

## PENAMBAHAN SERBUK KARET SIR.20 PADA TANAH LEMPUNG SEBAGAI BAHAN INTI BENDUNGAN

Ilyas Sadad

E-mail : ilyas.sadad@gmail.com

### ABSTRACT

*Dam is a construction crosses the river to arise up water surface in the reservoir and also retains seepage flow to downstream. In the earth fill dam, the seepage is minimized by the impervious zone. That is usually composed of clay soil fine soil. In this research, natural rubber powder SIR.20 is used to improve the characteristics of impervious zone material i.e.: clay and sand-mo. The tested characteristics of physical and mechanical test by using model at tank permeability. The result show that the addition of rubber powder to clay soil could increase direct shear from  $10^\circ$  at rate 0% to  $14^\circ$  at rate 12,5%, permeability coefficient from  $5,97 \times 10^{-6}$  cm/sec to  $3,23 \times 10^{-4}$  cm/sec, seepage flow from  $1,581 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/sec to  $8,57 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/sec, and reduce swelling from 16,81% at rate 0% to 7,40% at rate 12,5%. Meanwhile, the addition of rubber powder to sand-mo could increased direct shear from  $15^\circ$  at rate 0% to  $28^\circ$  at rate 12,5%, and reduce swelling from 14,85% at rate 0% to 4,78% at rate 12,5%, permeability coefficient from  $3,09 \times 10^{-5}$  cm/sec to  $8,74 \times 10^{-6}$  cm/sec, and seepage flow from  $8,17 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/sec to  $2,31 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/sec. Based on the test result, it can be concluded that the addition of rubber powder to sand-mo could improve its impervious. In the contrary, addition of rubber powder to clay soil could worsen its impervious.*

*Keywords: Dam, clay, sand-mo, rubber powder, permeability coefficient, seepage flow.*

### ABSTRAKSI

Bendungan merupakan konstruksi yang berfungsi menaikkan muka air pada waduk dibagian hulunya dan menahan rembesan air kearah hilirnya. Pada bendungan tipe urugan, zona lapisan inti kedap air berfungsi meminimalisasikan rembesan air. Bahan yang umum digunakan adalah tanah lempung. Dalam penelitian ini, penggunaan serbuk karet alam SIR.20 diharapkan dapat meningkatkan karakteristik bahan lapisan tanah inti bendungan yaitu lempung dan lanau-pasir. Pengujian meliputi uji karakteristik fisik dan mekanik dengan model pada alat tank permeabilitas. Hasil menunjukkan bahwa penambahan serbuk karet pada tanah lempung dapat meningkatkan sudut geser dari  $10^\circ$  pada kadar 0% menjadi  $14^\circ$  pada kadar 12,5%, koefisien permeabilitas dari  $5,97 \times 10^{-6}$  cm/dt menjadi  $3,23 \times 10^{-4}$  cm/dt, debit rembesan dari  $1,581 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt menjadi  $8,57 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/dt, dan menurunkan pengembangan dari 16,81% pada kadar 0% menjadi 7,40% pada kadar 12,5%. Sementara itu penambahan serbuk karet pada tanah lempung dapat meningkatkan sudut geser dari  $15^\circ$  pada kadar 0% menjadi  $28^\circ$  pada kadar 12,5%, dan menurunkan pengembangan dari 14,85% pada kadar 0% menjadi 4,78% pada kadar 12,5%, koefisien permeabilitas dari  $3,09 \times 10^{-5}$  cm/dt menjadi  $8,74 \times 10^{-6}$  cm/dt, debit rembesan dari  $8,17 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt menjadi  $2,31 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt. Dari hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk karet pada tanah lanau-pasir dapat memperbaiki lapisan kedap air. Sebaliknya, penambahan serbuk karet pada tanah lempung tidak dapat memperbaiki lapisan kedap air, justru memperburuk.

Kata kunci : Bendungan, lempung, lanau-pasir, serbuk karet, koefisien permeabilitas, rembesan.

## PENDAHULUAN

Tubuh bendungan pada bendungan tipe urugan memiliki suatu zona lapisan inti kedap air yang berfungsi untuk meminimalisasikan rembesan air, dimana bahan yang umum digunakan adalah tanah lempung. Tanah lempung memiliki butiran-butiran tanah yang halus yang akan banyak dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah berbutir halus, luas permukaan spesifik menjadi lebih besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanahnya (Hardiyatmo, 1992). Pada tanah berbutir halus semakin tinggi kadar airnya akan dapat meningkatkan tekanan air pori, maka akan mengakibatkan kekuatan gesernya semakin menurun (Sosrodarsono S, 1977).

