterisasi pelapukan andesit di Purwakarta. *Jurnal Geoaplika*, 1(1), h.003 - 013.
- Tohari, A. dan Sarah. D., 2006. Assesment of the stability of steep volcanic residual soil slopes under rainfall infiltration. *Media Teknik Sipil*, Juli, h.95-102.
- Wesley, L. D., 1973. Some basic engineering properties of halloysite and allophane clays in Java, Indonesia. *Geotechnique*, 23(4), h.471-494.
- , 2009. *Fundamental of soil mechanic for sedimentary and residual soils*. John Wiley and Sons, Inc, New Jersey, USA, <http://books.google.co.id/books?id=> (diunduh 25 November 2009).