

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung dalam sampel tanah gambut. Kadar air yaitu nilai perbandingan antara berat air dengan berat kering dari sampel tanah.

Contoh perhitungan :

Sampel tanah *disturb*

Berat cawan susut ( $W_1$ ) = 21,72 gram

Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) = 52,54 gram

Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) = 26,61 gram

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \%$$

$$= 530,26 \%$$

Dengan menggunakan cara yang sama dapat dicari kadar air pada sampel yang lain, kemudian kadar air rata-rata dapat diketahui.

#### 4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (*Specific gravity*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya berat jenis sampel tanah gambut. Berat jenis adalah nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada suhu tertentu biasanya diambil pada suhu 27,5 °C.

Contoh perhitungan :

Sampel tanah gambut = 0% *Clean Set Cement*.

Berat pnometer kosong ( $W_1$ ) = 21,86 gram

Berat pnometer + tanah kering ( $W_2$ ) = 29,41 gram

Berat pnometer + tanah + air ( $W_3$ ) = 77,70 gram

Berat pnometer + air ( $W_4$ ) = 74,24 gram

Berat tanah =  $W_2 - W_1 = 7,55$  gram

A =  $W_3 - W_4 = 33,46$  gram

Isi tanah =  $A - W_1 = 11,60$  gram

Berat jenis tanah =  $\frac{W_2 - W_1}{A - W_1} = 1,35$

Gs tanah pada 27,5 °C =  $\frac{B_j \text{ air } 1^\circ\text{C}}{B_j \text{ air } 27,5^\circ\text{C}} = 1,857944$

Hasil pengujian berat jenis rata-rata terhadap penambahan *Clean set Cement* disajikan pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Berat Jenis rata-rata terhadap penambahan *Clean Set Cement*

No	Penambahan <i>Clean Set Cement</i>	Berat jenis rata-rata
1	0 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,857944
2	1 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,869729
3	2,5 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,887408
4	3 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,893301
5	5 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,916872
6	7,5 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,946336
7	8 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,952228
8	10 <sup>o</sup> <sub>o</sub>	1,975799

#### 4.1.3 Pengujian Batas Konsistensi

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui batas-batas kecairan atau kekentalan dari keadaan yang satu ke keadaan yang lain.

##### 1. Batas Cair (*liquid Limit* atau LL)

Maksud pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan plastis.

Contoh perhitungan :

Sampel tanah gambut +0<sup>o</sup><sub>o</sub> *Clean Set Cement* :

Penetrasi (mm) = 9,27 mm

Berat cawan ( $W_1$ ) = 21,61 gram

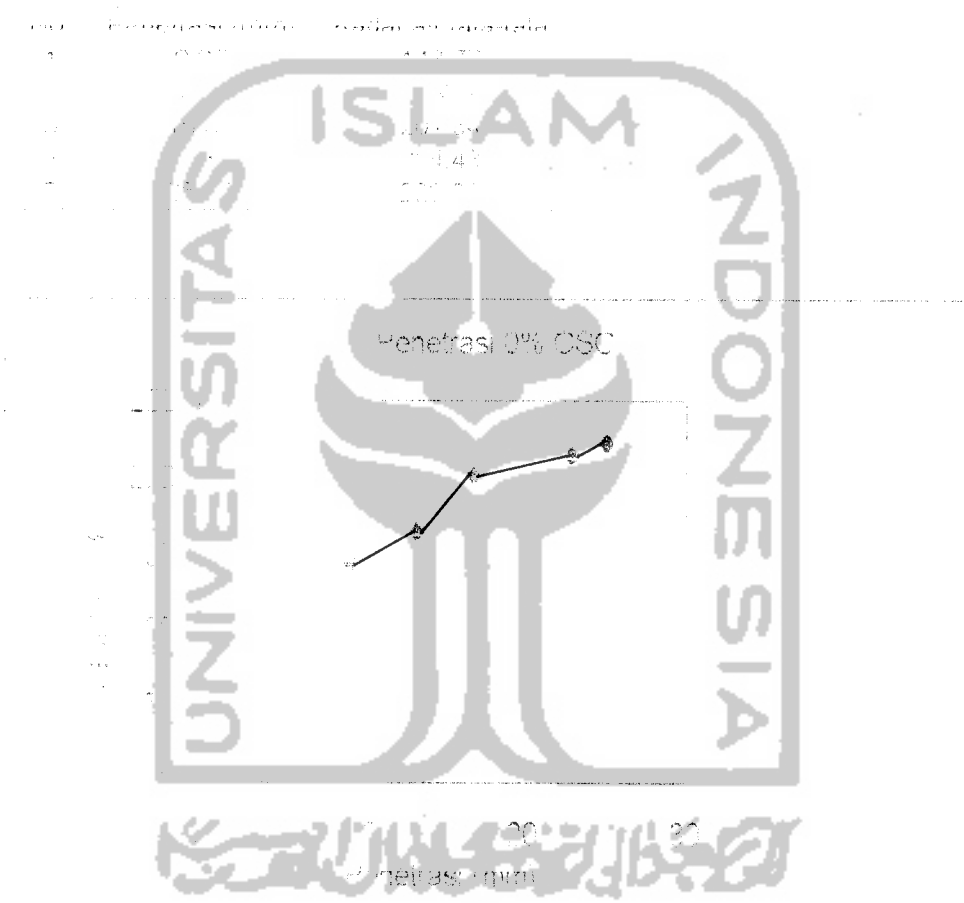
Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) = 26,03 gram

Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) = 23,38 gram

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \% = 149,72 \%$$

yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut. Dari semua hasil uji coba yang dilakukan, hasil terbaik adalah dengan menggunakan  $\text{MgO}$  sebagai filler dengan konsentrasi 20 mm. Hal ini dapat dilihat dari grafik sebagai berikut.

Berdasarkan grafik tersebut dapat



menyebutkan bahwa nilai modulus elastisitas

yang semakin meningkat dengan peningkatan pada penetrasi 20 mm, dan interpolasi data harga modulus elastisitas.

## 2. Batas Plastis (*Plastic Limit* atau PL)

Tujuan pengujian adalah untuk menentukan kadar air tanah pada batas antara keadaan liat dan padat.

Contoh perhitungan :

Sampel tanah gambut : 0 % Clean Set Cement :

Berat cawan kosong ( $W_1$ ) = 22,21 gram

Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) = 32,65 gram

Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) = 25,71 gram

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \% = 108,29 \%$$

## 3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index* atau PI) dan Indeks Cair (*Liquidity Index* LI)

- a. Indeks plastis menunjukkan jumlah kadar air pada saat tanah dalam kondisi plastis.

$$\text{Rumus : PI} = \text{LL} - \text{PL}$$

- b. Indeks cair menyatakan perbandingan dalam prosentase antara kadar air tanah dikurangi batas plastis dibagi indeks plastis.

$$\text{Rumus : LI} = \frac{W - \text{PL}}{\text{LL} - \text{PL}} = \frac{w - \text{PL}}{\text{PI}}$$

Contoh perhitungan:

Sampel tanah gambut + 0 %o Clean Set Cement :

Liquid limit (LL) = 200 %o

Plastis Limit (PL) = 197,275

Plastic Index (PI) = 2,725

Kadar air tanah asli = 526,87 %o

Liquidity Index (LI) =  $526,87 - 197,275$

$$\frac{2,725}{2,725} = 120,952$$

#### 4.1.4 Pengujian Pemadatan

Tujuan pemadatan adalah untuk mendapatkan kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) dan berat isi kering (%) maksimum dari sampel tanah gambut.

a. Kadar air (W)

Didefinisikan sebagai perbandingan berat air dengan berat tanah.

Contoh perhitungan:

Sampel tanah gambut + 0 %o Clean Set Cement :

Berat cawan ( $W_1$ ) = 22,02 gram

Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) = 39,80 gram

Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) = 29,80 gram

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \% = 128,53 \%$$

b. Berat Isi Tanah (%)

Berat isi tanah basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara berat tanah basah dengan isi tanah seluruhnya.

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma_b) = \frac{\text{berat tanah basah}}{\text{isi tanah total}}$$

$$\text{Berat isi tanah kering } (\gamma_k) = \frac{\text{berat isi tanah basah}}{1 + \text{kadar air } (W)}$$

Contoh perhitungan :

Sampel tanah gambut - 0 % Clean Set Cement :

$$\text{Berat cetakan + tanah basah (A)} = 3830 \text{ gram}$$

$$\text{Berat cetakan (B)} = 1876 \text{ gram}$$

$$\text{Berat tanah basah (A - B)} = 954 \text{ gram}$$

$$\text{Volume cetakan (V)} = 962,6 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar air rata-rata (W)} = 128,23 \%$$

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma_b) = \frac{A - B}{V} = \frac{954}{962,6} = 0,991 \text{ gr / cm}^3$$

$$\text{Berat isi tanah kering } (\gamma_k) = \frac{\gamma_b}{1 + W} = \frac{0,991}{1 + 12,823} = 0,434 \text{ gr / cm}^3$$

$$1 + W = 1 + 12,823$$

Untuk hasil perhitungan pengujian pemadatan selanjutnya dapat dilihat pada

Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pemadatan Proctor Standar

Percobaan	I	II	III	IV	V	VI	VII
$W_{rata-rata}$ (%)	128,23	130,74	143,65	141,70	188,22	176,90	216,24
$\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	0,991	1,038	1,061	1,110	1,103	1,080	1,082
$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	0,434	0,449	0,435	0,459	0,383	0,390	0,342

#### 4.1.5 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan kohesi (C) sampel tanah gambut. Hasil pengujian geser langsung ditampilkan pada

Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Geser Langsung

Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	Gs	$\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\phi$	C
0	1,857911	1,1081	33,39	0,398
		1,1174	47,78	0,258
		1,1035	46,03	0,176
1	1,869719	1,1081	50,54	0,217
		1,1174	45,74	0,258
		1,1035	41,93	0,439
2,5	1,887105	1,1081	44,33	0,292
		1,1174	36,17	0,351
		1,1035	47,41	0,187
3	1,893301	1,1081	42,69	0,421
		1,1174	41,51	0,339
		1,1035	42,21	0,332
5	1,916872	1,1081	51,01	0,117
		1,1174	44,53	0,148
		1,1035	37,98	0,409
7,5	1,946336	1,1081	36,93	0,435
		1,1174	21,73	0,443
		1,1035	29,96	0,413
8	1,952228	1,1081	50,10	0,174
		1,1174	39,51	0,38
		1,1035	48,90	0,14
10	1,975799	1,1081	42,17	0,202
		1,1174	34,51	0,393
		1,1035	45,01	0,289



#### 4.1.6 Pengujian Tekan Bebas

Pada pengujian tekan bebas ini juga bertujuan untuk mendapatkan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan kohesi (C) dari sampel tanah gambut.

