

ANALISA KEPADATAN TANAH PADA TIMBUNAN DI SALURAN IRIGASI DENGAN METODE PENGUJIAN *PROCTOR* DAN *SAND CONE*

Yuda Yudistira¹, Sulwan Permana², Ida Farida³

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

¹dhazz_yudistira@yahoo.co.id
²sulwan_permana@sttgarut.ac.id
³ida_farida@sttgarut.ac.id

Abstrak – Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. Dalam dunia modern, saat ini sudah banyak model irigasi yang dapat dilakukan manusia. Pada zaman dahulu, jika persediaan air melimpah karena tempat yang dekat dengan sungai atau sumber mata air, maka irigasi dilakukan dengan mengalirkan air tersebut kelahan pertanian. Pengelolaan Infrastruktur Irigasi telah berkontribusi dalam meningkatkan intensitas tanaman padi sawah khususnya pada daerah Irigasi, serta mengupayakan pengelolaan infrastruktur sumber daya air untuk meningkatkan ketersediaan air baku, mengurangi luas areal banjir, dan pengendalian banjir. Tujuan dari penelitian ini Untuk mengetahui kepadatan dari suatu tanah di lapangan secara langsung dengan membandingkan berat isi kering tanah di lapangan dengan berat isi kering tanah laboratorium. Dan Mengetahui karakteristik tanah dari beberapa titik Proctor Test dan Sand cone Test yang akan diambil, sebagai perwakilan yang akan dijadikan sebagai jaringan irigasi Leuwigoong AMS-19 Kabupaten Garut. Data pemadatan tanah dengan menggunakan Proctor Test dan Sand cone Test ini bisa berguna sebagai bahan acuan untuk pemadatan tanah tidak hanya pada pembangunan irigasi tapi juga bisa digunakan untuk pembangunan jalan, jembatan, bangunan gedung, dan lain sebagainya. Metode penelitian yang digunakan dalam analisis ini berdasarkan ketentuan SNI 03-2828-1992 (Metoda Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir) dan SNI-R-03-1742-1989 (Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah) dan data penunjang lainnya. Dari hasil analisa yang dilakukan $\gamma_d \text{ maks} = 1,142 \text{ g/cm}^3$ dan Kepadatan tanah maksimum (D) = 9,81 %. Massa air yang membebani tanah timbunan pada saluran irigasi yang dipadatkan yaitu $m = 2.059 \text{ kg/detik}$. Tanah timbunan dengan angka kepadatan tanah lebih dari 95% dan tanah timbunan tersebut dapat menahan massa air lebih dari 2 ton/detik maka bangunan saluran irigasi tersebut berada dalam batas aman, karena tidak akan rembesan dan tidak akan tergerus oleh air meski dengan debit maksimal.

Kata Kunci – Irigasi, Tanah, Sand Cone test dan Proctor test.

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Garut memiliki prasarana irigasi/pengairan teknis sekunder yaitu sepanjang 1.150 meter dan irigasi tersier sepanjang 4.500 meter yang melayani kebutuhan air untuk kegiatan pertanian lahan basah. Sektor irigasi sangat memberikan peranan penting bagi perkembangan Kabupaten Garut karena mempunyai andil besar untuk potensi hasil pertanian dan menyumbang pemasukan bagi daerah ini sebesar 51,37 %. Berdasarkan data statistik pada tahun 2006, jumlah penduduk Kabupaten Garut yang bekerja di bidang pertanian adalah sebanyak 31,45 % dari keseluruhan penduduk. Kebutuhan air untuk irigasi adalah sejumlah air irigasi yang diperlukan untuk mencukupi keperluan bercocok tanam pada petak sawah ditambah dengan kehilangan air pada jaringan irigasi. Pada setiap pembangunan, sering kali para pelaksana atau pembangun irigasi lupa atau mengabaikan untuk melakukan pengujian material yang ada dalam perencanaan. Padahal

pengujian material sebelum pelaksanaan merupakan suatu keharusan pada pembangunan drainase, karena dengan adanya pengujian material tersebut kita akan mengetahui kualitas material tersebut dan dapat menjadikannya data-data yang bisa menunjang untuk referensi pada proyek selanjutnya. Berbekal dengan kondisi tersebut, maka penulis akan mencoba membahas tentang pengujian atau pengetesan tanah dengan menggunakan *Proctor Test* dan *Sand cone Test*. Pada kesempatan ini, penulis akan mengulas tentang efektifitas timbunan atau kepadatan tanah (*D*). Yang mana nilainya tidak harus selalu besar, tergantung dari kebutuhan atau kondisi lapangan dan beban yang dipikul oleh tanah dasar itu sendiri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Sementara tanah menurut Terzaghi yaitu “tanah terdiri dari butiran-butiran hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran tiap butirnya dapat sebesar kerikil-pasir- lanau-lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi termasuk bahan organik. (Das, 1994)

