

PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON NORMAL DAN BETON SERAT DENGAN PENAMBAHAN SERAT BAMBUN

Yulis Widhiastuti, ST.MT¹⁾ Hindrawan Dwi Rianto ²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

ABSTRAK

Beton merupakan bahan konstruksi yang sering di gunakan di indonesia, namun bahan penyusun yang digunakan semakin terbatas. Dengan adanya perkembangan teknologi material kususnya teknologi beton. Untuk dapat memperbaiki sifat-sifat beton muncul ide salah satunya dengan menambahkan serat bambu yang diharapkan dapat memperbaiki sifat beton. Sebab bambu memiliki keunggulan yaitu dapat meningkatkan kuat lentur beton. Pada penelitian ini, objek yang diamati yakni, silinder dan dan balok. Kedua jenis benda uji ini masing-masing di beri presentase variasi serat sebesar 0,75%,1,20%, dan 1,95%. Masing-masing silinder dan balok menggunakan 3 benda uji untu silinder dan 2 benda uji untuk balok. Untuk menguji benda uji di lakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Hasil kuat tekan silinder mengalami penurunan nilai kuat tekan dari beton normal yakni dari presentasi 0,78%,1,20% dan 1,95% muncul kuat tekan sebesar 10,73Mpa,11,84Mpa dan 11,10Mpa. sedangkan hasil kuat lentur balok mengalami kenaikan dari nilai kuat lentur normal yakni dari presentasi variasi 0,78%, 1,20% dan 1,95% muncul kuat lentur sebesar 17,41Mpa, 15,69 Mpa dan 18,59Mpa dari kuat lentur normal sebesar 19,73 Mpa. Dan dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat di simpul kan bahan penambahan serat bambu tidak dapan meningkatkan kuat tekan beton akan tetapi beton dengan penambahan serat bambu dapat meningkatkan hasil kuat lentur pada beton dari beton normal sebesar 0% serat bambu.

Kata Kunci: *Beton serat bambu, kuat tekan dan kuat lentur.*

- 1). Dosen Prodi Teknik Sipil
- 2). Mahasiswa Teknik Sipil

PENDAHULUAN

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan teknik sipil telah lama dikenal di indonesia beton memiliki kuat tekan yang tinggi. Mudah di bentuk sesuai keinginan dan kebutuhan. perawatan yang murah, dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal. Meskipun demikian, karena sifatnya yang getas dan praktis tidak mampu menahan gaya tarik yang baik, maka bahan tersebut memiliki keterbatasan dalam penggunaanya.

Beton merupakan batuan buatan yang dibuat dari campuran semen, air, dan agregat, baik agregat halus (pasir) maupun agregat kasar (kerikil). Selain itu, kadang-kadang dalam campuran beton juga diberi bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non

kimia pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituang ke dalam cetakan kemudian dibiarkan akan mengeras seperti batuan. Pengerasan tersebut terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen sebagai perekat dengan agregat sebagai bahan pengisi, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuklah massa yang kuat.

Seiring dengan perkembangan jaman, penggunaan beton dituntut untuk semakin meningkat dari segi mutu/kualitasnya, sehingga dibutuhkan suatu cara untuk meningkatkan kekuatan beton, khususnya kuat tekan. Salah satu cara untuk meningkatkan kuat tekan beton adalah dengan cara memberikan bahan tambah seperti mikrosilika sebagai bahan pozzoland. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah kulit bambu ori sebagai fibber, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton. Ide dasar penggunaan serat bambu ini adalah banyaknya limbah serat bambu di pengrajin tampah dan pengrajin anyaman bambu. Pemanfaatan limbah serat bambu ini berkontribusi positif dalam pemanfaatan limbah serat bambu yang selama ini belum di manfaatkan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan langkah-langkah umum atau metode yang digunakan dalam penelitian suatu masalah ,kusus, fenomena atau yang lainnya secara ilmiah untuk mendapatkan hasil yang baik atau rasional. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan dikerjakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro. Dan objek penelitian ini ialah Beton Normal dan Beton Serat Bambu sebagai material utama dengan panjang serat bambu 1-2 cm yang presentasi sebesar 0,78%, 1,20%, 1,95% dari berat beton normal pada umumnya.