Contoh perhitungan :

Sampel tanah gambut + 0 % Clean Set Cement :

$$L_0 = 7,52 \text{ cm}$$

$$\text{Kalibrasi} = 0,555556$$

$$\text{Pembacaan dial a} = 35$$

$$\Delta L = a \cdot 10^{-3} = 0,035$$

$$\Delta L / L_0 = 0,035 / 7,52 = 0,0047 \%$$

$$\text{Luas koreksi (A)} = (1) - \frac{\Delta L / L_0}{100} = 0,9953 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas dikoreksi} = L_0 / \text{Luas koreksi} = 10,8605 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pembacaan dial b} = 500$$

$$\text{Beban (P)} = 500 \times 0,555556 = 0,27777$$

$$\text{Tegangan (P/A)} = 0,27777 / 10,8605 = 0,025576$$

Untuk harga  $\phi$  dan c didapat dari :

$\alpha$  ( Sudut kritis) =  $71^\circ$  (didapat dari hasil pengukuran sampel tanah gambut setelah pengujian)

$$\phi \text{ (sudut geser dalam)} = 2 \times (\alpha - 45^\circ) = 52^\circ$$

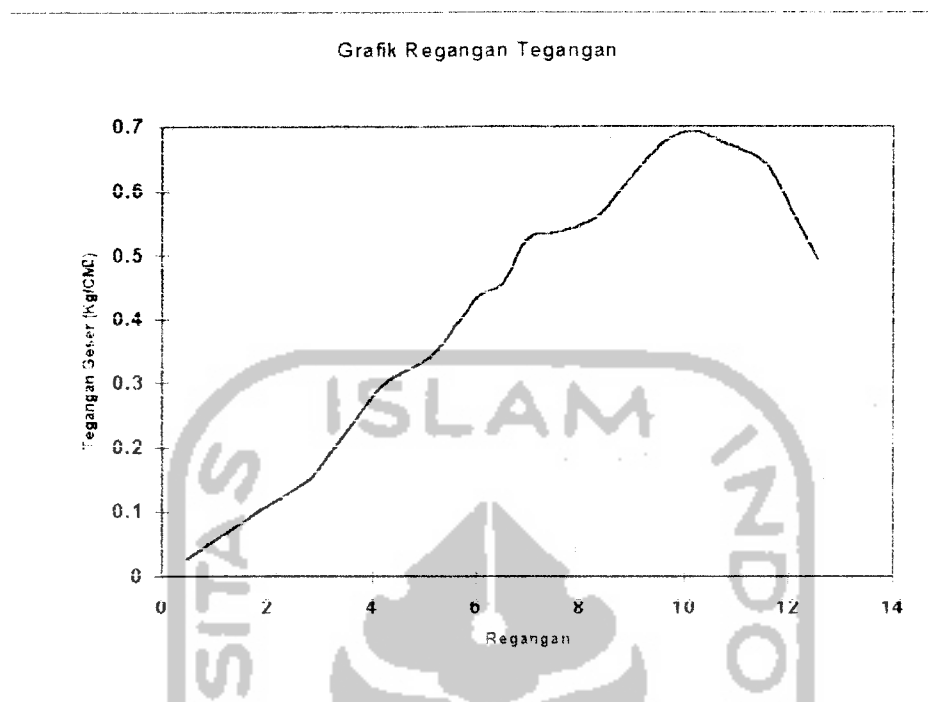
$$\text{Kohesi tanah (C)} = \sigma_{\text{maks}} / 2$$

$$= 0,691957 / 2 = 0,345 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tekan Bebas

Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	Kadar Air (W)	Sudut geser dalam $\phi$ (°)	Kohesi (C) (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	130,13	52	0,345
	133,79	20,5	0,292
	141,37	38	0,269
1	127,60	50	0,325
	130,80	60	0,31
	132,25	46	0,165
2,5	128,045	30	0,204
	130,83	40	0,25
	132,03	38	0,223
3	136,83	38	0,221
	132,40	40	0,272
	135,78	39	0,199
5	125,75	44	0,258
	123,84	53	0,146
	125,26	40	0,158
7,5	128,31	26	0,254
	128,35	30	0,159
	127,99	19	0,252
8	106,77	19	0,180
	104,16	32	0,194
	103,83	32	0,201
10	113,99	30	0,335
	113,74	40	0,336
	115,52	39	0,293



Gambar 4.2 Grafik uji tekan bebas sampel tanah gambut - 0% CSC

#### 4.1.7 Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Maksud pengujian CBR adalah menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 4.6,

Pada pengujian CBR ini terjadi fenomena<sup>1</sup> menarik, yang kemungkinan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penyebab sebenarnya dari fenomena tersebut.

<sup>1</sup> Pada pengujian CBR rendaman, setelah tanah gambut direndam selama 4 hari tercium bau gula dengan jelas.

Tabel 4.6 Hasil pengujian CBR laboratorium

Penambahan <i>Clean</i> <i>Set Cement</i> (%)	CBR tanpa rendaman ( <i>unsoaked CBR</i> ) (%)	CBR rendaman ( <i>soaked CBR</i> ) (%)	Pengembangan (%)
0 (1)	3.13	1.50	1.056
0 (2)	3.83	1.80	0.880
0 (3)	2.87	1.23	0.857
1 (1)	3.90	-	-
1 (2)	3.17	-	-
1 (3)	3.13	-	-
2.5 (1)	3.48	-	-
2.5 (2)	3.80	-	-
2.5 (3)	3.40	-	-
3 (1)	4.20	3.53	0.728
3 (2)	3.80	4.07	0.806
3 (3)	3.60	3.43	0.485
5 (1)	5.40	-	-
5 (2)	4.07	-	-
5 (3)	3.93	-	-
7.5 (1)	3.60	-	-
7.5 (2)	3.33	-	-
7.5 (3)	3.33	-	-
8 (1)	3.60	3.67	1.565
8 (2)	3.27	4.60	1.643
8 (3)	3.83	3.833	0.844
10 (1)	3.60	4.10	0.822
10 (2)	3.27	4.80	1.369
10 (3)	3.60	5.10	1.095

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Klasifikasi Tanah

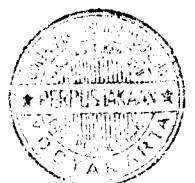
Klasifikasi tanah organik menurut Daehnowsky (1935), adalah sebagai berikut :

1. Tanah gambut yang mengandung bahan organik lebih dari 65 %.
2. Tanah bergambut (Peaty Soil) yang mengandung kadar organik antara 65 % sampai dengan 35 % dan
3. Tanah humus yang kadar organiknya antara 35 % sampai dengan 12 %.

Sampel tanah gambut pada penelitian ini telah diuji dilaboratorium Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada dengan memberikan hasil kadar bahan organik dalam sampel tanah gambut pada penelitian ini adalah 32.49 %, berdasarkan klasifikasi tanah gambut yang diberikan oleh Daehnowsky menunjukkan tanah gambut berjenis Tanah Humus. Hasil penelitian karakteristik tanah gambut yang lain ditampilkan dalam tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Karakteristik Tanah Gambut

No.	Pemeriksaan	Nilai
1	Specific Gravity	1.858
2	Berat Kering Maksimum	0.462 (gr cm <sup>3</sup> )
3	Kadar Air Optimum	143.01 (%)
4	Kadar Air Tanah Asli	526.87 (%)
5	Berat Volume Tanah	1.108 (gr cm <sup>3</sup> )



#### 4.2.2 Pengujian Geser Langsung

Pada percobaan *direct shear* dilakukan penambahan *Clean set cement* 1%, 2.5%, 3%, 5%, 7.5%, 8%, 10%, untuk mendapatkan nilai sudut geser ( $\phi$ ) dan kohesi tanah ( $C$ ). Nilai-nilai ini diperlukan dalam menghitung daya dukung tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 4.8 yang menunjukkan perilaku sampel tanah gambut terhadap geser pada setiap penambahan *Clean Set Cement*.

Dari data-data yang diperoleh dalam percobaan di laboratorium diketahui bahwa nilai-nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) adalah berkisar sekitar  $50^\circ$  dan masuk dalam kriteria gambut amorphous granular (amorphous granular peat), berdasarkan Jurnal Geoteknik Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Edisi Mei 1997 No. 01 Volume III halaman 23. Nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang tinggi ini disebabkan oleh adanya serat dalam tanah gambut.