Perkembangan irigasi di Indonesia menuju sistem irigasi maju dan tangguh tak lepas dari irigasi tradisional yang telah dikembangkan sejak ribuan tahun yang lampau. Irigasi maju atau modem dapat saja muncul karena usaha memperbaiki atau kelanjutan dari tradisi yang telah ada, pada umumnya sangat dipengaruhi oleh ciri-ciri geografis setempat dan perkembangan budaya pertanian. Dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan nasional, pemerintah indonesia telah melaksanakan serangkaian program secara berkelanjutan yang dititikberatkan pada sektor pertanian, yang berupa pembangunan di bidang pertanian, serta pembangunan di bidang pengairan guna menunjang ketahanan pangan nasional. Salah satu usaha pemerintah adalah rehabilitasi jaringan irigasi yang berfungsi mendukung produktifitas usaha tani guna meningkatkan produktivitas usaha tani guna meningkatkan produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani, yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi.

Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lempung lunak apabila mempunyai daya dukung ultimit lebih kecil dari 0,5 Kg/cm² dan nilai standard penetrasi tes lebih kecil dari 4 (N-value < 4). Berdasarkan uji lapangan, lempung lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Toha (1989) menguraikan sifat umum lempung lunak seperti dalam Tabel berikut ini:

Tabel Sifat-sifat umum lempung lunak (Toha, 1989)

	Nilai
1. Kadar air	80 - 100%
2. Batas cair	80 - 110%
3. Batas plastik	30- 45%
4. Lolos saringan no.200	>90 %
5. Kuat geser	20 - 40 kN/ m ²

III. METODOLOGI PENELITIAN

Konsep Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Lewigoong AMS-19A(Bendung) Copong Kabupaten Garut memiliki banyak kriteria yang direncanakan tetapi untuk bagian pengetesan pemadatan tanah ada dua kriteria yang akan dipenuhi antara lain:

1. Teknis

Dalam pengujian pemadatan tanah, harus dipenuhi persyaratan teknis bahwa data-data yang diambil dan dijadikan bahan dari sebuah penelitian itu harus mendapatkan pengawasan khusus dari pengawas teknis untuk menghindari data-data yang salah atau keliru ketika pelaksanaan pengujian pemadatan tanah sedang dilaksanakan. Karena itu akan menjadi masalah untuk dikemudian hari jika terjadi ambles atau tergerasnya tanah akibat dari data yang keliru. Jadi dalam pelaksanaan harus memenuhi syarat teknis yang ada.

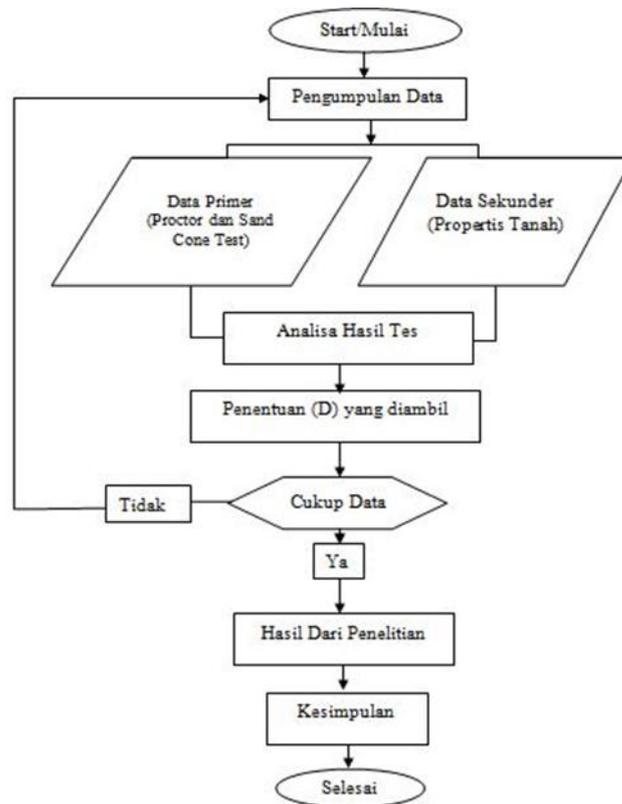
2. Ketentuan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berdasarkan ketentuan pada pengujian *sand cone* sesuai dengan SNI 03-2828-1992 (Metoda Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir) dan pada *Proctor test* disesuaikan dengan peraturan AASHTO T 99 /SNI-R-03-1742-1989 (Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah) dan ASTM D698 / SNI-03-1743-1989 (Metode Pengujian Kepadatan berat Untuk Tanah). Pelaksanaan juga didasarkan pada standar perhitungan yang berlaku di Indonesia antara lain:

