

KORELASI KADAR AIR, DERAJAT KEPADATAN RELATIF DENGAN CBR PADA TANAH BERBUTIR

Zulkipli¹⁾ . Eka Pridi,²⁾ Aprianto,²⁾

Abstrak

Didalam merencanakan suatu timbunan, baik itu timbunan badan jalan (*embankment*), maupun reklamasi rawa atau pantai, pasir selalu digunakan sebagai bahan timbunannya. Pemilihan material tersebut karena disamping relatif mudah diperoleh juga harganya lebih murah dibandingkan dengan tanah laterite. Sebelum digunakan sebagai bahan timbunan, terlebih dahulu disarankan membuat job mix (campuran kerja) yang mencakup, karakteristik fisik (*Index properties*), maupun mekanik (*mechanical properties*), dari bahan yang akan dipakai sebagai timbunan. Salah satu kriteria yang diminta dalam Job mix, adalah besarnya Kepadatan maximum tanah (γ_{dmax}) dan $w_{optimum}$, serta besarnya daya dukung tanah (CBR).

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar air (w), derajat kepadatan relative (DR) tanah pasir, dimana hubungan tersebut mempermudah kita dalam menentukan besarnya nilai CBR Laboratorium.

Dari hasil analisa statistik menunjukkan adanya hubungan yang sangat baik antara kepadatan relatif dengan kadar air terhadap nilai CBR laboratorium, dengan tingkat kepercayaan 95%.

Kata Kunci: Kepadatan relatif (DR), *California Bearing Ratio* (CBR) pasir.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik, endapan-endapan beserta campuran partikel dengan beragam ukuran. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi, dari ukuran lebih besar dari 100 mm sampai ukuran lebih kecil dari 0,001 mm. Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah kering mungkin hanya terdapat dua bagian saja, yaitu butiran tanah dan pori-pori udara. Tanah dalam keadaan tidak jenuh terdiri dari tiga bagian, yaitu butiran padat, pori-pori udara, dan air pori.

Didalam merencanakan suatu timbunan, baik itu timbunan badan jalan (*embankment*), maupun reklamasi rawa atau pantai, pasir selalu digunakan sebagai bahan timbunannya. Pemilihan material tersebut karena disamping relatif mudah diperoleh juga harganya lebih murah dibandingkan dengan tanah laterite. Sebelum digunakan sebagai bahan timbunan, terlebih dahulu disarankan membuat job mix (campuran kerja) yang mencakup, karakteristik fisik (*Index properties*), maupun mekanik (*mechanical properties*), dari bahan yang akan dipakai sebagai timbunan. Salah satu kriteria yang diminta dalam Job mix,

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT Untan
2. Dosen prodi Teknik Sipil FT Untan

adalah besarnya Kepadatan maximum tanah (γ_{dmax}) dan $w_{optimum}$, serta besarnya daya dukung tanah (CBR).

Pada jenis tanah yang didominasi lempung, atau lanau, penentuan kepadatan maximum dan kadar optimum yang dipakai dalam kriteria dalam menentukan nilai CBR relatif sangat mudah. Tidak demikian untuk lapisan tanah yang didominasi pasir, penentuan besarnya nilai kadar air optimum relatif sangat sulit.

Pada tanah pasir, kepadatan lapisan tanah ditentukan dengan melihat besarnya nilai kepadatan relatif (DR). Sedangkan konsistensi lapisan tanah pasir dapat dilihat dalam tabel penjelasan mengenai tanah berbutir. Dan besarnya nilai CBR (*California Bearing Ratio*) diperoleh dengan melakukan percobaan CBR dilaboratorium.

Berdasarkan uraian diatas maka pembatasan masalah tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir bergradasi buruk, dengan sedikit butiran halus.
3. Tanah yang digunakan adalah pasir yang berasal dari kota Pontianak dengan kondisi tanah berupa sampel terganggu (*disturbed sample*).
4. Penelitian ini membahas hubungan kadar air (w), derajat kepadatan relatif (DR) dan CBR.
5. CBR ditentukan berdasarkan percobaan Laboratorium (CBR laboratorium).