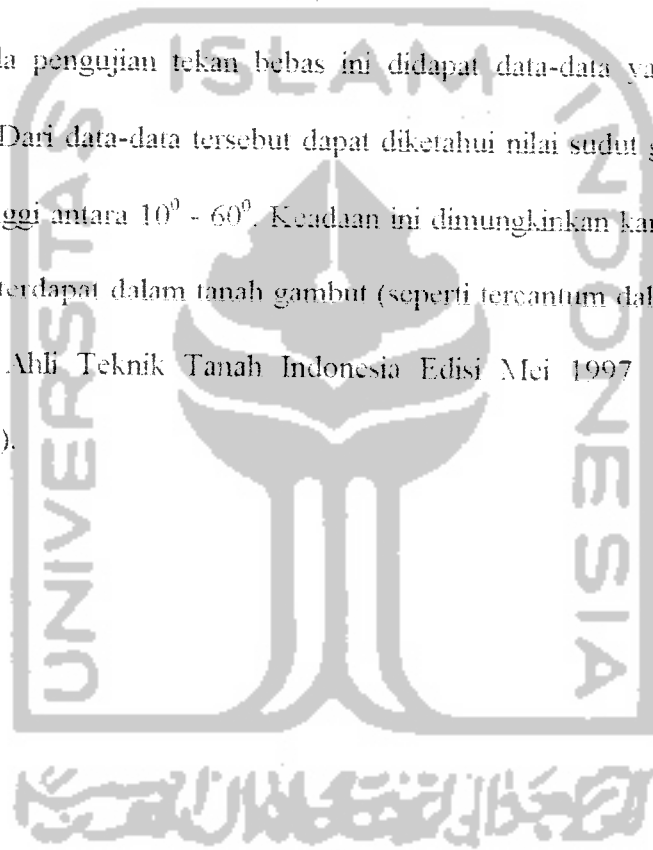
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Geser Langsung

Penambahan Clean Set Cement (%)		Sudut geser dalam ( $\phi$ ) <sup>o</sup>	Kohesi (C)
0	1	33,39	0,398
	2	47,78	0,258
	3	46,03	0,176
1	1	50,54	0,217
	2	45,74	0,258
	3	41,93	0,439
2,5	1	44,33	0,292
	2	36,17	0,354
	3	47,41	0,287
3	1	42,69	0,421
	2	41,51	0,339
	3	42,21	0,352
5	1	51,01	0,117
	2	41,53	0,148
	3	37,98	0,409
7,5	1	36,93	0,455
	2	21,73	0,443
	3	29,96	0,413
8	1	50,1	0,174
	2	38,54	0,38
	3	48,9	0,14
10	1	42,17	0,202
	2	34,51	0,393
	3	45,01	0,289

### 4.2.3 Pengujian Tekan Bebas

Pengujian tekan bebas dilakukan dengan penambahan *Clean Set Cement* seperti pada *direct shear test* yaitu sebesar 0%, 1%, 2.5%, 3%, 5%, 7.5%, 8%, 10% dari berat sampel tanah gambut. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai sudut geser ( $\phi$ ), dan kohesi (C).

Pada pengujian tekan bebas ini didapat data-data yang tercantum dalam Tabel 4.9. Dari data-data tersebut dapat diketahui nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang rata-rata tinggi antara 10° - 60°. Keadaan ini dimungkinkan karena kandungan serat kasar yang terdapat dalam tanah gambut (seperti tercantum dalam Jurnal Geoteknik Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Edisi Mei 1997 No. 01 Volume III halaman 23).





Tabel 4.9 Hasil Pengujian Tekan Bebas

No	Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	Tegangan ( $\tau$ kg $\text{cm}^2$ )	Regangan ( $\epsilon$ %)	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	Kohesi ( $C$ )
1	0% (1)	0,691955	0,10239	52°	0,345
	0% (2)	0,585600	0,08843	20,5°	0,292
	0% (3)	0,538752	0,08843	38°	0,269
2	1% (1)	0,645365	0,06981	50°	0,325
	1% (2)	0,621463	0,06981	60°	0,310
	1% (3)	0,339657	0,05585	46°	0,165
3	2,5% (1)	0,412440	0,05585	30°	0,204
	2,5% (2)	0,499439	0,07446	40°	0,250
	2,5% (3)	0,446406	0,05585	38°	0,223
4	3% (1)	0,442194	0,06981	38°	0,221
	3% (2)	0,543186	0,06050	40°	0,272
	3% (3)	0,398336	0,06050	39°	0,199
5	5% (1)	0,516473	0,06515	44°	0,258
	5% (2)	0,291134	0,05585	53°	0,146
	5% (3)	0,315395	0,05585	40°	0,158
6	7,5% (1)	0,506974	0,06050	26°	0,254
	7,5% (2)	0,318505	0,04654	30°	0,1593
	7,5% (3)	0,504462	0,06515	10°	0,252
7	8% (1)	0,360330	0,06515	19°	0,180
	8% (2)	0,388179	0,05585	32°	0,194
	8% (3)	0,402283	0,05119	32°	0,201
8	10% (1)	0,669268	0,06981	30°	0,335
	10% (2)	0,672616	0,06515	40°	0,336
	10% (3)	0,585609	0,06981	39°	0,293

#### 4.2.4 Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Dari dua model percobaan CBR (*unsoaked* dan *soaked*) nilai CBR tertinggi didapat dari penambahan *Clean Set Cement* yang berbeda, yaitu 5% (*unsoaked*) dan 10% (*soaked*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Dr. Ir. L. D. Wesley pada buku Mekanika Tanah halaman 176, bahwa nilai CBR akan tinggi pada kadar air rendah dan nilai CBR akan rendah pada kadar air tinggi (CBR tanpa rendaman).

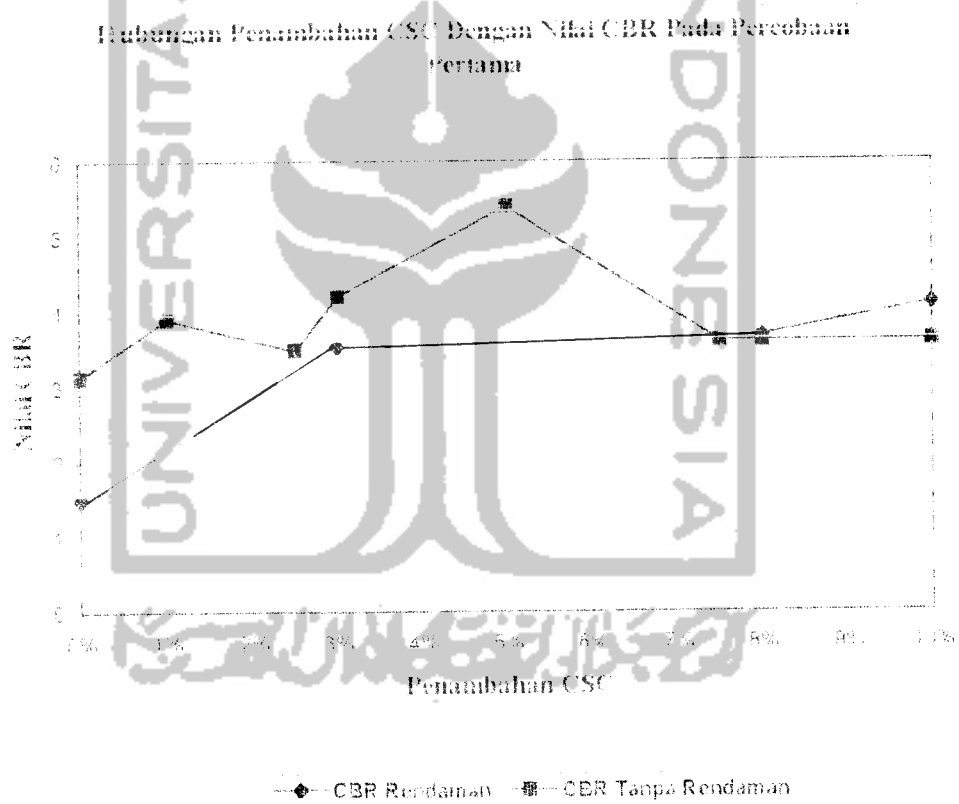
Sedangkan untuk CBR rendaman, nilai CBR akan rendah pada kadar air rendah, dan makin bertambah kadar air maka nilai CBR akan semakin tinggi sampai mencapai puncak berdekatan dengan kadar air optimum. Setelah mencapai puncak maka nilai CBR akan turun kembali.

Pada gambar 4.3 nilai CBR tertinggi 5,4 dengan kadar air 127,855 % (CBR tanpa rendaman). Sedangkan pada CBR rendaman nilai CBR tertinggi adalah 4,8 dengan kadar air 144,43 % mendekati nilai optimum kadar air yaitu 146,25 %. Dari gambar 4.3, gambar 4.4, gambar 4.5, dan gambar 4.6 didapati suatu data nilai CBR yang mengalami kecenderungan untuk turun pada penambahan CSC diatas 5% (test CBR tanpa rendaman). Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari reaksi pembentukan ettringite, pada reaksi ettringite ini terjadi penurunan kadar air tanah, dan sebagai hasil dari reaksi ettringite ini 32 molekul air diserap dari tanah sebagai hydrasi air. Penyerapan air oleh *Clean Set Cement* ini adalah sebesar 40% dari berat *Clean Set Cement* (Metode Clean Set Untuk Stabilisasi Tanah Lunak halaman 6 dan 7). Pada penambahan CSC diatas 5% kebutuhan akan 32 molekul air ini tidak didapat dari tanah, sehingga clean set tidak dapat melakukan penyerapan air secara maksimal yaitu sebesar 40% dari berat *Clean Set Cement*.