1. Metoda Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir SNI-03-2828-1992
2. Metode pengujian kadar air tanah SNI-03-1965-1990
3. Metode pengujian batas plastis SNI-03-1966-1990
4. Metode pengujian kepadatan berat untuk tanah SNI-03-1743-1989 / ASTM D698
5. Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah SNI-R-03-1742-1989/ AASHTO T99

Setelah melakukan kedua pengujian tersebut (*Proctor Test* dan *Sand Cone Test*) dan telah mendapatkan hasil tersebut disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditetapkan pada pengujian pemadatan tanah. Kedua pengujian tersebut dilakukan untuk mencari nilai kepadatan derajat kepadatan tanah (D). Nilai akhir pada *Sand Cone Test* yaitu berupa tabel, sedangkan pada *Proctor Test* yaitu berupa tabel dan grafik yang bisa digunakan hasil perbandingan nilai pemadatan antara di laboratorium dan di lapangan. Kemudian bisa di jadikan sebagai nilai acuan untuk mengambil nilai derajat kepadatan (D) yang akan diambil dari sampel tanah yang telah di ambil pada titik *Right Primary Canal HM.05+00*.

Nilai derajat kepadatan tanah (D) diambil dari beberapa kali percobaan pada satu lokasi yang sama. Selain sebagai nilai perbandingan, nilai pemadatan ini bisa digunakan sebagai acuan untuk jenis tanah yang dipakai pada timbunan di saluran irigasi bisa juga digunakan untuk pembangunan jalan, gedung, dan lain sebagainya.



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Klasifikasi Tanah Pada Data Lapangan

Data tanah yang menjadi lokasi sumber penelitian dalam tugas akhir ini yaitu *Right Primary Canal HM.05+00*, dengan jumlah 3 titik pengujian pada tiap *layer* (lapisan). Pada tabel 4.1 tertera data titik *sand cone* dengan nilai derajat kepadatan tanah (D) serta nilai *Proctor test* yang didapatnya:

Tabel 4.1 Pengujian *Proctor Test* Dan *Sand Cone Test* Dilapangan

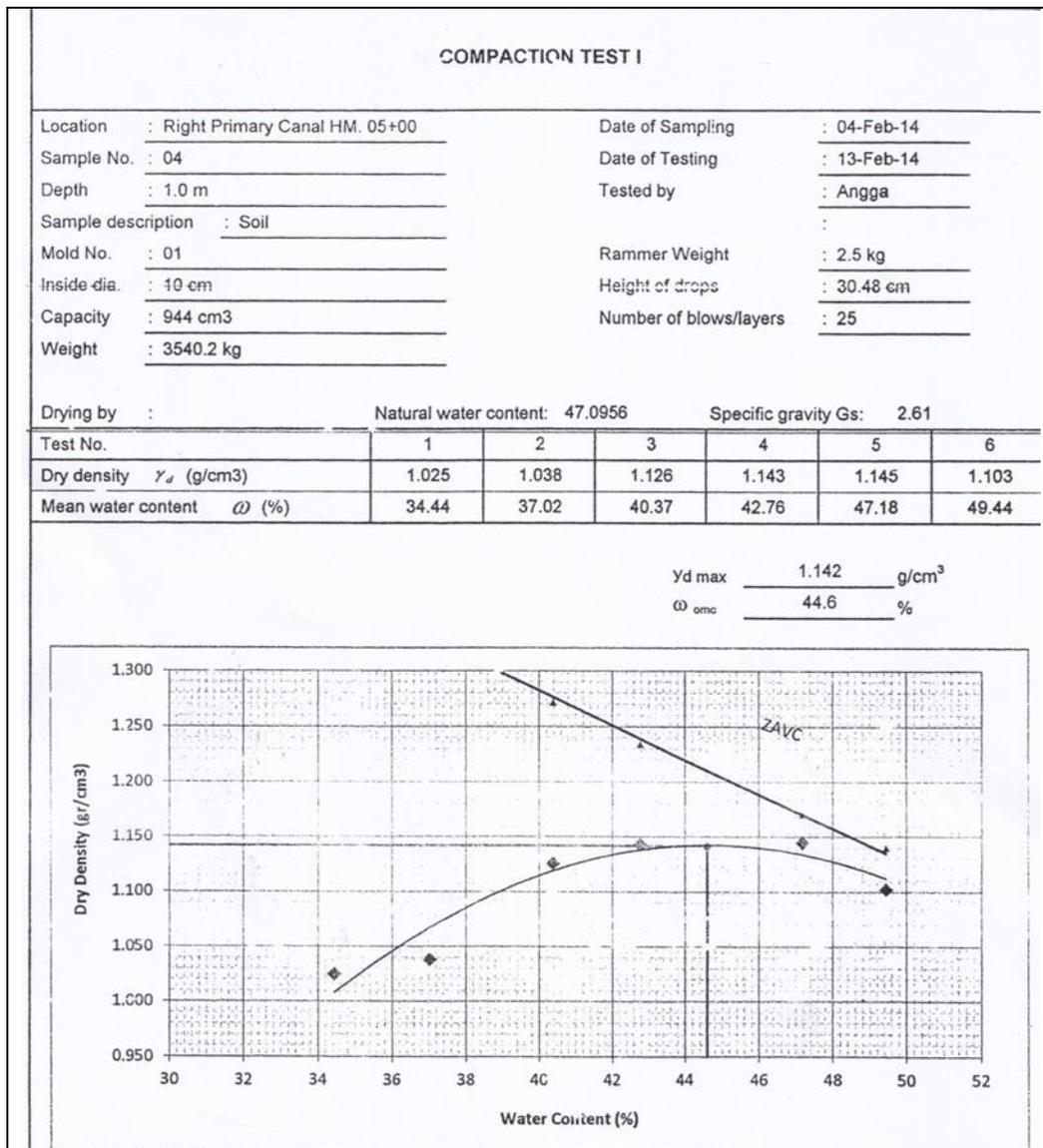
No.	Lokasi	Sta	Derajat Kepadatan D(%)	<i>Proctor Test</i> (g/cm ³)
1	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kiri	P 4/4	98,1	1,142
2	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kiri	P 4/5	95,4	1,142
3	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kiri	P 4/6	97,4	1,142
4	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kanan	P 4/4	96,8	1,142
5	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kanan	P 4/5	95,4	1,142
6	<i>Reuse</i> HM. 05+00 Kanan	P 4/6	96,8	1,142