2. METODA PENELITIAN

Ada beberapa tahapan yang dilakukan selama penelitian ini berlangsung, diantaranya :

Persiapan terhadap pengadaan bahan dasar berupa pasir, kemudian dijemur untuk mendapatkan tanah pasir kering (*Dry Sand*).

Pengujian awal yaitu analisa saringan terhadap sample yang digunakan untuk menentukan variasi ukuran butiran penyusunan tanah dan persentase berat total butiran dalam berbagai ukuran.

Pemeriksaan berat volume tanah dan kepadatan relatif (DR) untuk menentukan berat volume tanah yaitu berat volume minimum $\gamma_d^{(min)}$ dan berat volume maksimum $\gamma_d^{(mak)}$.

Percobaan CBR Laboratorium untuk menentukan harga nilai CBR tanah dan campuran pada kadar air optimum tanah asli.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persiapan Sampel Uji

Sampel yang berupa pasir dijemur untuk mendapatkan tanah pasir kering (*Dry Sand*). Setelah dirasakan cukup kering, maka pasir tersebut disimpan dalam karung dan diletakkan di tempat kering untuk persiapan pengujian selanjutnya dan untuk menghindari pengaruh dari luar.

3.2 Analisa Saringan (ASTM. D-1140)

Sebelum melakukan uji analisa saringan, terlebih dahulu siapkan satu set ayakan kemudian lakukan prosedur sebagai berikut :

1. Timbang dahulu pasir yang akan di gunakan.

- Masukkan pasir tersebut ke dalam ayakan yang telah disusun, urut nomor saringannya.
- Letakkan satu set ayakan tersebut ke mesin penggetar selama ± 15 menit.
- Setelah itu tanah pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan dipisahkan menurut nomor saringannya.
- Timbang berat pasir pada masing-masing nomor ayakan.



Gambar 1. Uji Analisa Saringan

3.3 Pemeriksaan Berat Volume Tanah dan Kepadatan Relatif (DR) (ASTM. D2937-83)

Hal pertama yang dilakukan adalah siapkan pasir secukupnya dan dikeringkan di dalam oven selama ± 24 jam.

Pemeriksaan berat volume kering minimum ($\gamma_d \text{ min}$) terdiri dari :

- Mold yang sudah bersih diukur diameter dan tingginya.
- Timbang berat mold tersebut.
- Pasir dimasukkan dengan menggunakan corong secara perlahan-lahan dan usahakan tanpa adanya tinggi jatuh.
- Ratakan permukaan pasir dengan menggunakan spatula hingga tinggi pasir sama dengan tinggi mold.
- Timbang berat mold yang berisi pasir.
- Dilanjutkan dengan perhitungan :

$$\gamma_d \text{ min} = \frac{w}{v}$$

Pemeriksaan berat volume tanah maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$) terdiri dari :

- Mold yang sudah bersih diukur diameter dan tingginya.
- Timbang berat mold tersebut.
- Masukkan pasir kedalamnya, kemudian permukaannya dibebani dengan beban $0,163 \text{ kg/cm}^3$, dan digetarkan diatas meja getar selama 10 menit.
- Timbang berat mold yang berisi pasir.
- Dilanjutkan dengan perhitungan :

$$\gamma_d \text{ maks} = \frac{w}{v}$$

Dengan didaptkannya $\gamma_d \text{ min}$, $\gamma_d \text{ maks}$, γ_d , maka kepadatan relatif dari tanah dapat ditentukan dengan formula sebagai berikut :

$$Dr(\%) = \left[\frac{\gamma_d(\text{mak})}{\gamma_d} \right] \left[\frac{\gamma_d - \gamma_d(\text{min})}{\gamma_d(\text{mak}) - \gamma_d(\text{min})} \right]$$