Penelitian dilaksanakan dengan mengambil tanah dari lokasi rencana bahan inti (*core*) Bendungan Batutegei Lampung pada *borrow area B* dan tanah granuler dari Kelurahan Rajabasa Lampung. Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa perubahan koefisien permeabilitas pada kedua jenis tanah sebagai bahan inti bendungan terhadap besarnya debit rembesan dengan menggunakan campuran serbuk karet tanpa melihat unsur yang terkandung didalamnya. Serbuk karet merupakan bahan yang tidak mudah lapuk akibat dari perubahan dari tingkat kandungan air, salah satu syarat lapisan inti kedap air tidak mengandung zat-zat organik serta bahan-bahan mineral yang mudah terurai. Penambahan serbuk karet diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah salah satunya memperbaiki koefisien

permeabilitas.

Untuk mengetahui lebih rinci mengenai sifat-sifat yang terjadi, terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat fisik kedua tanah sebelum dilakukan pencampuran serbuk karet, terdiri dari kadar air, berat isi basah, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, ukuran butiran dan untuk mengetahui perubahan sifat mekanik kedua tanah dilakukan pengujian pemadatan, pengembangan, permeabilitas, kuat geser tanah dan debit rembesan dengan menggunakan model pada alat *tank permeability*.

Upaya memperbaiki sifat-sifat dari kedua tanah sebagai bahan inti bendungan dilakukan penambahan serbuk karet dengan konsentrasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5% terhadap berat kering tanah. sebelum dilakukan penambahan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pada alat tank permeabilitas dengan tanah asli tanpa campuran dengan perumusan secara matematis yang disajikan oleh A. Casagrande guna mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi pada alat.

## BAHAN DASAR

### Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat-sifat fisik tanah menunjukkan bahwa untuk tanah Batutegei merupakan jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi di mana nilai batas cair lebih dari 30% sedangkan pada tanah Rajabasa merupakan jenis tanah lanau-pasir (kurang dari 35% lewat saringan No.200). Data terinci dalam Tabel.1 berikut.

**Tabel.1** Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

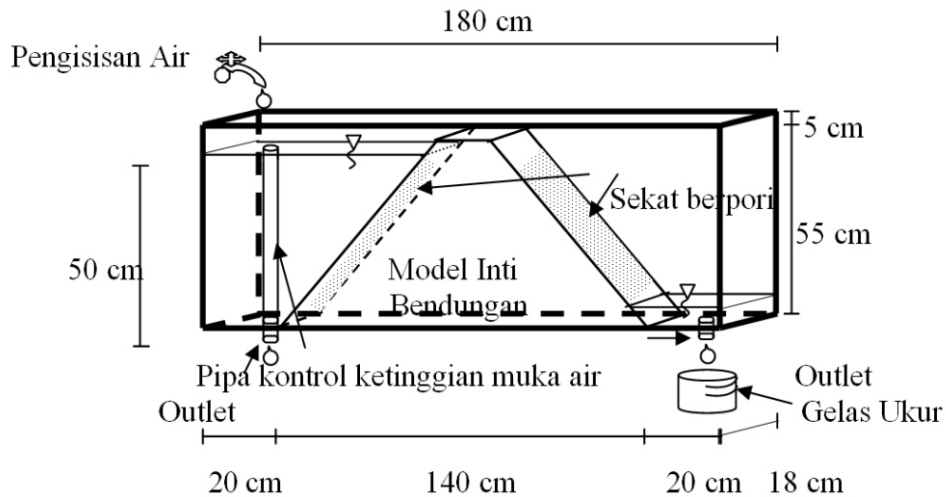
No.	Pengujian	Simbol	Tanah Batutegei	Tanah Rajabasa
1	Kadar air alami	%	45,20	40,24
2	Berat isi tanah basah	gr/cm <sup>3</sup>	1,706	1,673
3	Specific gravity		2,642	2,626
4	Analisa ayakan			
	a. Lolos saringan no.10	%	99,37	95,03
	b. Lolos saringan no.40	%	97,80	71,72
	c. Lolos saringan no.200	%	79,00	34,62
5	Batas-batas konsistensi			
	a. Nilai batas cair (LL)	%	81,95	39,80
	b. Nilai batas plastis (PL)	%	36,04	35,83
	c. Nilai index plastisitas (PI)	%	45,91	3,97

## KALIBRASI PADA ALAT TANK PERMEABILITAS

Sebelum melakukan pengujian rembesan dari beberapa variasi campuran serbuk karet terlebih dahulu dilakukan kalibrasi tabung piezometer dan debit rembesan menggunakan model timbunan tanah asli pada alat tank permeabilitas dengan cara membandingkan

hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menggunakan rumus.