(Pengujian *Sand Cone* di Lapangan dan *Proctor Test* di Lab., 2014)

Pada Sta P 4/4 dilokasi *Reuse* HM. 05+00 kiri memiliki derajat kepadatan tanah 98,1 % dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³, Untuk Sta P 4/5 dilokasi *Reuse* HM.05+00 kiri memiliki derajat kepadatan tanah 95,4% dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³, Untuk Sta P 4/6 dilokasi *Reuse* HM.05+00 kiri memiliki derajat kepadatan tanah 97,4 % dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³, Untuk

Sta P 4/4 dilokasi *Reuse* HM.05+00 kanan memiliki derajat kepadatan tanah 96,8 % dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³, Untuk Sta P 4/5 dilokasi *Reuse* HM.05+00 kanan memiliki derajat kepadatan tanah 95,4% dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³, Untuk Sta P 4/6 dilokasi *Reuse* HM.05+00 kanan memiliki derajat kepadatan tanah 96,8% dengan nilai Proctor 1,142 g/cm³. Jadi dengan data tersebut didapatkan nilai derajat kepadatan tanah maksimum 98,1% . Data-data ini berdasarkan pada hasil pengujian kontraktor baik itu dilaksanakan di laboratorium dan juga di lapangan.

Tabel 4.2 Hasil Data Uji *Proctor Test* Di Laboratorium (*Compaction Test*)