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode analisa komparatif Laboratorium. Sesudah bahan uji dan sampel telah selesai dibuat, maka siap untuk di uji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian Laboratorium berupa data-data properties lalu di lanjut dengan mix design sesuai dengan peraturan SNI-7656-2012 supaya untuk menghasilkan dan mengetahui perbandingan antara satu pengujian dengan pengujian lainnya. dari pengujian-pengujian yang akan di kerjakan nantinya akan mengetahui hasil data-data dari kedua sampel tersebut. Setelah itu akan di teliti tentang perbedaaan dan perbandingan dari kedua sampel tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan (*Mix design*)

Tabel 1. Hasil Dari perhitungan (*Mix desing*)

No	Uraian	Tabel/Grafik	Ket	Nilai
1.	Kuat tekan yang direncanakan 21 hari	Ditetapkan	f _c	20 Mpa
2.	Nilai Slump	Ditetapkan	75-100	75-100 mm
3.	Ukuran Agregat nominal	Ditetapkan	Tabel 3.10	37,5 mm
4.	Perkiraan air pencampur dan kandungan udara	Ditetapkan	Tabel 2.3	181 kg/m ³ dan 1%
5.	Penentuan rasio air semen	Dihitung	Tabel 2.4	0,61
6.	Perhitungan kadar semen	Dihitung	no.4/no.5	296,72 kg/m ³
7.	Perkiraan kadar agregat kasar	Ditetapkan	-	1196,79 kg/m ³
8.	Perkiraan kadar agregat halus	Ditetapkan	-	736,53 kg/m ³
9	Kandungan air	Ditetapkan	-	181,12 kg
10	Perkiraan campuran untuk 1m ³	Dihitung	-	Air = 181.12kg Semen= 262.319 Agg.Kasar=1215.22kg Agg.Halus= 770.93kg
11	Perkiraan untuk 3 benda uji silinder	Dihitung	-	Air = 1.919kg Semen = 2.780 Agg. Kasar=12.878kg Agg. Halus =8.170kg Total berat= 25.748kg

12	Perkiraan untuk 2 benda uji (Balok)	Di hitung	Air= 4.890kg Semen= 7.083kg Agg.Kasar= 32.811kg Agg.Halus= 20.815kg Total berat= 65.599kg
----	-------------------------------------	-----------	---

Hasil Dari Variasi Penambahan Serat Bambu dari total berat beton (Silinder)

1. Penambahan Serat bambu variasi 0,75% Untuk 3 Beton Silinder
(0,78% : 100 x 25,748) = 0,201 kg
2. Penambahan serat bambu variasi 1,20% Untuk 3 Beton Silinder
(1,20% : 100 x 25,748) = 0,309 kg
3. Penambahan serat bambu variasi 1,95% Untuk 3 Beton uji Silinder
(1,95% : 100 x 25,748) = 0,502 kg

Hasil Dari Variasi Penambahan Serat bambu dari total berat beton (Balok)

1. Penambahan serat bambu variasi 0,78% untuk 2 Beton Balok
(0,78% : 100 x 65.599) = 0,512kg
2. Penambahan serat bambu variasi 1,20% untuk 2 Beton Balok
(1,20% : 100 x 65.599) = 0,787kg
3. Penambahan serat bambu variasi 1,95% untuk 2 Beton Balok
(1,95% : 100 x 65.599) = 1,279kg

Hasil Pengujian Beton

Slump merupakan Test yang di lakukan untuk mengetahui hasil campuran masing-masing adukan beton. Nilai slump di perlukan untuk mengetahui hasil tingkat (Workability) dari campuran beton. Adapun hasil pengujian Slump dapat di lihat dari Tabel 2:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Nilai Slump

Nilai slump (mm)	9	8	7,5	7,0
Presentase serat bambu (%)	0%	0,78%	1,20%	1,95%

Dari tabel diatas disa di ketahui jika semakin banyak presentasi penambahan serat bambu semakin kecil pula nilan Slump. Kesimpulanya penambahan serat bambu dapat menyerap air. Dalam penelitian ini adukan di dapat dari perhitungan berat beton basah di lakukan sekali untuk 3 benda uji. Hasil pengujian sesuai dengan tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan berat jenis beton basah

Presentase penambahan serat sabut kelapa	Berat beton basah (kg)	Berat wadah (kg)	Volume wadah (m ³)	Berat jenis basah (kg/m ³)
	(1)	(2)	(3)	-((1)-(2)) : (3)
0%	7,827	1,150	0,002826	2362,7
0,78%%	7,786	1,150	0,002826	2348,2
1,20%	7,780	1,150	0,002826	2346,1
1,95%%	7,751	1,150	0,002826	2335,8

Dari tabel tersebut dapat di ketahui semakin banyak penambahan serat bambu berat beton menjadi lebih ringan . Dari tabel tersebut dapat di simpulkan bahwa serat bambu dapat menyerap air.