Dalam penentuan dimensi sampel disesuaikan berdasarkan tempat dan alat yang tersedia dalam hal ini ukuran tank permeabilitas. Dimensi alat tank permeabilitas  $h = 60$  cm,  $b = 18$  cm,  $l = 180$  cm, kemiringan talud 1:1. Ukuran dimensi alat dan model dijelaskan pada Gambar.1 dibawah ini :



Gambar.1 Ukuran Dimensi Alat Tank Permeabilitas dan Model Inti Bendungan

Pemadatan benda uji dilakukan dengan menggunakan penumbuk pemadatan standard dengan berat 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,48 cm. Pemadatan dilakukan per lapisan dengan tebal lapisan 5 cm, pemadatan dilakukan pada kondisi kadar air optimum dengan nilai kepadatan maksimum. Dimensi sample tinggi = 55 cm, lebar puncak = 30 cm, lebar dasar = 140 cm, kemiringan talud = 1 : 1, panjang = 18 cm.

$$d = L_3 + L_2 + 0,3 L_1$$

$$= 50 + 40 + 0,3 \cdot 50$$

$$= 105 \text{ cm}$$

$$H = 50 \text{ cm, maka } p = 5,6485 \text{ cm}$$

$$\text{jarak } x = 10 \text{ cm}$$

**Ketinggian air pada tabung piezometer** dari hasil pengukuran untuk tanah asli yang dipadatkan sesuai dari kepadatan pemadatan seperti terlihat pada Tabel.2.

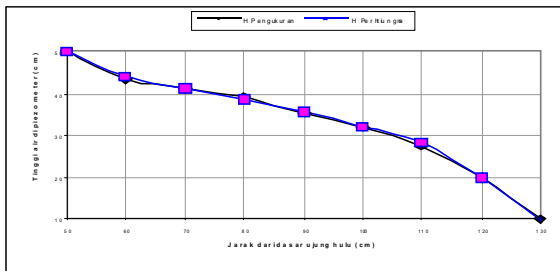
Ketinggian air pada tabung piezometer dihitung menggunakan rumus, terlihat pada Tabel.2 :

$$h_p = 2(p^2 + px)^{0,5} \text{ (Darcy dalam Hardiyatmo 1992)}$$

$$p = 0,5(d^2 + H^2)^{0,5} - d$$

Tabel.2 Angka kalibrasi tabung piezometer

No	Tabung Piezometer	Ketinggian air Hasil Pengukuran Cm	Ketinggian air Hasil Perhitungan Cm	Angka Kalibrasi
1	$h_6$	50,0	-	-
2	$h_7$	43,4	44,0	0,99
3	$h_8$	41,3	41,3	1,00
4	$h_9$	39,1	38,5	1,02
5	$h_{10}$	35,4	35,5	1,00
6	$h_{11}$	32,1	32,1	1,00
7	$h_{12}$	27,5	28,4	0,97
8	$h_{13}$	19,8	20,0	0,99
9	$h_{14}$	9,9	9,8	1,01
Rata-rata				0,99



**Gambar.2** Kalibrasi ketinggian garis freatik hasil pengukuran perhitungan

**Hasil pengukuran debit rembesan** pada model inti bendungan untuk tanah tanpa campuran yang dipadatkan sesuai dari kepadatan pemadatan seperti terlihat pada Tabel.3.

**Tabel.3** Hasil pengukuran debit rembesan

No. Test	Teperatur (°C)	Waktu (detik)	Volume air pada Gelas ukur (ml)
1	29	4.200	65
2	29	4.200	67
3	29	4.200	67
4	29	4.200	66
5	29	4.200	67
6	29	4.200	66
7	29	4.200	67
8	29	4.200	66
9	29	4.200	66
10	29	4.200	67
Rata-rata	29	4.200	66,4

Besarnya debit rembesan hasil pengukuran adalah :

$$Q_p = V_r / t_r = 66,4 / 4.200 = 0,0158 \text{ ml/dt}$$

Besarnya debit rembesan persatuan lebar hasil pengukuran adalah :

$$q_p = Q_p / b = 0,0158 / 0,18 = 0,0878 \text{ ml/dt/m}$$

**Debit rembesan hasil perhitungan** dengan menggunakan rumus Casagrande

$$q_h = k \cdot a \cdot \sin^2 \alpha$$

Dimana k untuk tanah tanpa campuran pada suhu 20°C

$$= 6,042 \times 10^{-6} \text{ cm/dt}$$

a dihitung dengan persamaan

$$a = (d^2 + H^2)^{0,5} (d^2 H^2 \cot^2 \alpha)^{0,5}$$

dimana  $d = 105 \text{ cm}$ ,  $H = 50 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 45^\circ$  maka  $a = 23,97 \text{ cm}$

Besarnya debit rembesan persatuan lebar :

$$\begin{aligned} q_h &= 6,042 \times 10^{-6} \times 23,97 \times \sin^2 45^\circ \\ &= 7,241 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{dt/m} \\ &= 0,0724 \text{ ml/dt/m} \end{aligned}$$

Besarnya angka kalibrasi debit rembesan adalah :

$$\begin{aligned} K_d &= q_p / q_h \\ &= 0,0878 / 0,0724 \\ &= 1,21 \end{aligned}$$

Dengan angka kalibrasi rata-rata tabung piezometer sebesar **0,99** dan angka kalibrasi debit rembesan sebesar **1,21** dianggap penelitian dapat dilakukan.

## ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik fisik tanah untuk masing-masing tanah meliputi pengujian index properties, pengujian batas-batas konsistensi dan pengujian gradasi butiran tanah. Dari hasil analisa pengujian karakteristik fisik tanah didapat seperti terlihat pada Tabel.4

**Tabel.4. Hasil pengujian karakteristik fisik**

No.	Pengujian	Simbol	Tanah Batutege	Tanah Rajabasa
1	Kadar air alami	%	45,20	40,24
2	Berat isi tanah basah	gr/cm <sup>3</sup>	1,706	1,673
3	Specific gravity		2,642	2,626
4	Berat isi kering ( $\rho_s$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,175	1,193
5	Angka pori (e)		1,249	1,201
6	Porositas (n)		0,555	0,546
7	Derajat kejenuhan (Sr)	%	95,61	87,99
8	Analisa ayakan			
	a. Lolos saringan no.10	%	99,37	95,03
	b. Lolos saringan no.40	%	97,80	71,72
	c. Lolos saringan no.200	%	79,00	34,62
9	Batas-batas konsistensi			
	a. Nilai batas cair (LL)	%	81,95	39,80
	b. Nilai batas plastis (PL)	%	36,04	35,83
	c. Nilai index plastisitas (PI)	%	45,91	3,97

**Pengujian karakteristik mekanik** untuk masing-masing tanah, terlihat pada Tabel.5,6.

**Tabel.5. Karakteristik mekanik tanah Batutege**

No	Jenis pengujian	Sim	Satuan	Variasi campuran serbuk karet					
				0 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %	12,5 %
1.	Pengujian Pemadatan	$\gamma_{d,m}$ $W_{opt}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,319	1,292	1,248	1,205	1,185	1,141
	a. Berat isi kering aks.		35,80	37,70	39,85	41,00	42,70	45,10	
2.	Pengujian Pengembangan	S	%	11,45	9,49	8,27	7,59	6,51	4,31
	a. Absorsi		16,81	14,33	12,39	10,02	9,87	7,40	
3.	Pengujian Permeabilitas	$k_{20}$	cm/dt	$6,042 \times 10^{-6}$	$8,954 \times 10^{-6}$	$1,129 \times 10^{-5}$	$4,298 \times 10^{-5}$	$8,128 \times 10^{-5}$	$3,364 \times 10^{-4}$
	Pengujian Kuat geser								
4.	a. Kohesi	C	kg/cm <sup>2</sup>	0,367	0,372	0,380	0,385	0,392	0,398
	b. Sudut geser dalam		$\phi$	10	11	12	13	13,5	14

**Tabel.6. Karakteristik mekanik tanah Rajabasa**

No	Jenis pengujian	Sim	Satuan	Variasi campuran serbuk karet					
				0 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %	12,5 %
1.	Pengujian Pemadatan	$\gamma_{d,m}$ $W_{opt}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,767	1,721	1,661	1,598	1,532	1,502
	a. Berat isi kering maks.		16,95	18,10	20,00	21,65	23,40	24,00	
2.	Pengujian Pengembangan	S	%	12,78	11,62	9,99	8,20	7,23	5,22
	a. Absorsi		14,85	12,35	10,67	8,89	6,99	4,78	
3.	Pengujian Permeabilitas	$k_{20}$	cm/dt	$3,074 \times 10^{-5}$	$2,536 \times 10^{-5}$	$1,881 \times 10^{-5}$	$9,653 \times 10^{-6}$	$9,126 \times 10^{-6}$	$8,799 \times 10^{-6}$
	Pengujian Kuat geser								
4.	a. Kohesi	C	kg/cm <sup>2</sup>	0,512	0,525	0,538	0,549	0,560	0,568
	b. Sudut geser dalam		$\phi$	15	21	23,5	25,5	27	28

## Pengujian Rembesan

### Debit Rembesan dan Koef. Permeabili-

tas hasil pengukuran pada masing-masing tanah dilihat pada table.7 dan ketinggian muka air pada piezometer dilihat pada table.8.

**Tabel .7. Debit rembesan dan koef. Permeabilitas**

No.	Variasi campuran Serbuk karet (%)	Tanah Batutegi		Tanah Rajabasa	
		Q (cm <sup>3</sup> /dt)	k <sub>20</sub> (cm/dt)	Q (cm <sup>3</sup> /dt)	k <sub>20</sub> (cm/dt)
1	0	1,581x10 <sup>-5</sup>	5,968x10 <sup>-6</sup>	8,172x10 <sup>-5</sup>	3,085x10 <sup>-5</sup>
2	2,5	2,361x10 <sup>-5</sup>	8,914x10 <sup>-6</sup>	6,669x10 <sup>-5</sup>	2,518x10 <sup>-5</sup>
3	5	4,460x10 <sup>-5</sup>	1,684x10 <sup>-5</sup>	4,756x10 <sup>-5</sup>	1,795x10 <sup>-5</sup>
4	7,5	1,239x10 <sup>-4</sup>	4,677x10 <sup>-5</sup>	2,556x10 <sup>-5</sup>	9,648x10 <sup>-6</sup>
5	10	2,317x10 <sup>-4</sup>	8,746x10 <sup>-5</sup>	2,406x10 <sup>-5</sup>	9,081x10 <sup>-6</sup>
6	12,5	8,567x10 <sup>-4</sup>	3,234x10 <sup>-4</sup>	2,314x10 <sup>-5</sup>	8,735x10 <sup>-6</sup>