Tabel 4.3 Hasil Data Uji *Liquid Limit* Dan *Plastic Limit Test*

LIQUID LIMIT & PLASTIC LIMIT TEST											
JIS A 1205											
LOCATION : Right Primary Canal HM. 05+00			DATE SAMPLING : 04-Feb-14								
SAMPLE No. : 04		DEPTH : 1.0 m		DATE OF TEST : 11-Feb-14		TESTED BY : Angga					
LIQUID LIMIT											
NO. OF BLOWS 37 X			NO. OF BLOWS 23 X			NO. OF BLOWS 18 X					
No. 01			No. 02			No. 03					
WW	36.8	DW	27.8	WW	31.1	DW	23.1	WW	35.9	DW	25.8
DW	27.8	TW	8.54	DW	23.1	TW	8.58	DW	25.8	TW	8.66
W _w	8	W _s	19.26	W _w	8	W _s	14.52	W _w	10.1	W _s	17.14
ω	48.73	%		ω	55.10	%		ω	58.93	%	
NO. OF BLOWS 22 X			NO. OF BLOWS 14 X			NO. OF BLOWS X					
No. 04			No. 05			No.					
WW	34.4	DW	25	WW	37.7	DW	26.8	WW		DW	
DW	25	TW	8.66	DW	26.8	TW	9.98	DW		TW	
W _w	9.4	W _s	16.34	W _w	10.9	W _s	17.82	W _w		W _s	
ω	57.53	%		ω	61.17	%		ω		%	
Plastic Limit											
No. 01			No. 02			Mean Water Content					
WW	16.9	DW	14.8	WW	19.1	DW	16.4				
DW	14.8	TW	8.58	DW	16.4	TW	8.57				
W _w	2.1	W _s	6.22	W _w	2.7	W _s	7.83				
ω	33.76	%		ω	34.48	%		34.12 %			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;">Number of Blow</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>LIQUID LIMIT = $\frac{52.80}{1}$ %</p> <p>PLASTIC LIMIT = $\frac{34.12}{1}$ %</p> <p>PLASTICITY INDEX = $\frac{18.68}{1}$ %</p> <p>WW : Weight wet soil+container DW : Weight dry soil+container TW : Weight of container W_w : Weight of water W_s : Weight of dry soil</p> <p>Remarks: The limits is determined on the portion of soil passing 0.425 mm (No.40) sieve</p> </div> </div>											

Tabel 4.4 Data Uji *Water Content Test* (Pengujian Kadar Air)

WATER CONTENT TEST															
JIS A 1203															
Location / Station : Right Primary Canal HM. 05+00						Date of Sampling : 04-Feb-14									
Sample Description : Soil						Tested by : Angga									
Date of Testing	Sample No.	Depth (m)	Mean Water Content (%)	Measurement of Moisture Content											
				No.				No.				No.			
5-Feb-14	04	1.0	47.10	WW	38.4	DW	28.7	WW	31.6	DW	24.8	WW	45.7	DW	33.2
				DW	28.7	TW	8.54	DW	24.8	TW	8.77	DW	33.2	TW	8.57
				W _w	9.7	W _s	20.16	W _w	6.8	W _s	16.03	W _w	12.5	W _s	24.83
				ω	48.12	%		ω	42.42	%		ω	50.75	%	
				No.				No.				No.			
				WW		DW		WW		DW		WW		DW	
				DW		TW		DW		TW		DW		TW	
				W _w		W _s		W _w		W _s		W _w		W _s	
				ω		%		ω		%		ω		%	
				No.				No.				No.			
				WW		DW		WW		DW		WW		DW	
				DW		TW		DW		TW		DW		TW	
				W _w		W _s		W _w		W _s		W _w		W _s	
				ω		%		ω		%		ω		%	
				No.				No.				No.			
				WW		DW		WW		DW		WW		DW	
				DW		TW		DW		TW		DW		TW	
				W _w		W _s		W _w		W _s		W _w		W _s	
				ω		%		ω		%		ω		%	

WW : Weight of Wet Soil + Container DW : Weight of Dry Soil + Container TW : Weight of Container W _w : Weight of Water W _s : Weight of Dry Soil	$\omega = \frac{W_w - DW}{DW - TW} \times 100\%$ $= \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Remarks : _____