Hasil Pengujian Beton keras, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis beton keras yang nantinya akan di gunakan untuk perhitungan beban berat bangunan. Hasil pengujian berat jenis beton keras dapat di lihat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil berat jenis beton keras

No. Benda Uji	Berat kering beton (kg)				Volume beton (m ³)	Berat jenis beton (kg/m ³)			
	-1					-2	(3) = (1) / (2)		
	Serat bambu 0%	Serat bambu 0,78%	Serat bambu 1,20%	Serat bambu 1,95%		Serat bambu 0%	Serat bambu 0,78%	Serat bambu 1,20%	Serat bambu 1,95%
1	12.4650	11.250	11.395	11.250	0,0052988	2,352	2,123	2,150	2,123
2	12.3200	11.320	11.935	11.320	0,0052988	2,325	2,136	2,252	2,136
3	12.0780				0,0052988	2,279			
Rata-Rata	12.2877	11.285	11.665	11.285		2,318	2,129	2,201	2,129

Dari data tabel di atas dapat di simpulkan bahwa beton yang ber variasi 1,20% lebih tinggi di banding beton yang ber variasi 0,75% dan 1,95% akan tetapi benton yang

ber variasi 0% jauh lebih tinggi di dibandingkan beton yang ber variasi 0,78%,1,20% dan 1,95%.

Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil (Universitas Bojonegoro) pada saat benda uji berumur 28 hari .dengan menggunakan alat (*Compression Testing Machine*) untuk mendapatkan mendapatkan hasil beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{max}). Yang hasilnya sesuai dengan Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil berat jenis beton keras

Nama Semple	Variasi Benda Uji	Hasil tegangan Benda uji (1Ton=9806,65)	Luas penampang $\frac{1}{4}\pi.d^2$ (mm)	Mutu Beton Mpa	Kuat tekan (rata-rata)
Serat Bambu 0%	V0(0%)	205.939,65	17662,50	11,65	12,21
	V0(0%)	245.166,25	17662,50	13,88	
	V0(0%)	196.133	17662,50	11,10	
Serat Bambu 0,78%	V1(0,78%)	181.423,02	17662,50	10,27	10,73
	V1(0,78%)	201.036,32	17662,50	11,38	
	V1(0,78%)	186.326,35	17662,50	10,55	
Serat Bambu 1,20%	V2(1,20%)	205.939,65	17662,50	11,65	11,84
	V2(1,20%)	186.326,35	17662,50	10,55	
	V2(1,20%)	235.359,6	17662,50	13,32	
Serat Bambu 1,95%	V3(1,95%)	196.133	17662,50	11,10	11,10
	V3(1,95%)	215.746,3	17662,50	12,21	
	V3(1,95%)	176.519,7	17662,50	9,99	

Dari hasil data pengujian kuat tekan beton diatas dapat di ketahui bahwa nilai beton dengan penambahan variasi 0% lebih tinggi di dibandingkan beton yang di beri penambahan variasi 0,75%,1,20% dan 1,95%. Jadi beton yang di beri variasi tidak memenuhi nilai kuat tekan.\

Hasil Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat Lentur dilakukan di laboratorium Teknik Sipil (Universitas Bojonegoro) pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan alat Kuat Lentur untuk mendapatkan hasil kuat Lentur maksimum pada saat beton patah menerima beban dari alat kuat lentur tersebut. Yang hasilnya sesuai Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat lentur beton