Sedangkan untuk test CBR rendaman, nilai CBR mengalami kecenderungan naik. Hal ini disebabkan oleh 32 molekul air yang diserap dari tanah dapat terpenuhi dengan mudah karena sampel tanah direndam selama 4 hari. Sehingga penyerapan maksimal air dapat dilakukan oleh Clean set dengan sempurna.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Pada Pengujian Pertama

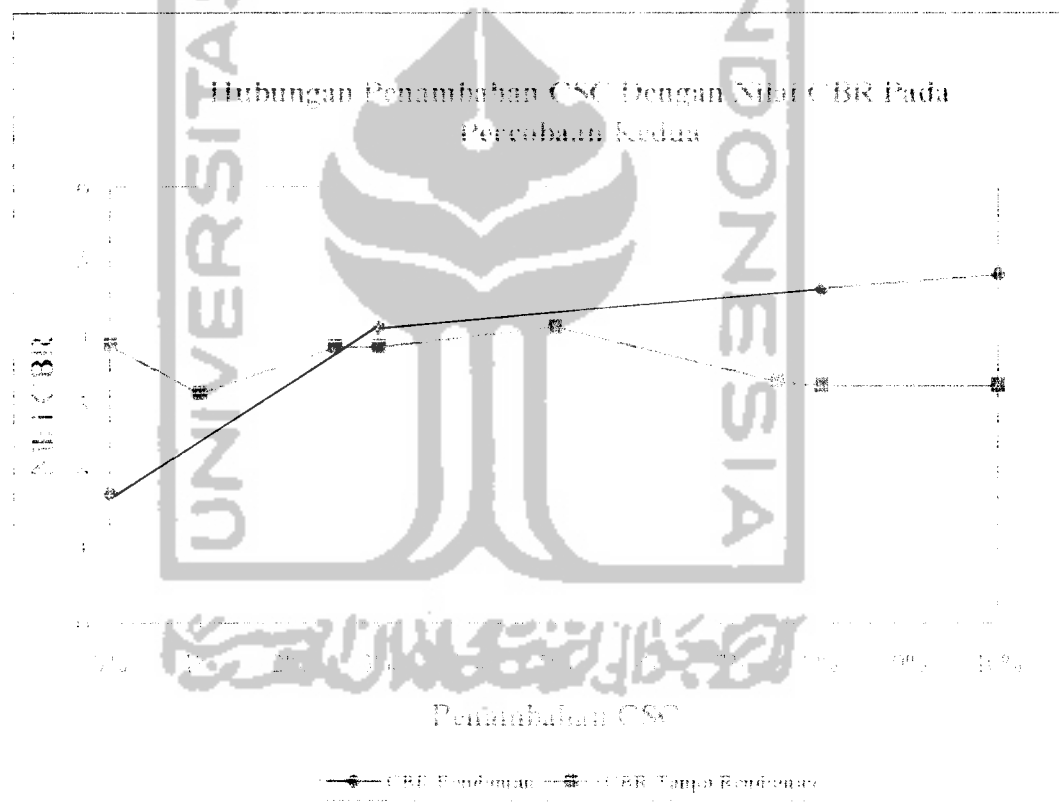
Penambahan CSC	CBR Rendaman	CBR Tanpa Rendaman
0%	1,5	3,10
1%		3,9
2,50%		2,48
3%	3,53	4,2
5%		5,4
7,50%		3,6
8%	3,67	3,6
10%	4,1	3,6



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Penambahan CSC Dengan Nilai CBR Pada Percobaan Pertama

Tabel 4.11 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Pada Pergerakan Kedua

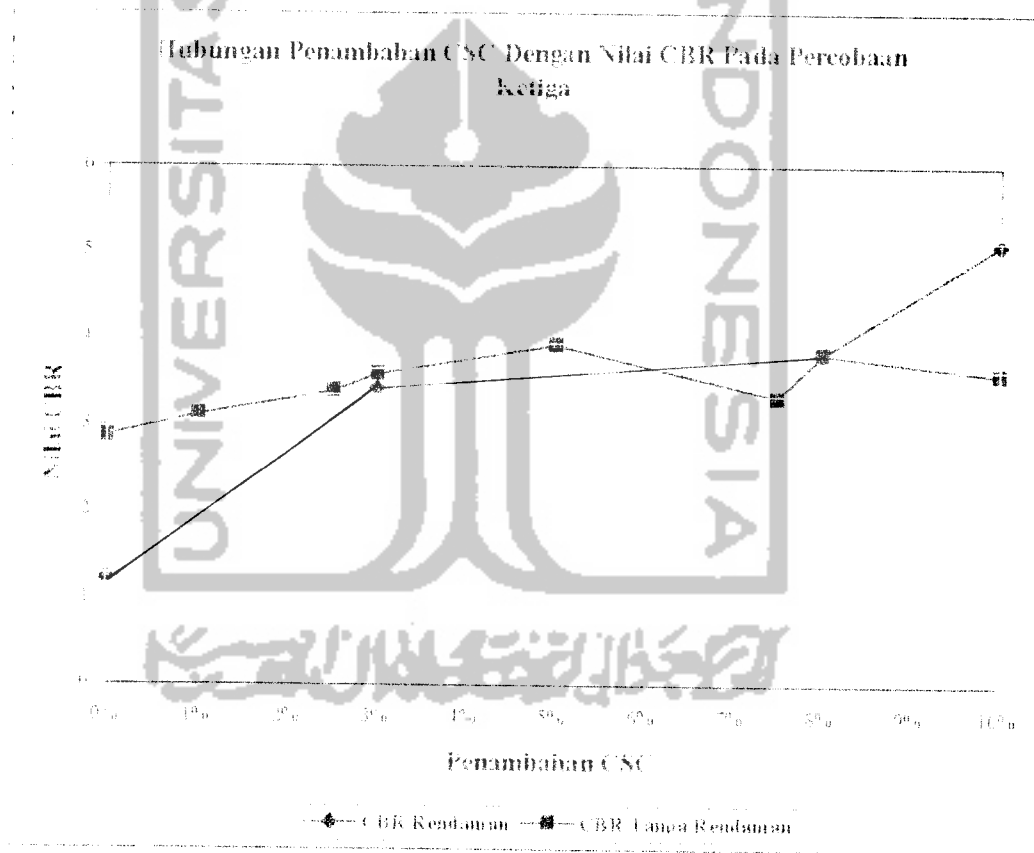
Penambahan CSC	CBR Rendaman	CBR Tanpa Rendaman
0%	1,5	2,81
1%		3,17
2,50%		3,3
3%	4,07	3,8
5%		4,07
7,50%		3,33
8%	4,6	3,37
10%	4,8	3,37



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Penambahan CSC Dengan Nilai CBR Pada Percobaan Kedua

Tabel 4.1. Analisis Regresi pada Uji Tahanan Panas pada Campuran Beton

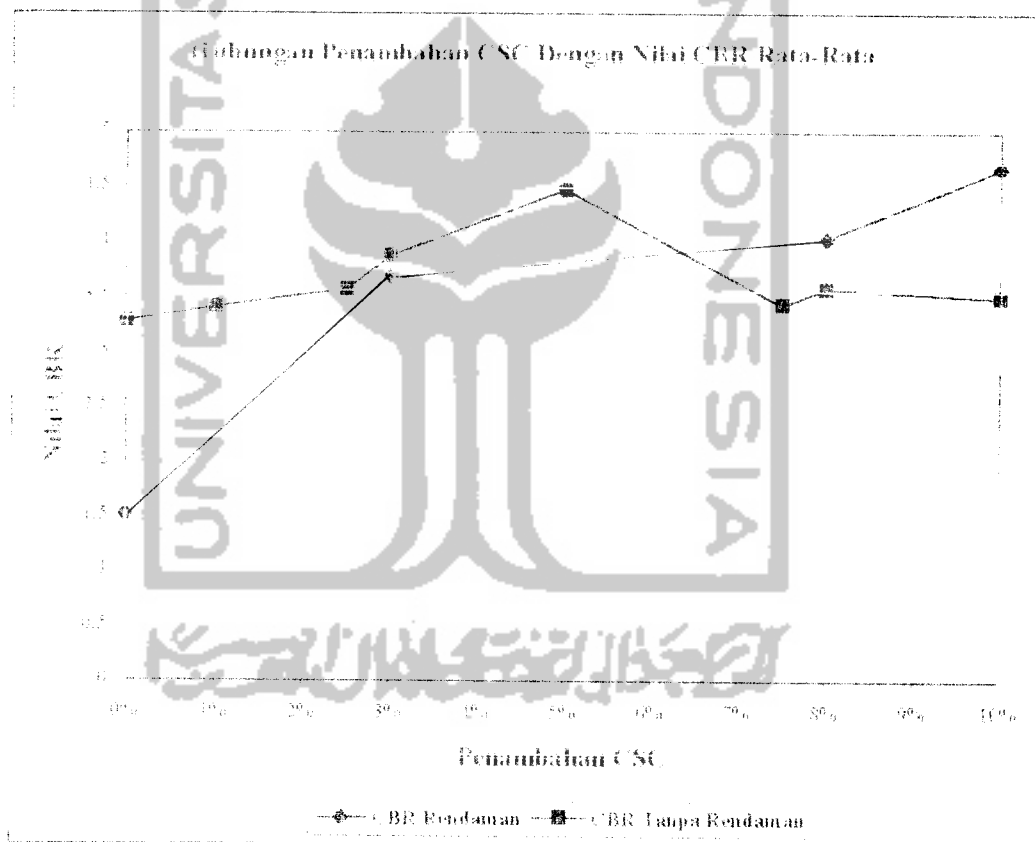
Penambahan (%)	CBR Lama Rendaman	CBR Lama Rendaman
0%	3.87	3.87
1%	3.93	3.93
2%	4	4
3%	4.43	4.3
5%	3.93	3.93
7.5%	3.83	3.83
10%	5.1	3.6



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Penambahan CSC Dengan Nilai CBR Pada Percobaan Ketiga

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Rata-Rata CBR Laboratorium

Penambahan CSC	CBR Rendaman	CBR Tanpa Rendaman
0%	1,51	0,27
1%		0,4
2-10%		1,14
3%	3,03	0,3
4%		0,47
7-50%		1,43
8%	4,33	0,57
10%	4,37	0,49



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Penambahan CSC Dengan Nilai CBR Rata-Rata

Tabel 4.14 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Unsoaked

Pertama

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	3,13	140,92
1	3,9	139,395
2,5	3,48	131,225
3	4,2	129,79
5	5,4	127,855
7,5	3,6	135,065
8	3,6	128,419
10	3,6	129,79

Tabel 4.15 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Unsoaked

Kedua

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	3,33	146,16
1	3,17	140,435
2,5	3,8	128,419
3	3,8	126,65
5	4,19	130,289
7,5	3,33	135,075
8	3,2	131,411
10	3,27	126,65

Tabel 4.16 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Unsoaked Ketiga

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	2,87	130,86
1	3,13	131,255
2,5	3,1	129,935
3	3,0	126,71
4	3,03	128,51
5	3,33	132,77
8	3,85	123,59
10	3,9	126,388