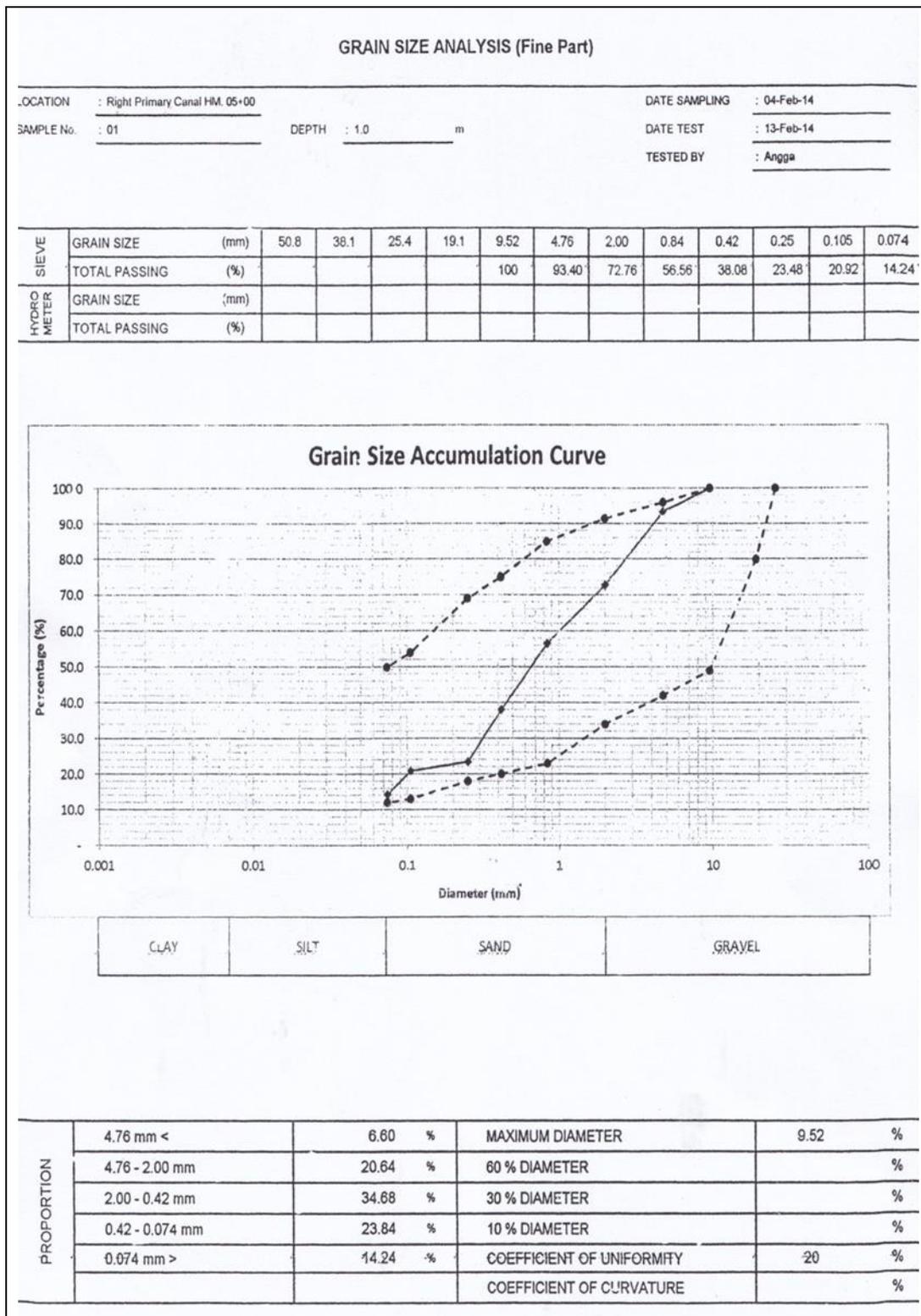
Tabel 4.5 Data Uji *Sand Cone Test* (Titik kiri)

FIELD DENSITY TEST						
Lokasi	: BCP. 3 s/d P 4/19		Tanggal	:		
No. Tes	:		Di tes oleh	: Angga		
Material	: Reuse HM. 05+00		Cuaca	: Cerah		
Berat isi pasir standar	:	1,541 g/cm ³	Maximum dry density, γ_d max	1,142 g/cm ³		
Berat pasir dalam corong Wc	:	1.432 gr				
1 Station	P 4/4	P 4/5	P 4/6	Keterangan		
2 No. Tes				Layer 1		
3 Elevasi				Kiri		
4 Nomor lubang	1	2	3			
5 Nomor alat	A	A	A			
6 Berat tanah g	2299	2415	2392			
7 Berat alat + pasir g	6583	6486	6402			
8 Berat alat + pasir (setelah penuanga g	2884	2694	2661			
9 Berat pasir tertuang g	3699	3792	3741			
10 Berat pasir dalam corong g	1432	1432	1432			
11 Berat pasir dalam lubang g	2267	2360	2309			
12 Volume lubang cm ³	1471,1	1531,3	1498,6			
13 Kepadatan basah γ_{wet} g/cm ³	1,563	1,577	1,596			
14 Kadar air (lihat 20) w_n %	39,50	44,00	43,50			
15 Kepadatan lapangan γ_d g/cm ³	1,120	1,095	1,112			
16 D_{100} dari Proctor test γ_{dmax} g/cm ³	1,142	1,142	1,142			
17 Kadar air optimum w_{opt} %	44,50	44,50	44,50			
18 Selisih kadar air Δw %	-5,00	-0,50	-1,00	+ : wet - : dry		
19 Derajat kepadatan D %	98,1	95,9	97,4			
20 Pengujian kadar air						
- Berat tanah basah + tinbox g	SPEEDY TEST	SPEEDY TEST	SPEEDY TEST			
- Berat tanah kering + tinbox g						
- Berat air g						
- Berat tinbox g						
- Berat tanah kering g						
- Kadar air %						
- Rata-rata kadar air w_n %				39,50	44,00	43,50
Nomor urut test : Test diatas adalah; [A] yang pertama kali, [B] yang kedua kali, [C] yang ketigakali, [D] lebih						
Keputusan: [A] Diterima, [B] Tidak diterima						
Kalau tidak disetujui:						
Instruksi kepada Kontraktor : [A] Re-compaction, [B] Replace and Refilling						
SKETCH OF HOLE						
Copong Primer Kanan	Kiri	P	P	P	Layer 1	
	Kanan					