3.4 Uji CBR Laboratorium (ASTM. D-1883)

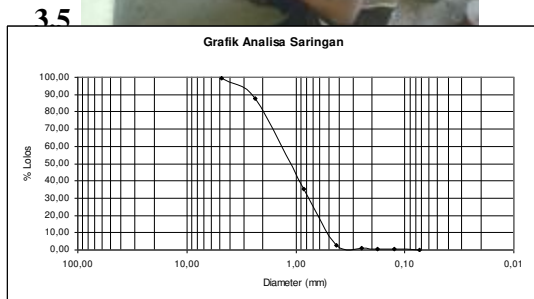
Pelaksanaan percobaan CBR laboratorium adalah sebagai berikut :

- Pasang beban diatas permukaan tanah sekurang-kurangnya 2 buah pelat beban (jumlah berat $2 \times 5 \text{ lb} = 10 \text{ lb}$), kemudian pasang silinder pada mesin penetrasi menempel muka tanah.
- Atur beban penetrasi agar piston penetrasi sedikit menyentuh tanah.
- Kerjakan pembebanan mesin, sehingga piston mempunyai kecepatan sekitar $1,27 \text{ mm/menit}$. Baca dan catat besarnya penetrasi dan beban penetrasi.

- Keluarkan benda uji dari silinder, kemudian periksalah kadar air dari contoh yang diambil pada lapisan setebal 2,5 cm bagian atas benda uji.

Hitung nilai CBR (%) dari grafik yang telah dikoreksi, yaitu perbandingan antara tekanan penetrasi yang diperoleh terhadap tekanan penetrasi standar sebagai berikut :

- Nilai penekanan penetrasi untuk penetrasi 2,54 mm (0,1 inch) terhadap penekanan penetrasi standar yang besarnya 70,37 kg/cm²



$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1,5}{0,52} = 2,885$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{(0,77)^2}{(1,5)(0,52)} = \frac{0,593}{0,780} = 0,760$$

Berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan dari nilai Cu dan Cc diatas didapat bahwa nilai Cu < 6 dan Cc < 1, hal ini berarti pasir yang di gunakan dalam penelitian ini adalah

pasir bergradasi buruk dengan sedikit butiran halus.

3.6 Hasil Percobaan Kepadatan Relatif (DR)

Tabel 1. Hasil Percobaan DR

Jenis Pasir	γ_d min	γ_d max	γ_d	DR (%)
Poor Graded	1,464	1,822	1,493	10
			1,556	30
			1,660	60
			1,717	75
			1,779	90

Tabel 2. Berat sampel yang digunakan

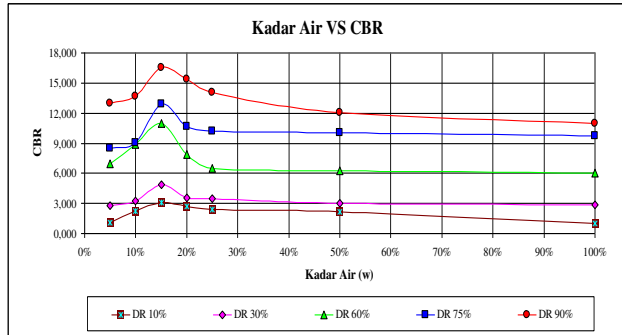
Jenis Gradasi	DR (%)	γ_d	Berat Sampel (gr)
Poor Graded	10	1,493	3157,36
	30	1,556	3289,24
	60	1,660	3509,04
	75	1,717	3630,33
	90	1,779	3760,32

3.7 Hasil Percobaan CBR Laboratorium

Tabel 3. Hasil Percobaan CBR Laboratorium

Jenis Pasir	Derajat Kepadatan (DR)	Kadar Air	Nilai CBR
Poor Graded	10%	5%	1,090
		10%	2,245
		15%	3,078
		20%	2,694
		25%	2,373
		50%	2,181
Poor Graded	30%	50%	1,026
		5%	2,758
		10%	3,271
		15%	4,874
		20%	3,591
		25%	3,463
Poor Graded	60%	50%	3,014
		5%	6,926
		10%	8,850
		15%	10,967
		20%	7,888
		25%	6,477
Poor Graded	75%	50%	6,285
		5%	6,029
		10%	8,466
		15%	9,043
		20%	12,891
		25%	10,646
Poor Graded	90%	25%	10,197
		50%	10,005
		5%	9,748
		10%	12,987
		15%	13,660
		20%	16,546
Poor Graded	100%	25%	15,392
		50%	14,045
		5%	12,025
		10%	10,967
		15%	12,987
		20%	13,660