**Tabel.8. Ketinggian muka air pada tabung piezometer**

No.	Ketinggian air pada tabung piezometer (cm)	Variasi campuran serbuk karet											
		Tanah Batutegi						Tanah Rajabasa					
		0 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %	12,5 %	0 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %	12,5 %
1	h <sub>1</sub>	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
2	h <sub>7</sub>	43,4	43,9	44,4	44,9	45,7	46,3	44,2	44,0	43,8	43,7	43,7	43,5
3	h <sub>8</sub>	41,3	41,7	42,0	42,3	42,6	43,0	41,8	41,6	41,6	41,7	41,5	41,4
4	h <sub>9</sub>	39,1	39,3	39,5	39,8	40,1	40,2	39,1	38,9	38,8	38,6	38,6	38,5
5	h <sub>10</sub>	35,4	35,8	36,3	36,7	37,1	37,5	35,8	35,5	35,5	35,4	35,3	35,2
6	h <sub>11</sub>	32,1	32,3	32,6	32,9	33,1	33,3	32,2	32,1	32,0	32,0	32,0	31,9
7	h <sub>12</sub>	27,5	27,6	27,6	27,6	27,7	27,7	27,9	27,9	27,8	27,7	27,5	27,5
8	h <sub>13</sub>	19,8	19,8	19,9	20,0	20,0	20,2	20,1	20,1	20,1	19,9	19,8	19,7
9	h <sub>14</sub>	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,8	9,7

### Debit rembesan persatuan lebar hasil perhitungan

Dengan menggunakan nilai koefisien permeabilitas hasil pengujian falling head bersamanya debit rembesan persatuan lebar melalui model inti bendungan dapat dihitung

dengan persamaan :

$$q = k \cdot a \cdot \sin^2 \alpha$$

$$a = (d^2 + H^2)^{0,5} (d^2 H^2 \cdot \text{Cotg}^2 \alpha)^{0,5}$$

dimana : d = 105 cm, H = 50 cm, α = 45°

maka, a = 23,97 cm

**Tabel 5.11. Debit rembesan perhitungan dengan persamaan 2.18 pada tanah Batutegi**

No.	Variasi campuran Serbuk karet (%)	k <sub>20</sub> (cm/dt)	qh (Hasil Perhitungan) (cm <sup>3</sup> /dt/m)	qp (Hasil Pengujian) (cm <sup>3</sup> /dt/m)	kd
1	0	6,042x10 <sup>-6</sup>	7,241x10 <sup>-5</sup>	8,783x10 <sup>-5</sup>	1,21
2	2,5	8,954x10 <sup>-6</sup>	1,073x10 <sup>-4</sup>	1,312x10 <sup>-4</sup>	1,22
3	5	1,129x10 <sup>-5</sup>	1,353x10 <sup>-4</sup>	2,478x10 <sup>-4</sup>	1,83
4	7,5	4,298x10 <sup>-5</sup>	5,151x10 <sup>-4</sup>	6,883x10 <sup>-4</sup>	1,34
5	10	8,128x10 <sup>-5</sup>	9,741x10 <sup>-4</sup>	1,287x10 <sup>-3</sup>	1,32
6	12,5	3,364x10 <sup>-4</sup>	4,032x10 <sup>-3</sup>	4,759x10 <sup>-3</sup>	1,18

Debit rembesan persatuan lebar antara hasil perhitungan dan pengujian mempunyai ratio antara 1,18 1,83.

**Tabel 5.12. Debit rembesan perhitungan dengan persamaan 2.18 pada tanah Rajabasa**

No.	Variasi campuran Serbuk karet (%)	$k_{20}$ (cm/dt)	qh (Hasil Perhitungan) (cm <sup>3</sup> /dt/m)	qp (Hasil Pengujian) (cm <sup>3</sup> /dt/m)	kd
1	0	$3,074 \times 10^{-5}$	$3,684 \times 10^{-4}$	$4,540 \times 10^{-4}$	1,23
2	2,5	$2,536 \times 10^{-5}$	$3,039 \times 10^{-4}$	$3,705 \times 10^{-4}$	1,22
3	5	$1,881 \times 10^{-5}$	$2,254 \times 10^{-4}$	$2,642 \times 10^{-4}$	1,17
4	7,5	$9,653 \times 10^{-6}$	$1,157 \times 10^{-4}$	$1,420 \times 10^{-4}$	1,23
5	10	$9,126 \times 10^{-6}$	$1,094 \times 10^{-4}$	$1,336 \times 10^{-4}$	1,22
6	12,5	$8,799 \times 10^{-6}$	$1,055 \times 10^{-4}$	$1,285 \times 10^{-4}$	1,22

Debit rembesan persatuan lebar antara hasil perhitungan dan pengujian mempunyai ratio antara 1,17 1,23.