Tabel 4.6 Data Uji *Sand Cone Test* (Titik kanan)

FIELD DENSITY TEST					
Lokasi : BCP. 3 s/d P 4/19		Tanggal :			
No. Tes :		Di tes oleh : Angga			
Material : Reuse HM. 05+00		Cuaca : Cerah			
Berat isi pasir standar : 1,541 g/cm ³		Maximum dry density, γ_d max		1,142 g/cm ³	
Berat pasir dalam corong Wc : 1.432 gr					
1 Station		P 4/4	P 4/5	P 4/6	Keterangan
2 No. Tes					Layer 1
3 Elevasi					Kanan
4 Nomor lubang		1	2	3	
5 Nomor alat		A	A	A	
6 Berat tanah	g	2419	2457	2492	
7 Berat alat + pasir	g	6927	6828	6734	
8 Berat alat + pasir (setelah penuanga	g	3095	2887	2821	
9 Berat pasir tertuang	g	3832	3941	3913	
10 Berat pasir dalam corong	g	1432	1432	1432	
11 Berat pasir dalam lubang	g	2400	2509	2481	
12 Volume lubang	cm ³	1557,5	1628,3	1610,2	
13 Kepadatan basah γ_{wet}	g/cm ³	1,553	1,509	1,548	
14 Kadar air (lihat 20) W_n	%	40,50	38,50	40,00	
15 Kepadatan lapangan γ_d	g/cm ³	1,105	1,089	1,105	
16 D_{100} dari Proctor test γ_{dmax}	g/cm ³	1,142	1,142	1,142	
17 Kadar air optimum W_{opt}	%	44,50	44,50	44,50	
18 Selisih kadar air ΔW	%	-4,00	-6,00	-4,50	+ : wet - : dry
19 Derajat kepadatan D	%	96,8	95,4	96,8	
20 Pengujian kadar air					
- Berat tanah basah + tinbox	g	SPEEDY TEST	SPEEDY TEST	SPEEDY TEST	
- Berat tanah kering + tinbox	g				
- Berat air	g				
- Berat tinbox	g				
- Berat tanah kering	g				
- Kadar air	%				
- Rata-rata kadar air W_n	%				40,50
Nomor urut test : Test diatas adalah; [A] yang pertama kali, [B] yang kedua kali, [C] yang ketigakali, [D] lebih					
Keputusan: [A] Diterima, [B] Tidak diterima					
Kalau tidak disetujui:					
Instruksi kepada Kontraktor : [A] Re-compaction, [B] Replace and Refilling					
SKETCH OF HOLE					

Tabel 4.7 Data analisis ukuran butir material yang digunakan pada pematidan (*Grain Size Analysis*)



Tabel 4.8 Data Ringkasan Yang Dilakukan Di Laboratorium (*Summary Of Laboratory Test*)