3.8. Pengaruh Kadar Air (w) terhadap nilai CBR



Gambar 4. CBR Laboratorium

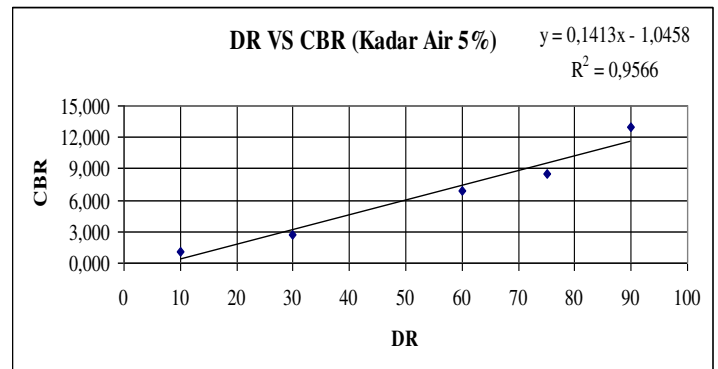
Dari gambar 4 diatas menunjukkan bahwa kadar air optimum ($w_{optimum}$) untuk DR 10%, DR 30, DR 60%, DR 75%, DR 90% mempunyai nilai kadar air yang optimum ($w_{optimum}$) yaitu sebesar 15%.

Dengan bertambahnya Kepadatan Relatif (DR), maka nilai CBR pada kadar air optimum ($w_{optimum}$) akan mengalami kenaikan.

- Untuk DR 10% nilai CBR pada kadar air optimum sebesar 3,078.
- Untuk DR 30% nilai CBR pada kadar air optimum sebesar 4,874.
- Untuk DR 60% nilai CBR pada kadar air optimum sebesar 10,967.
- Untuk DR 75% nilai CBR pada kadar air optimum sebesar 12,891.
- Untuk DR 90% nilai CBR pada kadar air optimum sebesar 16,546.

3.9 Hubungan Kepadatan Relatif (DR) terhadap nilai CBR

1. Kondisi Kadar Air 5%



Gambar 5. CBR Laboratorium

Dari gambar 5 diatas, kita dapat melihat hubungan antara kepadatan relatif (DR) dengan nilai CBR Laboratorium.

Dari gambar tersebut menghasilkan persamaan $y = 0,1413x - 1,0458$ dengan $r = 0,9566$ yang menunjukkan adanya hubungan yang tinggi. Hal yang perlu dilakukan guna mencari seberapa besar hubungannya adalah pengujian statistik untuk mencari koefisien korelasi, persamaan regresi dan uji keberartian. Untuk mencari persamaan regresi dan koefisien korelasi, berikut ini contoh perhitungan hubungan kepadatan relatif (DR) dengan nilai CBR pada kondisi kadar air (w) = 5%.

- Analisa Regresi Hasil CBR Laboratorium

Tabel 4. Analisa Regresi Untuk Kadar Air 5%

No	DR % (X)	CBR % (Y)	X ²	Y ²	X . Y
1	10	1,090	100	1,188	10,9
2	30	2,758	900	7,607	82,74
3	60	6,926	3600	47,969	415,56
4	75	8,466	5625	71,673	634,95
5	90	12,987	8100	168,662	1168,83
Σ	265	32,227	18325	297,099	2312,98

Persamaan Regresi : $Y = a + bX$

$$b = \frac{n \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{5.2312,98 - 265.32,227}{5.18325 - (265)^2}$$

$$b = \frac{3024,745}{21400}$$

$$b = 0,1413$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

$$a = \frac{(32,227 - 0,1413 \cdot 265)}{5}$$

$$a = \frac{-5,228895}{5} = -1,0458$$

Jadi, persamaan regresi menjadi : $Y = 0,1413X - 1,0458$

Hasil dari persamaan regresi untuk kadar air 5% dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Hasil Persamaan Regresi Untuk Kadar Air 5%