Tabel 4.17 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Soaked Pertama

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	1,5	139,17
3	3,53	133,88
8	3,07	124,79
10	4,1	133,73



Tabel 4.18 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Soaked Kedua

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	1,8	111,32
3	4,07	102,045
8	1,6	121,791
10	4,8	114,43

Tabel 4.19 Hubungan Nilai CBR Dengan Kadar Air Pada Percobaan Soaked Ketiga

Penambahan CSC (%)	Nilai CBR (%)	Kadar air (%)
0	1,23	111,33
3	3,43	109,16
8	3,83	124,287
10	1,8	137,8

Dari Tabel 4.14 sampai dengan Tabel 4.19 diketahui adanya nilai kadar air yang bervariasi dalam test CBR, hal ini disebabkan oleh distribusi serat yang terdapat didalam tanah gambut yang tidak beraturan pada tiap-tiap pengujian, baik pada pengujian pertama, kedua maupun pada pengujian ketiga. Distribusi serat yang terdapat dalam tanah gambut, baik serat kasar, sedang maupun halus sangat sulit untuk dapat dideteksi sifat serta perilakunya. Adanya keterkaitan antara kandungan serat didalam tanah gambut dengan penyerapan serta proses pembusukan serat atau bahan-bahan organik lain yang terdapat didalam tanah gambut itu sendiri dapat

diterangkan bahwa tanah gambut dengan kadar organik rendah akan mempunyai kadar air rendah, kadar air akan naik dengan naiknya kadar organik didalam tanah gambut. Keadaan ini menunjukkan bahwa material inorganik dapat menyimpan air lebih sedikit dari pada material organik. Disamping itu tanah organik dapat dikatakan sebagai tanah yang masih muda karena selalu mengalami proses dekomposisi (pembusukan) sehingga tanah organik biasanya lebih berongga dibandingkan dengan tanah inorganik. Hal ini disebabkan komponen utama dari suatu tanah organik adalah berasal dari tumbuh-tumbuhan yang banyak mengandung serat.



### Contoh perhitungan

#### Data Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalulintas harian rata-rata merupakan hal yang sangat dominan sebagai dasar acuan dalam menentukan tebal perkerasan suatu jalan. Untuk itu perlu diketahui jumlah lalulintas pada saat sebelum, sedang dan sesudah pengerjaan suatu jalan. Berkaitan dengan hal tersebut, untuk mengetahui perkembangan lalulintas dengan menggunakan rumus  $(I - I)^%$ .

Data LHR yang dipakai dalam perhitungan tebal lapis keras pada analisis ini adalah menggunakan hasil survei lalulintas Jalan Lingkar Utara Yogyakarta dari Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga.

Tabel 4.20 Hubungan Jenis Kendaraan dengan Jumlah yang Melintasi Jalan Ring Road Lingkar Utara Yogyakarta.

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
a. Sepeda Motor, Sekuter, Sepeda	15.677
b. Sedan, Jeep, dan Station Wagon	8.461
c. Oplet, Pickup, Oplet, suburban, van, dan Minibus	1.090
d. Flek up, Micro Trak, dan mobil hantaran	3.804
e. Bus	378
f. Trailer trak 3 As atau lebih gancungan	996
g. Kendaraan rak bermotor	3.122

Sumber : DPU, Dirjen Bina Marga Prop. DIY

## 1. Metode Bina Marga 1987

Metode Bina Marga 1987 adalah modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Modifikasi ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis perkerasan yang umum digunakan di Indonesia. dalam metode ini ada 8 parameter yang harus diperhatikan, yaitu :

1. prosentase kendaraan pada jalur rencana
2. angka Ekuivalen (E).
3. lintas Ekuivalen (LEP, LEA dan LET).
4. daya Dukung Tanah (DDT).
5. faktor Regional (FR).
6. indeks Permukaan (IP).
7. indeks Tebal Perkerasan (ITP) dan
8. koefisien Kekuatan Relatif (a).

Perhitungan

Direncanakan

- a. Tebal perkerasan untuk jalan 2 arah, 2 jalur
- b. Umur rencana 10 tahun dengan angka pertumbuhan( $I$ ) = 6%.
- c. Data LHR sesuai dengan tabel 4.10, setelah diklasifikasikan menurut berat kendaraan = 1,5 ton, maka didapatkan data hasil yang disajikan pada tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.21 Hubungan jenis kendaraan Mobil, Bus, Truck dengan jumlahnya yang melintasi Jalaa Ring-Road Lingkar Utara Yogyakarta.

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
Kendaraan ringan 2 ton	13.355
Bus	378
Truck 2 As	2.375
Truck 3 As	664
Truck 5 As	332
Jumlah	17.104

Sumber : DPLU Dirjen Bina Marga Prop. DIY

#### Perhitungan

LHR untuk 10 tahun pada awal umur rencana dengan pertumbuhan 6%.

$$\text{Kendaraan ringan 2 ton} = 13.355 (1 - 0,06)^{10} = 23.916,77$$

$$\text{Bus} = 378 (1 - 0,06)^{10} = 676,940$$

$$\text{Truck 2 As} = 2.375 (1 - 0,06)^{10} = 4.253,263$$

$$\text{Truck 3 As} = 664 (1 - 0,06)^{10} = 1.189,123$$

$$\text{Truck 5 As} = 332 (1 - 0,06)^{10} = 594,861$$

$$\sum \text{LHR}_{10} = 30.630,657 \text{ kendaraan}$$

LHR pada tahun ke-10 (akhir umur rencana) dengan pertumbuhan 6%.

$$\text{Kendaraan ringan 2 ton} = 23.916,77 (1 - 0,06)^{10} = 42.831,292$$

$$\text{Bus} = 676,940 (1 - 0,06)^{10} = 1.212,296$$

Truck 2 As	$4.253.263 (1 + 0,06)^{10} =$	7.616.946
Truck 3 As	$= 1.189.123 (1 + 0,06)^{10} =$	2.129.538
Truck 5 As	$= 594.561 (1 + 0,06)^{10} =$	1.064.768

---


$$\Sigma LHR_{10} = 54.854,83 \text{ kendaraan}$$

Angka Ekuivalen (E)

Berdasarkan rumus :

$$E = \left[ \frac{N}{8160} \right]^4$$

Angka ekuivalen (E) dari beban kendaraan (gandar tunggal dan gandar ganda) dapat dihitung dengan menggunakan daftar III pada lampiran 21 atau dengan rumus :

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left[ \frac{\text{beban 1 sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

$$E \text{ sumbu ganda} = \left[ \frac{\text{beban 1 sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right]^4$$

1. kendaraan ringan 2 ton (as depan 1ton – as belakang 1ton)

$$E = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004$$

2. Kendaraan Bus 8 ton (as depan 3 ton – as belakang 5 ton)

$$E = 0,0183 + 0,1110 = 0,1593$$

3. Kendaraan truk ringan 13 ton (as depan 5 ton – as belakang (ganda) 8 ton)

$$E = 0,1410 + 0,0794 = 0,2204$$

4. Kendaraan truk sedang 20 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang (ganda) 7 ton)

$$E = 0,2923 + (2 \times 0,0466) = 0,3855$$

5. Kendaraan truk berat 30 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang masing-masing (ganda) 7 ton + 2 as gandengan masing-masing 5 ton)

$$E = 0,2923 + (2 \times 0,0466) + (2 \times 0,1410) = 0,6675$$

#### Faktor Distribusi Kendaraan

Pada perencanaan tebal lapis perkerasan jalan Lingkar Utara di kota Yogyakarta merupakan jalan 2 jalur 2 arah sesuai dengan daftar II pada lampiran 20 diambil nilai (C) sebesar 0,5.

#### Menghitung Lintas Ekuivalen

a) Menghitung lintas ekuivalen permulaan (LEP) digunakan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

$$\text{Kendaraan ringan 2 ton} = 23.916,77 \times 0,5 \times 0,0004 = 4,7833$$

$$\text{Bus} = 676.940 \times 0,5 \times 0,1593 = 53.918,3$$

$$\text{Truk ringan 2 as} = 4.253,263 \times 0,5 \times 0,2204 = 468,769$$

$$\text{Truk sedang 3 as} = 1.189,123 \times 0,5 \times 0,3855 = 229,7034$$

$$\text{Truk berat 5 as} = 594,561 \times 0,5 \times 0,6675 = 198,4347$$

$$\Sigma LEP = 955,0487$$

b) Menghitung Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) di gunakan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR (1 + I)^m \times C_j \times F_j$$

Kendaraan ringan 2 ton =  $42831,292 \times 0,5 \times 0,0004 = 8,5662$

Bus =  $1212,296 \times 0,5 \times 0,1593 = 96,5594$

Truk ringan 2 as =  $7616,946 \times 0,5 \times 0,2204 = 839,387$

Truk sedang 3 as =  $2129,538 \times 0,5 \times 0,3855 = 410,168$

Truk berat 5 as =  $1064,768 \times 0,5 \times 0,6675 = 355,366$

$\Sigma LEA_m = 1.710,3466$

c) Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA_m)$$

$$= \frac{1}{2} (955,0487 + 1.710,3466)$$

$$= 1332,697$$

d) Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times UR_{10}$$

$$= 1332,697 \times \frac{10}{10}$$

$$= 1332,697$$



Meneari Besarnya Daya Dukung Tanah (DDT)

Dengan menggunakan nomogram korelasi CBR dan DDT pada lampiran no.19 ditentukan Daya Dukung Tanah pada masing-masing kondisi sebagai berikut .