## PEMBAHASAN

**Dari pengujian pemadatan** untuk tanah lempung (Batutegi) dan tanah lanau-pasir (Rajabasa) nilai berat isi kering mengalami penurunan sedangkan nilai kadar air optimum mengalami kenaikan.

**Dari pengujian pengembangan** untuk tanah lempung (Batutegi) dan tanah lanau-pasir (Rajabasa) nilai absorsi mengalami penurunan sedangkan nilai pengembangan mengalami penurunan.

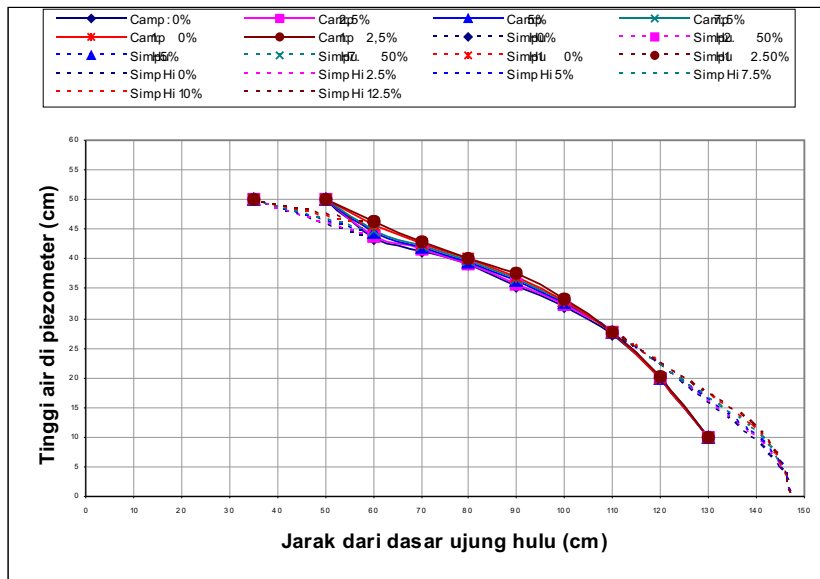
**Dari pengujian permeabilitas** untuk tanah lempung (Batutegi) nilai koefisien permeabilitas mengalami kenaikan dan tanah lanau-pasir (Rajabasa) nilai koefisien permeabilitas mengalami penurunan.

**Dari pengujian kuat geser** untuk tanah lempung (Batutegi) dan tanah lanau-pasir (Rajabasa) nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami kenaikan.

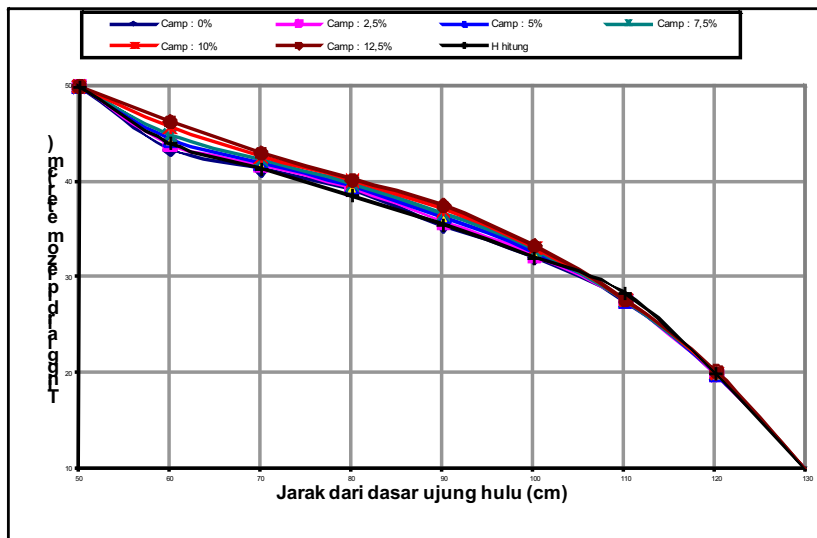
**Dari pengujian rembesan** untuk tanah lempung (Batutegi) nilai debit rembesan dan koefisien permeabilitas mengalami kenaikan,

dimana garis freatisnya cenderung naik dan sudut pertemuan antara lereng model inti bendungan sebelah hulu dengan garis freatis semakin besar. Untuk tanah lanau-pasir (Rajabasa) nilai debit rembesan dan koefisien permeabilitas mengalami penurunan, dimana garis freatisnya cenderung turun dan sudut pertemuan antara lereng model inti bendungan sebelah hulu dengan garis freatis semakin kecil.