No	DR (%) (X)	CBR (%)	$Y = 0,1413X - 1,0458$
1	10	1,090	0,368
2	30	2,758	3,195
3	60	6,926	7,435
4	75	8,466	9,555
5	90	12,987	11,675

- Koefisien korelasi dapat ditentukan dengan rumus :

$$r = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$r = \frac{(5.2312,98) - (265.32,227)}{\sqrt{(5.18325 - (265)^2)(5.297,099 - (32,227)^2)}}$$

$$r = 0,9780$$

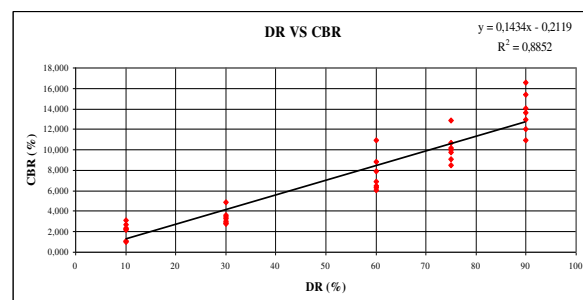
2. Kondisi Kadar Air 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 100%

Hubungan kepadatan relatif (DR) terhadap nilai CBR pada kondisi kadar air 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, dan 100% dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Persamaan regresi dan koefisien korelasi pada kondisi kadar air 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 100%

Kadar Air	Persamaan regresi	Koefisien korelasi
10%	$Y = 0,1389X + 0,0514$	$r = 0,9709$
15%	$Y = 0,1701X + 0,6548$	$r = 0,9923$
20%	$Y = 0,1543X - 0,1369$	$r = 0,9660$
25%	$Y = 0,142X - 0,2136$	$r = 0,9602$
50%	$Y = 0,1276X - 0,0583$	$r = 0,9736$
100%	$Y = 0,1293X - 0,7346$	$r = 0,9868$

3.10 Hubungan Kepadatan Relatif (DR) terhadap keseluruhan nilai CBR



Gambar 6. Grafik hubungan DR terhadap seluruh nilai CBR

Dari gambar grafik hubungan DR terhadap keseluruhan nilai CBR diatas, didapat hubungan linier yang baik antara

kepadatan relatif (DR) terhadap keseluruhan nilai CBR.

Dari gambar tersebut menghasilkan persamaan regresi $y = 0,1434x - 0,2119$ dengan koefisien korelasi $r = 0,8852$ yang menunjukkan adanya hubungan yang tinggi.

3.11 Analisa uji keberartian koefisien korelasi

- $H_0 = \rho = 0 \rightarrow$ tidak ada hubungan
- $H_0 = \rho > 0 \rightarrow$ mempunyai hubungan positif

Kriteria pengujian apakah H_0 diterima atau ditolak dalam penelitian ini adalah

Bila : $t_{hitung} > t_{tabel}$, H_0 ditolak

$t_{hitung} < t_{tabel}$, H_0 diterima

Perhitungan :

- Mencari harga $t_{tabel} (t_\alpha)$:

$$\alpha = 0,05$$

$$d.f = n - 2$$

$$d.f = 5 - 2 = 3$$

dari tabel didapat harga $t_{tabel} (t_\alpha) = 3,182$

- Mencari nilai $t_{hitung} (t_o)$:

$$t_o = \frac{r \cdot \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$$

Adapun hasil $t_{hitung} (t_o)$ dari tujuh kondisi kadar air (w) pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini :

Tabel 7. Hasil t_{hitung} untuk semua kondisi kadar air (w)

No	Kondisi Kadar Air (w)	n	r	t_{hitung}	t_{tabel}
1	5%	5	0,9780	8,1204	3,182
2	10%	5	0,9709	7,0219	3,182
3	15%	5	0,9923	13,8765	3,182
4	20%	5	0,9660	6,4715	3,182
5	25%	5	0,9602	5,9543	3,182
6	50%	5	0,9736	7,3877	3,182
7	100%	5	0,9868	10,5542	3,182