1. Pada Kadar *Clean Set Cement* 0 % , CBR 3,276 didapat DDT 4,00
  2. Pada Kadar *Clean Set Cement* 1 % , CBR 3,40 didapat DDT 4,05
  3. Pada Kadar *Clean Set Cement* 2,5 % , CBR 3,56 didapat DDT 4,12
  4. Pada Kadar *Clean Set Cement* 3 % , CBR 3,86 didapat DDT 4,25
  5. Pada Kadar *Clean Set Cement* 5 % , CBR 4,47 didapat DDT 4,50
  6. Pada Kadar *Clean Set Cement* 7,5 % , CBR 3,42 didapat DDT 4,06
  7. Pada Kadar *Clean Set Cement* 8 % , CBR 3,566 didapat DDT 4,12
  8. Pada Kadar *Clean Set Cement* 10 % , CBR 3,49 didapat DDT 4,10
- dari daftar V dan VI, pada lampiran no.22 didapatkan indeks permukaan akhir umur rencana (Ipo) = 2,5 dan Ipo → 3,9 - 3,5

Menentukan Faktor Regional

Berdasarkan pada daftar IV pada lampiran no.20 didapatkan FR 1,0

Menentukan harga Indeks Tebal Permukaan (ITP)

Berdasarkan data-data sebagai berikut :

- a. I.F.R = 1332,697
- b. FR = 1,0
- c. DDT = 4,00
- d. Ipo = 3,9 - 3,5

a.  $IP_1 = 2,5$

Dari nomogram pada lampiran - 14, maka didapatkan nilai  $ITP = 12$ . Nilai  $ITP$  ini selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan untuk menentukan tebal perkerasan. Untuk menentukan tebal masing-masing lapisan setelah nilai  $ITP$  didapatkan, maka dapat diperoleh dari daftar VIII dan nilai koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan Daftar VII.

$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

dengan :

$ITP$  = Indeks tebal perkerasan untuk lapis tanah dasar

$a_1$  = Koefisien kekuatan relatif LASTON = 0,40

$a_2$  = Koefisien kekuatan relatif base kelas A (CBR 100%) = 0,14

$a_3$  = Koefisien kekuatan relatif sub-base kelas C (CBR 30%) = 0,11

$D_1$  = Tebal lapis permukaan, diambil = 12 cm = 120 mm

$D_2$  = Tebal lapis pondasi atas, diambil = 20 cm = 200 mm

$D_3$  = Tebal lapis pondasi bawah

maka :

$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

$$12 = 0,4 \times 12 + 0,14 \times 20 + 0,11 \times D_3$$

$$D_3 = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm dipakai } 410 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap ketebalan minimum

1. Lapis pondasi atas (batu pecah CBR 100%)

CBR 100% diperoleh  $DD_1 = 10,50$ , diperoleh  $ITP_1 = 4,50$

$$D_1 = \frac{FTP_1}{a_1}$$

$$4,50 = \frac{0,4 \times 11,25 \text{ cm}}{12} \text{ cm (Aman)}$$

2. Tapis pondasi bawah (sifat CBR 30%)

CBR 30% diperoleh DDE = 8,10 dan  $FTP_2 = 6,60$

$$D_2 = \frac{FTP_2 - (a_1 \times D_1)}{a_2} = \frac{6,60 - (0,4 \times 12)}{0,14}$$

$$= 12,857 \text{ cm} = 20 \text{ cm (Aman)}$$

3. Tapis tanah dasar (CBR 3,27%)

CBR 3,27% diperoleh DDE = 4 dan  $FTP_3 = 12$

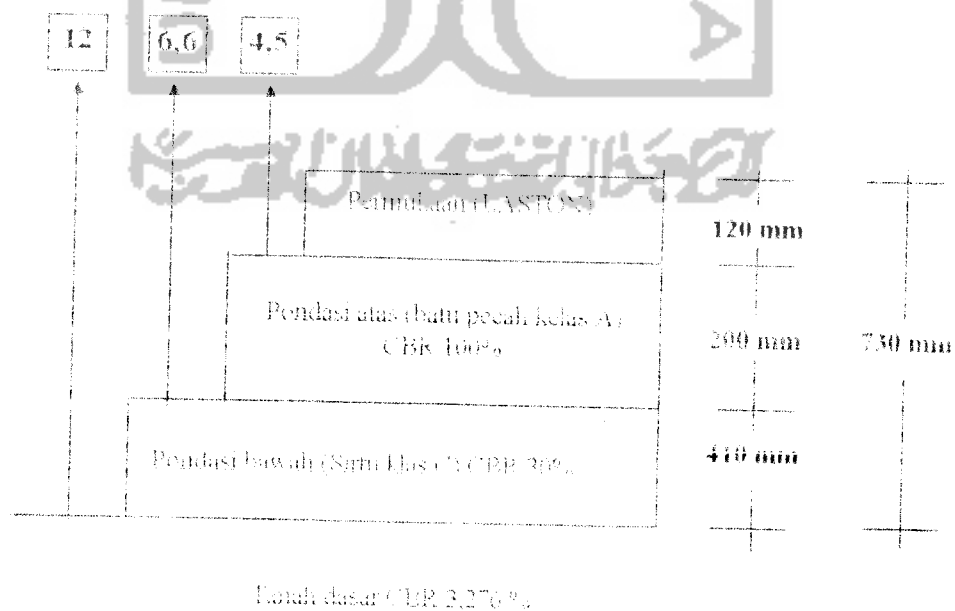
$$D_3 = \frac{FTP_3 - (a_1 \times D_1) - (a_2 \times D_2)}{a_3}$$

$$D_3 = \frac{12 - (0,4 \times 12) - (0,14 \times 20)}{0,11} = 40 \text{ cm} = 40 \text{ cm (Aman)}$$

Ketebalan tiap lapis yang didapat adalah :

$$D_1 = 120 \text{ mm}, D_2 = 200 \text{ mm}, D_3 = 410 \text{ mm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 4.7 Tebal lapis keras dari hitungan Metode Bina Marga 1987

Dengan menggunakan cara yang sama, maka ITP dari masing-masing variasi penambahan *Clean Set Cement* adalah sebagai berikut :

1. Pada kadar *Clean Set Cement* 0 % ITP 12,00
2. Pada kadar *Clean Set Cement* 1 % ITP 11,50
3. Pada kadar *Clean Set Cement* 2,5 % ITP 11,40
4. Pada kadar *Clean Set Cement* 3 % ITP 11,10
5. Pada kadar *Clean Set Cement* 5 % ITP 11,00
6. Pada kadar *Clean Set Cement* 7,5 % ITP 11,50
7. Pada kadar *Clean Set Cement* 8 % ITP 11,40
8. Pada kadar *Clean Set Cement* 10 % ITP 11,30

Dari nilai ITP pada masing-masing variasi penambahan *Clean Set Cement*, maka nilai koefisien kekuatan relatif dapat ditentukan dengan menggunakan daftar VIII dan daftar XVII. Sehingga ketebalan masing-masing lapis keras pada variasi penambahan *Clean Set Cement* dapat ditentukan.

## 2. Metode CBR

Metode CBR ini berdasarkan pada jumlah kendaraan komersial lebih dari 1500 kg berat kosong tiap harinya dan besarnya nilai CBR baik subgrade maupun material perkerasan lainnya.

Tingkat pertumbuhan kendaraan diasumsikan sebesar 6 % per tahun. (Sumber dari Bina Marga).

Pada negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia, perencanaan Umur Rencana (UR) lebih tepat direncanakan selama 10 tahun, dengan alasan sebagai berikut :

1. kenaikan jumlah kendaraan pada negara berkembang setiap tahunnya lebih besar dibandingkan dengan negara maju.
2. apabila prosentase kenaikan jumlah kendaraan tinggi, jika direncanakan umur rencana perkerasan 20 tahun atau lebih, akan memerlukan biaya yang cukup tinggi, sehingga tidak ekonomis, dan
3. adanya kecenderungan prosentase kenaikan kendaraan-kendaraan angkutan barang yang berat akan berkurang, padahal jenis kendaraan inilah yang sangat menentukan tebal perkerasan yang dibutuhkan.

Faktor bertambahnya lalu lintas (*Traffic summation faktor*) pada waktu 10 tahun adalah sebagai berikut ini.

$$g = \sum_{i=0}^9 (1 + 6/100)^i = 13,18$$

Jumlah LHR kendaraan untuk jangka waktu 10 tahun.

$$\text{Kendaraan ringan 2 ton} = \frac{(13.355 \times 13,18)}{10} = 17601,89$$

$$\text{Bus 8 ton} = \frac{(378 \times 13,18)}{10} = 498,204$$

$$\text{Truk 2 as 13 ton} = \frac{(2375 \times 13,18)}{10} = 3130,25$$

$$\text{Truk 3 as 20 ton} = \frac{(664 \times 13,18)}{10} = 875,152$$

$$\text{truk 5 as 30 ton} = \frac{(332 \times 13,18)}{10} = 437,576$$

$$\sum \text{LHR}_{10} = 22.543,072 \text{ kendaraan}$$

Jumlah Lalufintas harian untuk kendaran komersial = 22.543.072 kendaraan, ini berarti dari gambar pada lampiran 9 klasifikasi lalufintasnya adalah G. Melalui data CBR subgrade sebesar 2,76 % dan dengan menggunakan kurva G, maka ketebatan total perkerasan yang dibutuhkan adalah sebesar 680 mm.

Pada perencanaan jalan kelas I, bahan-bahan perkerasan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : (DPI, 1987)

- Lapis permukaan LASTON
- Lapis pondasi atas (batu pecah CBR > 50% → CBR 100%), dan
- lapis pondasi bawah (sirtu CBR < 20% → CBR 30%).

Dari data tersebut di atas, maka prosedur perhitungan ketebalan perkerasan menggunakan grafik perencanaan cara CBR pada lampiran 9 adalah sebagai berikut ini.

1. Lapis pondasi bawah (sub-base course)

CBR 30%, maka ketebalan perkerasan yang dibutuhkan sebesar 180 mm, sehingga ketebalan pondasi bawah minimum yang didapat :  $680 - 180 = 500$  mm.