Nomor Benda uji	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
Berdasarkan rumus 2.17 dan rumus 2.18	Rumus (1): $\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$	Rumus (1) $\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$	Rumus (1): $\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$	Rumus (1): $\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$
penambahan serat	(0%)	(0,78%)	(1,20%)	(1,95%)
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28
Lebar benda uji (mm)	150	150	150	150
Tinggi benda uji (mm)	150	150	150	150
Panjang benda uji (mm)	600	600	600	600
Berat benda uji (kg)	30,810	29,460	32,951	29,945
Volume benda uji (cm ³)	13,500	13,500	13,500	13,500
Berat volume (kg/cm ³)	2,28	2,18	2,44	2,21
Beban Maksimum (P) (1 ton = 9,806.65)	17	17	18,5	16
Jarak bentang antara 2 garis perletakan L (mm)	400	400	400	400
Lebar tampak lintang B (mm)	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang H (mm)	150	150	150	150
Perhitungan Kuat lentur (MPa)	$\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$ $= \frac{166,713 \times 400}{150 \times 150^2}$ $= \frac{66,685,200}{33,75}$ $= 19,73$	$\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$ $= \frac{147,095, \times 400}{150 \times 150^2}$ $= \frac{58,839,900}{33,75}$ $= 17,41$	$\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$ $= \frac{132,389 \times 400}{150 \times 150^2}$ $= \frac{529,559}{33,75}$ $= 15,69$	$\sigma_1 = \frac{p \times l}{b \times h^2}$ $= \frac{156,906 \times 400}{150 \times 150^2}$ $= \frac{62,762,400}{33,75}$ $= 18,59$

Dari data pengujian kuat lentur beton di atas dapat di lihat bahwa hasil penambahan beton serat variasi 1,20% lebih tinggi di bandingkan dengan beton variasi yang lainnya.

Hasil Analisa Regresi Linear (Kuat Tekan)

Dalam statistika, *Regresi linear* adalah sebuah pendekatan untuk memodelkan hubungan antara variable Terikat Y dan satu atau lebih variable bebas yang di sebut X. Salah satu kegunaan dari *regresi linear* adalah untuk melakukan prediksi berdasarkan data-data yang telah di miliki sebelumnya. Berikut ini adalah hasil output SPSS bisa di lihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil output spss model *summary*^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.137 _a	.019	-.090	1.18840	.019	.173	1	9	.688

Sumber: Hasil output Spss

a. Predictors: (Constant), Variasi serat bambu

b. Dependent Variable: Kuat Tekan

Tabel 8. Hasil Output spss model Anova

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.103	1	1.103	.769	.401 ^a
	Residual	14.345	10	1.434		
	Total	15.448	11			

Sumber: Hasil output Spss

a. Predictors: (Constant), Variasi penambahan serat bambu

b. Dependent Variable: Kuat Tekan

Dari tabel di atas di ketahui bahwa nilai F hitung = 0,769 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,401 > 0,05. Yang artinya hipotesa di terima atau dengan kata lain Tidak ada Hubungan Lemah/Tidak ada pengaruh Variabel X (Penambahan serat bambu) Terhadap variable Y (Kuat Tekan).

Tabel 8. Hasil Output Spss Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	11.796	.597		19.748	.000
Variasi serat bambu	-.222	.534	-.137	-.415	.688

a. Dependent Variable: Kuat Tekan

Cara mencari T tabel:

T tabel: $(\alpha/2 : n - k - 1)$

: $(0,05/2 : 12-1-1)$

: $(0,025 : 10)$ lihat di Lampiran 18

: 2,228

❖ Uji signifikan`

Berdasarkan Nilai signifikansi dari Tabel Coefficients^a di peroleh Nilai signifikansi sebesar 0,688 > dari nilai probabilitas 0,05, Sehingga dapat di simpulkan bahwa Penambahan serat bambu (X) Tidak Berpengaruh/Hubungan Lemah Terhadap Kuat Tekan (Y). Dari Grafik 4.6 di atas dapat di ketahui bahwa penambahan serat bambu tidak mempunyai pengaruh/Hubungan lemah dalam meningkatkan kuat lentur beton. Variasi penambahan serat bambu yang optimal adalah variasi 0,50%.

Hasil Analisa Regresi Linear (Kuat Lentur)

Tabel 9. Hasil output spss model *summary*^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.358 ^a	.128	-.307	1.97387

Sumber: Hasil output spss

a. Predictors: (Constant), Variasi penambahan serat bambu

Tabel 10. Hasil Output spss model Anova

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.149	1	1.149	.295	.642 ^a
	Residual	7.792	2	3.896		
	Total	8.941	3			

Sumber: Hasil output Spss

a. Predictors: (Constant), Variasi penambahan serat bambu

b. Dependent Variable: kuat lentur

Dari tabel di atas diketahui bahwa nilai F hitung = 0,295 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,642 > 0,05. Yang artinya hipotesa di tolak atau dengan kata lain Tidak ada Hubungan Lemah/ Tidak ada pengaruh Variabel X (Penambahan serat bambu) Terhadap variable Y (Kuat lentur).