Dari tabel 7 diatas dapat dilihat bahwa untuk semua kondisi kadar air (w) ternyata nilai t_{hitung} lebih besar daripada

$t_{tabel} (t_o > t_\alpha)$, hal ini berarti bahwa persamaan regresi dari penelitian ini dapat digunakan.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan dari nilai C_u dan C_c yang didapat bahwa nilai $C_u < 6$ dan $C_c < 1$, jenis pasir yang di gunakan dalam penelitian ini adalah jenis pasir bergradasi buruk dengan sedikit butiran halus.
2. Terdapat korelasi antara kadar air dan kepadatan relative terhadap nilai CBR.
3. Untuk meramalkan besarnya nilai CBR laboratorium, digunakan persamaan regresi sebagai berikut :

$$W = 5\% \rightarrow Y = 0,1413X - 1,0458$$

$$W = 10\% \rightarrow Y = 0,1389X + 0,0514$$

$$W = 15\% \rightarrow Y = 0,1701X + 0,6548$$

$$W = 20\% \rightarrow Y = 0,1543X - 0,1369$$

$$W = 25\% \rightarrow Y = 0,142X - 0,2136$$

$$W = 50\% \rightarrow Y = 0,1276X - 0,0583$$

$$W = 100\% \rightarrow Y = 0,1293X - 0,7346$$

Sedangan untuk kadar air (w) keseluruhan persamaan regresinya adalah :

$$Y = 0,1434X - 0,2119$$

4. Dalam menentukan kuat tidaknya korelasi antara kepadatan relatif dengan nilai CBR laboratorium ditentukan melalui koefisien korelasi dan hasil yang diperoleh sebagai berikut :

$$w = 5\% \rightarrow r = 0,9780$$

$$w = 10\% \rightarrow r = 0,9709$$

$$w = 15\% \rightarrow r = 0,9923$$

$$w = 20\% \rightarrow r = 0,9660$$

$$w = 25\% \rightarrow r = 0,9602$$

$$w = 50\% \rightarrow r = 0,9736$$

$$w = 100\% \rightarrow r = 0,9868$$

Sedangkan untuk kadar air (w) keseluruhan koefisien korelasinya adalah : $r = 0,8852$

5. Dari uji keberartian koefisien korelasi didapat hasil yang sangat baik (tingkat kepercayaan 95%), jadi persamaan yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk meramal berapa besar nilai CBR laboratorium pada pasir yang bergradasi buruk dengan sedikit butiran halus.

5. SARAN

Penelitian ini masih tergolong baru, oleh karena itu penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan variasi-variasi yang beragam. Variasi-variasi yang dapat dikembangkan dalam penelitian ini diantaranya gradasi pasir dapat ditambah (gradasi baik, gradasi buruk, dan gradasi seragam).

Perlu adanya penelitian terhadap tanah pasir dari berbagai lokasi, dengan bentuk butiran yang berbeda agar pengaruh bentuk butiran, gradasi dan kepadatan relatif (DR) memungkinkan diperolehnya hubungan yang berbeda pula.

6. DAFTAR PUSTAKA

Affandi, Rieky. 2004. *Korelasi Derajat Kepadatan Relatif Tanah Berbutir Kasar Terhadap Nilai N-SPT*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Bowles, Joseph E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.

Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Hasil Dari Beberapa Percobaan Penetrasi. Fakultas Pasca Sajana Program Studi Teknik Sipil Bidang Geoteknik Institut Teknologi Bandung, 1994/1995.

HATTI, Workshop Sertifikasi (G-1) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Vol. 1, Jakarta.

Oemar S., Bakrie dan Gofur, Nurly. 1995. *Sifat-Sifat Tanah Dan Metoda Pengukurannya*. Palembang: Universitas Sriwijaya.

Su'ba, Salafuddin. 2001. *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Vane Shear, Triaxial dan Direct Shear Pada Tanah Gambut di Kabupaten Pontianak*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Terzaghi, Karl dan Peck, Ralph B. 1993. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.