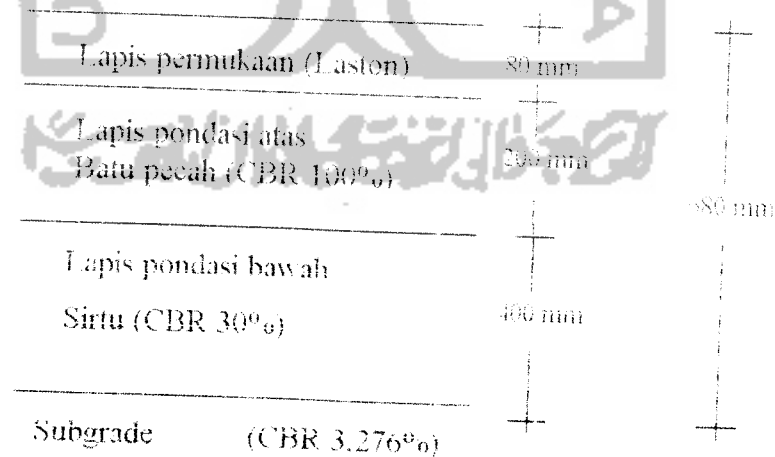
1. Lapis pondasi atas (base course)

CBR 100 % (dari grafik perencanaan cara CBR pada lampiran-9), maka ketebalan perkerasan yang dibutuhkan = 80 mm, sehingga tebal lapis pondasi atas minimum yang didapat :  $280 - 80 = 200$  mm.

Jadi lapis permukaan (surface course) yang dibutuhkan sebesar :

$$680 - 400 - 200 = 80 \text{ mm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 4.8 Tebal Lapis Keras Menurut Metode CBR

### 3. Metode Road Note-31

Metode road note-31 merupakan metode yang dikeluarkan oleh "Transportation and Road Research Laboratory" dalam menentukan tebal lapis perkerasan yang khusus digunakan bagi negara-negara beriklim tropis. Untuk menganalisis lapis keras dengan metode ini mengacu pada "determining the pavement thickness".

Pada penentuan masing-masing lapis keras selalu dipengaruhi oleh beban lalu lintas kumulatif yang melintas di atasnya dan nilai CBR tanah dasar, yang dapat dilihat pada gambar 1. Jika beban standari yang lewat lebih dari  $2.5 \times 10^6$  maka tebal lapis pondasi minimum adalah 150 mm (6 inchi) dengan 50 mm (2 inchi) untuk lapis permukaan atau 200 mm (8 inchi) untuk lapis pondasi dengan "surface dressing".

Umumnya untuk jalan-jalan yang menerima beban-beban komersial tidak lebih dari 300 per hari untuk dua arah pada awal konstruksi, solusi yang paling hemat adalah memilih "double surface dressing" dengan lapis pondasi setebal 150 mm dan penambahan 50 mm lapisan aspal pada lapis permukaan beberapa tahun kemudian.

Dalam perhitungan beban standar kumulatif pada metode Road note-31 ini dipengaruhi oleh faktor ekuivalen yang gunanya untuk mengkonversikan angka dari kategori beban yang berbeda ke angka ekuivalen pada beban standar 8200 kg (18000 lb). Berbagai angka konversi untuk beban yang berbeda dapat dilihat dalam Tabel 4.22. Berikut ini.



Tabel 4.22. Faktor ekuivalen beban sumbu

Beban sumbu		Faktor Ekuivalen Road Note-31	Faktor Ekuivalen Road Note-29
lb	kg		
2000	910	0,0002	0,0002
4000	1810	0,0025	0,0025
6000	2720	0,01	0,01
8000	3630	0,04	0,03
10000	4540	0,08	0,09
12000	5440	0,20	0,19
14000	6350	0,30	0,35
16000	7260	0,60	0,61
18000	8160	1,00	1,0
20000	9070	1,60	1,50
22000	9980	2,40	2,30
24000	10890	3,60	3,20
26000	11790	5,20	4,40
28000	12700	7,20	5,80
30000	13610	9,90	7,60
32000	14520	13,30	9,70
34000	15430	17,60	12,1
36000	16320	22,40	15,0
38000	17230	22,90	18,6
40000	18140	37,30	22,8
42000	19070	47,00	
44000	19980	58,00	
46000	20880	72,00	
48000	21790	87,00	

Sumber : Road Note-31, hal.8 dan Road Note-29, hal.10

### Perhitungan

Berdasarkan LHR awal umur rencana seperti yang terdapat pada Tabel 4.11 untuk semua jenis kendaraan berjumlah 17164 buah kendaraan. Karena data yang diperoleh terdiri dari 2 arah, maka untuk satu arah berjumlah 8552 buah kendaraan yang terdiri dari :

Kendaraan ringan 2 ton (1 ton - 1 ton)	=	6678
Bus 8 ton (3 ton - 5 ton)	=	198
Truk 2 as 13 ton (5 ton - 8 ton)	=	1188
truk 3 as 20 ton (6 ton - (2 x 7) ton)	=	332
truk 5 as 16 ton - (2 x 7) ton - (2 x 5) ton	=	166
	=	8553

Berdasarkan umur rencana 10 tahun dengan angka pertumbuhan 0,48% per tahun, dari gambar 2 didapat :

Kendaraan ringan 2 ton	$(6678 \times 0,48 \times 10^0)$	100	=	3205440
Bus 8 ton	$(198 \times 0,48 \times 10^0)$	100	=	90720
Truk 2 as 13 ton	$(1188 \times 0,48 \times 10^0)$	100	=	570240
Truk 3 as 20 ton	$(332 \times 0,48 \times 10^0)$	100	=	159360
Truk 5 as	$(166 \times 0,48 \times 10^0)$	100	=	79680
			=	12205440

Jadi pada akhir umur rencana terdapat 12205440 kendaraan untuk semua jenis di atas yang akan lewat jalan Ring Road utara Yogyakarta selama umur rencana.

Untuk mencari jumlah kumulatif beban standar yang melalui jalan Ring Road utara Yogyakarta selama umur rencana kendaraan tersebut harus dikelompokkan berdasarkan beban sumbu kendaraan seperti yang tercantum di bawah ini.

Beban 1 ton : ada 2 buah yang berasal dari kendaraan ringan 2T (1T = 1T)

Beban 3 ton : ada 1 buah yang berasal dari bus 8T (3T = 5T)

Beban 5 ton : ada 4 buah yang berasal dari bus 8T (3T = 5T), truk 13T (5T = 8T), dan 2 dari truk 30T (6T = 2 x 7T = 2 x 5T)

Beban 6 ton : ada 2 buah yang berasal 1 dari truk 30T (6T = 2 x 7T = 2 x 5T) dan 1 dari truk 20T (6T = 2 x 7T)

Beban 7 ton : ada 4 buah yang berasal 2 dari truk 30T (6T = 2 x 7T = 2 x 5T) dan 2 dari truk 20T (6T = 2 x 7T)

Beban 8 ton : ada 1 buah yang berasal dari truk 13T (5T = 8T)

$$\text{Beban standar kumulatif} = C \times \sum D \times E \dots\dots\dots (D)$$

Dengan : C = Jumlah sumbu

$\sum D$  = jumlah sumbu yang lewat selama umur rencana

E = Faktor ekivalen ( lihat Tabel 4.22)

maka,

$$\begin{aligned} 1000 \text{ kg} &: 2 \times 32054400 \times 0,00043 &= 27567 \\ 3000 \text{ kg} &: 1 \times 907200 \times 0,02 &= 18144 \\ 5000 \text{ kg} &: (907200 + 5702400 + 2 \times 796800) \times 0,14 &= 1148448 \\ 6000 \text{ kg} &: 1 \times (796800 + 1593600) \times 0,26 &= 621504 \\ 7000 \text{ kg} &: 2 \times (796800 + 1593600) \times 0,51 &= 2438208 \\ 8000 \text{ kg} &: 1 \times 5702400 \times 0,93 &= 5303232 \\ &&= 9557103 \end{aligned}$$

Sehingga beban standar kumulatif yang melewati ruas jalan Ring road utara Yogyakarta selama umur rencana adalah 9557103 atau  $9,5 \times 10^6$

## 2. Rencana Ketebalan Perkerasan

Karena beban standar yang didapatkan lebih dari  $2,5 \times 10^6$ , maka tebal lapis pondasi menurut ketentuan adalah 150 mm, dengan 50 mm untuk lapis permukaan. Apabila CBR tanah dasar = 3,276 % maka dari Gambar 1, Tebal lapis keras yang didapatkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{tebal lapis pondasi bawah} &= 280 \\ \text{tebal lapis pondasi atas} &= 150 \\ \text{tebal lapis permukaan} &= 50 \\ \hline &= 480 \text{ mm} \end{aligned}$$