Tabel 10. Hasil Output Spss Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	18.602	1.692		10.991	.008
Variasi penambahan serat bambu	-.760	1.399	-.358	-.543	.642

Sumber: Hasil output Spss

a. Dependent Variable: kuat lentur

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa penambahan serat bambu mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kuat lentur beton,. Variasi penambahan serat sabut kelapa yang optimal adalah variasi 0%.

Cara mencari T tabel:

T tabel: $(\alpha/2 : n - k - 1)$

: $(0,05/2 : 4-1-1)$

: $(0,025 : 2)$ lihat di Lampiran 11 Distribusi nilai T tabel

: 4,303

❖ Uji signifikan`

Berdasarkan Nilai signifikansi dari Tabel Coefficients^a di peroleh Nilai signifikansi sebesar 0.642 > dari nilai probabilitas 0,05, Sehingga dapat di simpulkan bahwa Penambahan serat bambu (X) Tidak Berpengaruh/Hubungan Lemah Terhadap Kuat lentur (Y).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan, didapati kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian kuat tekan, Nilai kuat tekan rata-rata beton Normal sebesar 12,21 Mpa. Sedangkan Nilai kuat lentur beton variasi penambahan serat bambu 0% sebesar 19,73 Mpa, hasil kuat tekan Variasi penambahan serat bambu 0,78% sebesar 10,73Mpa, Variasi penambahan serat bambu 1,20% sebesar 11,84Mpa sedangkan variasi penambahan serat bambu 1,95% sebesar 11,10Mpa dan hasil kuat lentur variasi penambahan serat bambu 0,78% sebesar 17,41 Mpa sedangkan variasi penambahan serat bambu 1,20% sebesar 15,69 Mpa dan variasi penambahan serat bambu 1,95% sebesar 18,59 Mpa.
2. Nilai kuat tekan beton yang optimal dalam meningkatkan kuat tekan adalah variasi 1,20% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,84Mpa. Sedangkan Variasi penambahan serat bambu yang paling optimal dalam meningkatkan kuat lentur adalah variasi 1,95% sebesar 18,59 Mpa.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah di lakukan selama pengujian ini. Maka diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dalam pengerjaan membuat beton harus memiliki ketelitian yang tinggi, supaya mendapatkan sempel yang baik, perlu di perhatikan dalam pembuatan beton yaitu saat proses pengadukan dan penubukan sebab jika pengadukan dan penubukan tidak merata sempel benda uji akan mengalami

kerusakan atau keropos dan akan berdampak mengurangi hasil mutu kekuatan beton.

2. Penambahan bahan atau material yang akan digunakan juga harus seimbang sesuai SNI agar mendapatkan hasil yang baik
3. Penambahan serat bambu untuk uji kuat tekan di rasa kurang baik dikarenakan beton dengan penambahan serat bambu dapat mengurangi kuat tekan pada beton sedangkan untuk kuat lentur beton dengan penambahan serat bambu di rasa cukup baik sebab dapat meningkatkan kuat lentur pada beton.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional, *Mix Design SNI-7656-2012*
- Badan Standardisasi Nasional, 2012, *Tata Cara pemilihan campuran untuk beton normal*, SNI 7656:2012
- ACI 544. IR-96. 1996. *State Of The Art Report On Fiber Reinforced Concrete*. Farnington Hills; American Concrete Institute.
- Badan Standar Nasional, *2000 semen portland*. SNI 15-2049-2000, Jakarta.
- Badan Standard Nasional, 2004, *Semen Portland Pozolan*. SNI-15-2049-2004 Jakarta.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Morisco 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- SNI 03-4431-1997. 1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Bandung: Badan Standar Nasional.
- Tjokodimulyo, k. 1996. *Teknologi beton*. Nafitri: Yogyakarta.
- Schwab, et al, 1981 dalam arsyad 2006, *Koefisien Aliran Permukaan (C) Untuk Daerah Urban*, Pusat Studi Lingkungan Universitas Airlangga.
- Soemarwoto, Otto, 1991, *Analisis Hidrologi*, UGM Press, Yogyakarta.
- Suyono. S. 1987, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, K, & peck, R. B, 1993, *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa* Penerbit Erlangga, Jakarta.