Pola garis freatis dan penyimpangan kurva dapat dilihat pada Gambar. Berikut :



**Gambar.3. Pola garis freatik dan penyimpangan kurva bagian hulu-hilir dari beberapa variasi campuran serbuk karet pada tanah Batutegi**

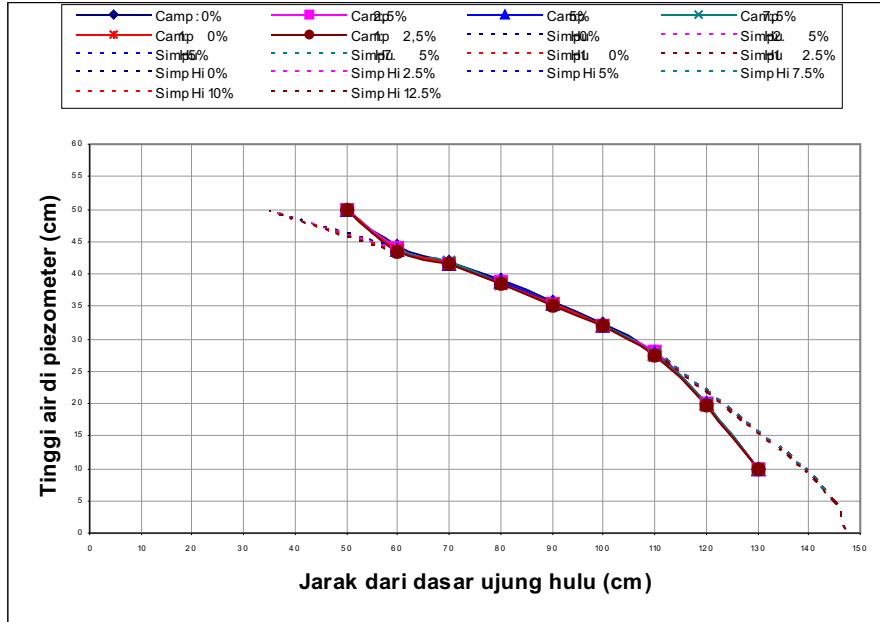


**Gambar.4. Pola garis freatik dari beberapa variasi campuran serbuk karet dan hasil perhitungan ketinggian pada tanah Batutegi**

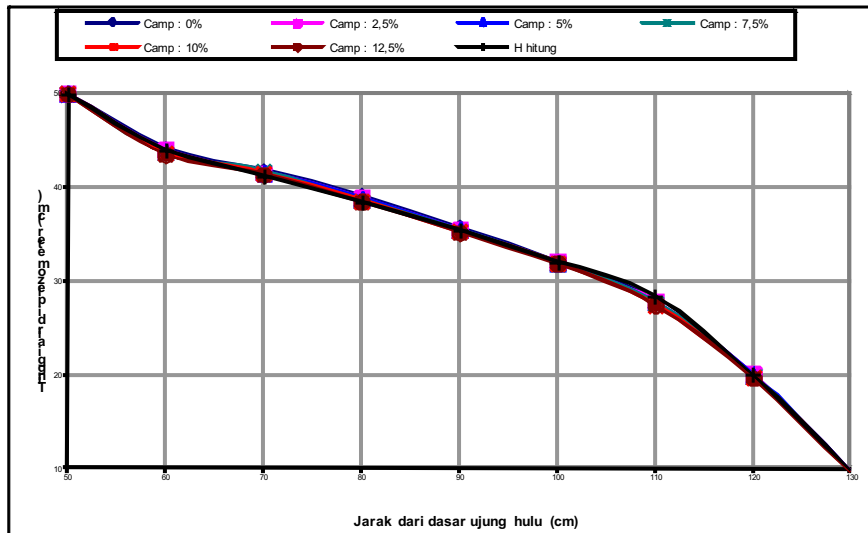


Dari tiap penambahan prosen serbuk karet pada tanah lempung (Batutegi) garis

freatisnya cenderung naik sehingga koefisien permeabilitasnya semakin besar.



Gambar.5. Pola garis freatik dan penyimpangan kurva bagian hulu-hilir dari beberapa variasi campuran serbuk karet pada tanah Rajabasa



Gambar.6. Pola garis freatik dari beberapa variasi campuran serbuk karet dan hasil perhitungan ketinggian pada tanah Rajabasa

## KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh melalui pengujian di laboratorium, hasil analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

a. Besarnya debit rembesan yang mengalir melalui model fisik laboratorium, dengan variasi tanah lempung dengan beberapa prosen campuran serbuk karet :

~ Tanah lempung (Batutege) yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi dimana hasil pengujian koefisien permeabilitas mengalami kenaikan yaitu pada campuran 0% =  $6,042 \times 10^{-6}$  cm/dt dan pada campuran 12,5% =  $3,364 \times 10^{-4}$  cm/dt, ini berpengaruh terhadap hasil debit rembesannya sehingga debit rembesan menjadi naik yaitu pada campuran 0% =  $1,581 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt dan pada campuran 12,5% =  $8,57 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/dt.