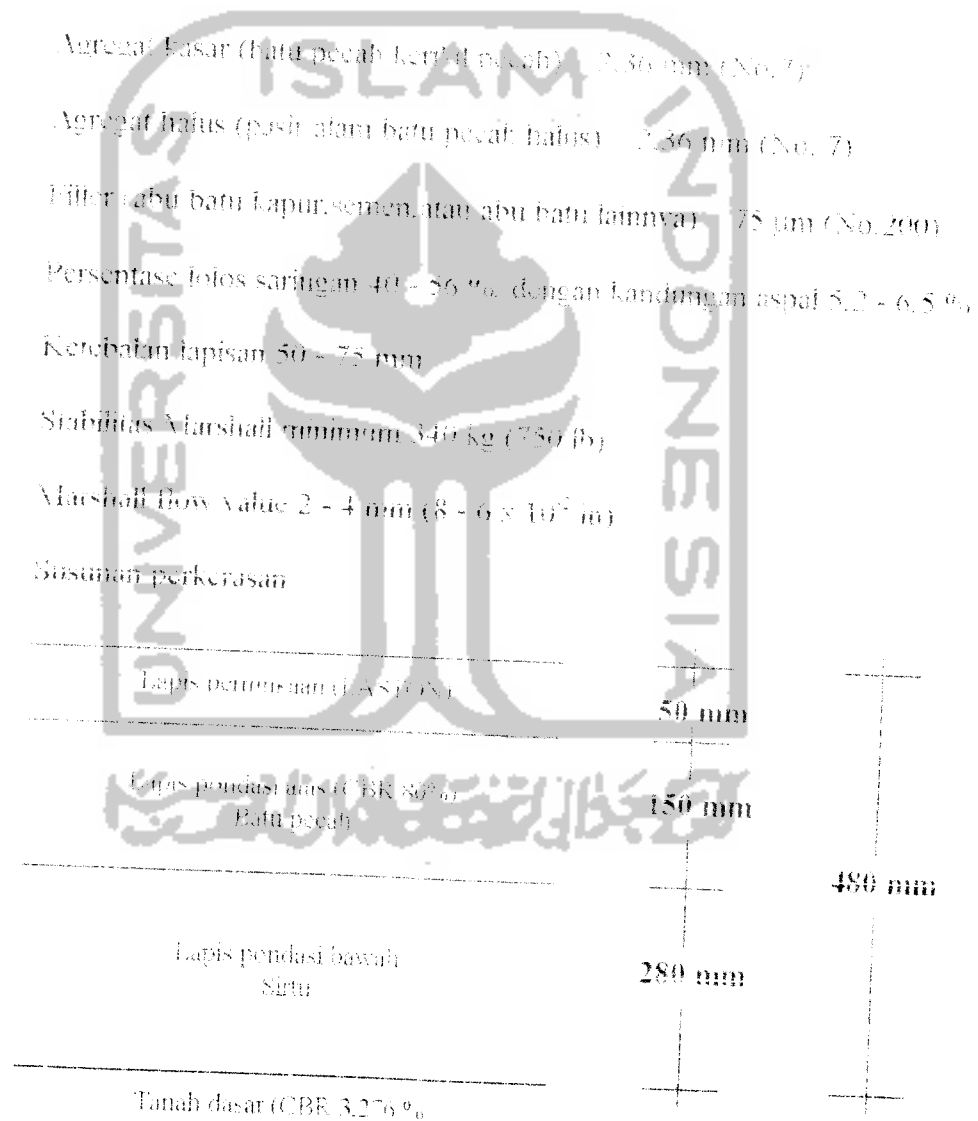
### 3. Material Yang Dibutuhkan

Lapis pondasi bawah (sub-base) : sirtu kerikil ukuran antara 20 - 0,075 mm.

Lapis pondasi atas (base) : batu pecah ukuran antara 37,5 - 50 mm

Lapis permukaan (surface) : aspal beton (AC)

Komposisi AC :



Gambar 4.9 Tebal lapis keras berdasarkan metode Road Note-31

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium dengan pembahasan pada bab sebelumnya, maka pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Tanah asli (tanah sampel) mempunyai kadar air mula-mula yang tinggi yaitu 526,87%.
2. Karakteristik tanah gambut pada penelitian ini mempunyai kandungan organik rata-rata 32,48% dan termasuk dalam kategori tanah humus spesifik gradasi I 855, berat kering maksimum (46%) *in vitro* kadar air optimum (46,25%) berat volume tanah (1,108 *gr/cm<sup>3</sup>*).
3. Nilai stabilitas susut dalam (Sh) dan koefisien (K<sub>s</sub>) yang didapatkan pada uji geser langsung dan uji tekuk bebas merupakan nilai perbandingan sedangkan parameter yang paling menentukan dalam penelitian ini adalah hasil pengujian (CBR) baik secara CBR mandam maupun susut (Sh).
4. Pada pengujian CBR mandam (Stabilitas) nilai CBR mengalami peningkatan. Apabila nilai CBR rendah adalah 1, pada penambahan *slime* (sisa air limbah) nilai CBR tertinggi didapat dengan nilai 13 pada penambahan *slime* (sisa air limbah) 10%.

2. Pada saat dilakukan pengujian, terdapat perbedaan nilai CBR antara beberapa jenis campuran. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi material yang digunakan. Dari hasil pengujian diperoleh nilai CBR maksimum adalah 3,276 (penambahan CSC 0%) pada campuran dengan terdapat pasir pada campuran dan dengan nilai CBR tertinggi 3,4.

3. Dengan menggunakan metode pengujian CBR pada campuran dengan terdapat pasir, terdapat perbedaan nilai CBR antara beberapa jenis campuran. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi material yang digunakan. Dari hasil pengujian diperoleh nilai CBR maksimum adalah 3,276 (penambahan CSC 0%) pada campuran dengan terdapat pasir pada campuran dan dengan nilai CBR tertinggi 3,4.

3. Dengan menggunakan metode pengujian metode CBR, metode Bina Melayu dan Asetekal Road Note 41 didapatkan hasil sebagai berikut :

- metode CBR dengan nilai CBR 3,276 (penambahan CSC 0%) didapatkan ketebalan total lapisan struktur jalan 680 mm
- metode Bina Melayu dengan nilai CBR 3,276 (penambahan CSC 0%), didapatkan ketebalan total lapisan struktur jalan 750 mm dan
- metode Asetekal Road Note 41 dengan nilai CBR 3,276 (penambahan CSC 0%) didapatkan ketebalan total lapisan struktur jalan 480 mm

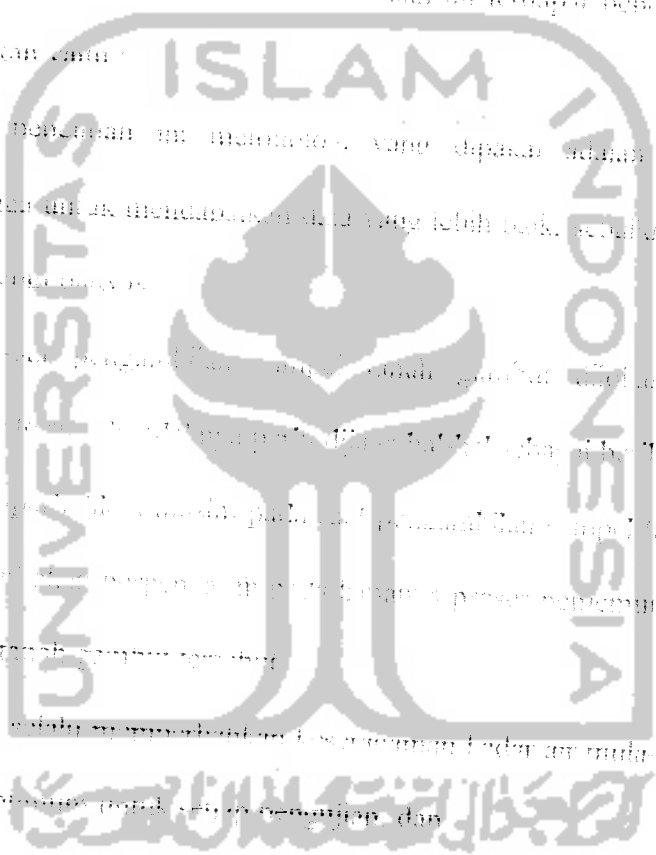
Terjadi perbedaan ketebalan di atas nilai ketebalan yang paling minimum didapat pada metode Road Note 41, sehingga dengan nilai CBR tertinggi 3,4 dan 3,276 akan didapatkan ketebalan lapis perkerasan yang lebih tipis. Dengan demikian penggunaan *Clear Surface Course* yang paling optimum yaitu pada penambahan 0%.

- 6. nilai koefisien susut tanah gambut rendah adalah 0,183 dengan penambahan  $C_{se}$  3% pada perubahan ketiga, dan tertinggi sebesar 1,643 dengan penambahan  $C_{se}$  8% pada perubahan kedua

### 3.2.2. Bahan

Setelah meninjau hasil penelitian ini terdapat beberapa saran yang perlu dilaksanakan yaitu:

- a. pada penelitian ini pemilihan yang dipakai adalah metode ekspansi, sehingga untuk mendapatkan nilai yang lebih baik, sebaiknya digunakan sampai nilai keruntuhan
- b. pada penelitian ini pemilihan nilai  $C_{se}$  adalah 3% sampai 8% dengan metode ekspansi, sehingga dapat dibandingkan sampai ke tingkat keruntuhan
- c. pada penelitian ini pemilihan nilai  $C_{se}$  adalah 3% sampai ke tingkat keruntuhan, sehingga dapat dibandingkan dengan proses pemadatan atau pengeringan dari tanah gambut tersebut
- d. pada penelitian ini pemilihan nilai  $C_{se}$  adalah 3% sampai ke tingkat keruntuhan, sehingga dapat dibandingkan dengan proses pemadatan atau pengeringan dari tanah gambut tersebut
- e. pada proses pemadatan perlu diperhatikan antara lainnya proses pemadatan dengan penambahan  $C_{se}$  dan  $C_{em}$
- f. pada penelitian ini yang menggunakan material tanah gambut, hendaknya perlu untuk dipertimbangkan alternatif-lainnya tentang tanah gambut terlebih dahulu, karena ada beberapa alternatif lain yang lebih baik dalam konstruksi. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.





4. Untuk meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan keluarga dilakukan cara-cara sebagai berikut, yaitu: a. mencari sumber penghasilan lain, b. meningkatkan kualitas masalah masalah yang dihadapi, c. mengorganisir dan mengelola sumber daya keluarga, d. melakukan inovasi, e. melakukan perubahan, f. mengorganisir kegiatan yang bermanfaat, dan g. melakukan pengalihan yang lebih bermanfaat.

5. Untuk meningkatkan pendapatan keluarga (MP) rendah (penambahan 150% (10%) di tapak III) dengan jenis pemukiman yang paling minimum sebesar 650 mm untuk kelas komodi. Pemukiman tersebut sangat tidak ekonomis, sehingga sebaiknya dihindari untuk konstruksi jalan kelas III.



## PENUTUP

Laporan Penelitian Tugas Akhir yang penulis sajikan ini adalah hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Islam Indonesia Yogyakarta. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah gambut murni maupun yang distabilisasi dengan menggunakan *Clay Set Cement*.

Kritik dan saran untuk memperbaiki laporan penelitian ini sangat kami harapkan. Akhirnya dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas segala petunjuk serta ridhoNYA penyusun berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya dan penyusun khususnya, serta dapat menambah perbendaharaan penelitian tanah, khususnya penelitian tanah gambut. AMIEN.