~ Tanah lanau-pasir (Rajabasa) yaitu tanah granuler terdiri atas (kerikil berlanau atau berlempung dan pasir) dimana hasil pengujian koefisien permeabilitas mengalami penurunan yaitu pada campuran 0% =  $3,074 \times 10^{-5}$  cm/dt dan pada campuran 12,5% =  $8,799 \times 10^{-6}$  cm/dt, ini berpengaruh terhadap hasil debit rembesannya sehingga debit rembesan menjadi turun yaitu pada campuran 0% =  $8,17 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt dan pada campuran 12,5% =  $2,31 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt.

b. Berdasarkan persyaratan umum lapisan kedap air pada bendungan bahwa besarnya koefisien permeabilitas yang disyaratkan tidak melebihi  $1 \times 10^{-4}$  cm/dt, maka penambahan serbuk karet pada tanah Batutege campuran 10 % merupakan campuran yang optimal sebesar  $8,128 \times 10^{-5}$  cm/dt sedangkan pada tanah Rajabasa penambahan serbuk karet dapat memperkecil koefisien permeabilitas hingga campuran 12,5% sebesar  $8,799 \times 10^{-6}$  cm/dt.

c. Melihat dari sifat serbuk karet yang mampu melekatkan material lain dalam hal ini butiran-butiran tanah sehingga serbuk karet dapat mengikat butiran tanah dan mengisi kekosongan (pori) diantara butiran tanah menjadikan tanah mengalami perbaikan

kekuatan dan mencegah terjadinya pengembangan, dari kedua jenis tanah mengalami kenaikan sudut geser dalam untuk tanah lempung (Batutege) yaitu pada campuran 0% = 10° dan pada campuran 12,5% = 14°, untuk tanah lanau-pasir (Rajabasa) yaitu pada campuran 0% = 15° dan pada campuran 12,5% = 28°. Nilai kohesi yang meningkat yaitu pada tanah lempung (Batutege) pada campuran 0% = 0,367 kg/cm<sup>2</sup> dan pada campuran 12,5% = 0,398 kg/cm<sup>2</sup> untuk tanah lanau-pasir (Rajabasa) pada campuran 0% = 0,512 kg/cm<sup>2</sup> dan pada campuran 12,5% = 0,568 kg/cm<sup>2</sup>, yang berarti meningkatkan kuat gesernya sehingga konstruksi bendungan akan lebih stabil, sedangkan penurunan nilai pengembangan dari kedua jenis tanah akan memperkecil terjadinya kebocoran pada tubuh bendungan untuk tanah lempung (Batutege) yaitu pada campuran 0% = 16,81% dan pada campuran 12,5% = 7,40%, untuk tanah lanau-pasir (Rajabasa) yaitu pada campuran 0% = 14,85% dan pada campuran 12,5% = 4,78%.

d. Analisa perhitungan debit rembesan secara matematik pada model inti bendungan dengan beberapa kondisi campuran serbuk karet :

~ Pada tanah lempung (Batutege) semakin naik variasi campuran serbuk karet maka debit rembesan persatuan lebar perhitungan semakin naik (membesar) yaitu pada campuran 0% =  $7,24 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>/dt/m dan pada campuran 12,5% =  $4,03 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/dt/m.

~ Pada tanah lanau-pasir (Rajabasa) semakin naik variasi campuran serbuk karet maka debit rembesan persatuan lebar perhitungan semakin turun (mengecil) yaitu pada campuran 0% =  $3,68 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/dt/m dan pada campuran 12,5% =  $1,06 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/dt/m.

e. Pada pekerjaan pembuatan inti bendungan pada umumnya menggunakan tanah lempung, pada penelitian ini diberikan alternatif penggunaan bahan inti selain tanah lempung yaitu menggunakan tanah lanau-pasir dengan penambahan serbuk karet. Dari faktor ekonomi mengingat pembuatan bendungan membutuhkan biaya

yang sangat tinggi penambahan serbuk karet yang masih mungkin digunakan sebesar 5% dari volume tanahnya dengan koefisien permeabilitas sebesar  $1,881 \times 10^{-5}$  cm/dt.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.R. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Craig, F.T. 1987. *Soil Mechanics*. Fourth Edition. The English Language Book Society. The British Standard Institution.
- Das Braja, M. 1998. *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1996. *Teknik Pondasi I. 1*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Shirley, 1989. *Geoteknik dan Mekanika tanah Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. Nova. Bandung.
- Sunggono, 1984. *Mekanika Tanah*. Nova. Bandung.
- Soedibyo, 1993. *Teknik Bendungan*. Pradya Paramita. Jakarta.
- Sosrodarsono, S, Takeda K. 1989. *Bendungan Tipe Urugan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Verrvijt, A, 1970. *Theory of Ground water Flow*. Delf Univercity of Tecnolog. Netherlands.
- Wesley, 1977, *Mekanika Tanah*. DPU. Jakarta