SUMMARY OF LABORATORY TEST									
Location		: Main Canal		Date : 17 Februari 2014					
Sampling Date		:		4-Feb-14	22-Jan-14	5-Feb-14	22-Jan-14		
No. Sample		:		4	5	6	7		
Depth		:		1.00	1.00	1.00	1.00		
Station		:		HM. 05+00	BCP 3	HM. 33+00	HM. 45+00		
Index (General) Properties	Properties	Natural Water Content	ω	%	47.10	33.40	23.98	33.40	
		Specific Gravity of Soil	G_s	-	2.61	2.63	2.60	2.58	
		Wet Density	γ_w	g/cm^3					
		Dry Density	γ_d	g/cm^3					
		Void Ratio	e	-					
		Degree of Saturation	S_r	%					
	Grain Size Analysis	Proportion (JIS A 1204)	Gravel Part	2 - 75mm	%	27.24	13.00	23.80	11.36
			Sand Part	75 μ m - 2mm	%	58.52	72.60	61.00	68.96
			Silt Part	5 μ m - 75 μ m	%	14.24	14.40	15.20	19.68
			Clay Part	< 5 μ m	%				
		Max. Diameter		mm	9.52	9.52	9.52	9.52	
		60% Passing Particle Size	D_{60}	mm					
		10% Passing Particle Size	D_{10}	mm					
		Passing no. 200 (75 μ)	P_{75}	%	14.24	14.40	15.20	19.68	
	Coeff. Uniformity	C_u	-						
	Consistency	Liquid Limit	LL	%	52.80	56.90	59.90	69.20	
		Plastic Limit	PL	%	34.12	41.74	40.65	51.57	
		Plasticity Index	PI	%	18.68	15.16	19.25	17.63	
Unified Classification			-						
Compaction	Moisture Content 95% γ_d dry side		%						
	95% γ_d dry side		g/cm^3						
	Optimum Moisture Content	w_{opt}	%	44.60	34.30	47.30	38.70		
	Max. Dry Density	γ_{dmax}	g/cm^3	1.142	1.188	1.125	1.119		
	Moisture Content 95% γ_d wet side		%						
	95% γ_d wet side		g/cm^3						
Shear Strength (setelah pemadatan)	Direct Shear	Unconfined compression	q_u	Kg/cm^2					
		Cohesion	C	g/cm^2					
	Triaxial Shear	UU	Internal Friction Angle	ϕ	o				
			Cohesion	C	Kg/cm^2				
		CU	Internal Friction Angle	ϕ	o				
			Cohesion	C	Kg/cm^2				
			Cohesion (Effective)	C'	Kg/cm^2				
			Internal Friction Angle (Eff.)	ϕ'	o				
Koeff. Permeabilitas	K	95% γ_d dry side		cm/sec.					
		95% γ_d opt		cm/sec.					
		95% γ_d wet side		cm/sec.					
Konsolidasi		Cc		-					
		Cv		$cm^2/sec.$					

4.2 Analisis Pemadatan Tanah.

4.2.1 Pemadatan Menggunakan Alat Berat.

Berdasarkan penggunaan alat pemadat berupa *smooth wheel roller* yang berukuran kecil. Kemampuan 10-30 Kpa. Dan aksi yang dihasilkan *static weight* dan efek vibrasi. Dan dengan menggunakan (*Vibrating Plate*) atau alat pemadat berupa pelat, dikenal umum dengan nama *stamper*. Digunakan dengan area yang sempit dan area yang mempunyai resiko tinggi jika menggunakan alat pemadat yang besar, dan kemampuan dari alat hanya mencapai kurang dari 20 Kpa.

4.2.2 Nilai Pemadatan tanah di lapangan

Berdasarkan data yang ada di lapangan ada beberapa pengujian dan jenis atau agregat tanah yang mempengaruhi nilai kepadatan tanah. Adapun nilai pemadatan tanah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai *Test Sand Cone* dan *Proctor Test*.

No.	Sta.	Posisi	Nilai Kepadatan D (%)	γ_d max (g/cm ³)	Ket.
1	HM 05+00	Kanan	96,8	1,142	
2	HM 05+00	Kanan	95,4	1,142	
3	HM 05+00	Kanan	96,8	1,142	
4	HM 05+00	Kiri	98,1	1,142	
5	HM 05+00	Kiri	95,4	1,142	
6	HM 05+00	Kiri	96,8	1,142	

1. Pengaruh kadar air terhadap nilai kepadatan.

Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi angka pemadatan tanah (tabel 4.5 dan gambar 4.6). Hal ini disebabkan karena adanya rongga tanah yang tertutup oleh air kemudian terpadatkan oleh alat berat, sehingga membentuk kurva (Gbr. 4.2). Analisa kadar air rata-rata (w_n) terhadap nilai kepadatan tanah yang berbeda dilihat pada pengujian *speedy test* (Tabel 4.10) :

Tabel 4.10 Pengaruh Kadar Air rata-rata terhadap nilai pemadatan.

No.	Sta.	Posisi	Kadar air rata-rata (w_n) (%)	Nilai Kepadatan D (%)
1	HM 05+00	Kanan	40,5	96,8
2	HM 05+00	Kanan	38,5	95,4
3	HM 05+00	Kanan	40,0	96,8
4	HM 05+00	Kiri	39,5	98,1
5	HM 05+00	Kiri	44,0	95,4
6	HM 05+00	Kiri	43,5	96,8

Pada tabel 4.10 memberikan hasil yang berbeda. Kadar air yang berlebih menghasilkan nilai kepadatan yang kecil. Namun, hal ini masih ada faktor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan (%).

2. Berat pasir pada lubang (*sample*).

Berat jenis pasir pada lubang bias menjadi salah satu faktor angka penentu dari angka kepadatan tanah (lihat tabel 4.5 dan tabel 4.6).. Hal ini disebabkan karena perbedaan berat pasir dan karakteristik pada pasir. Namun dalam analisa ini menggunakan jenis *sample* yang sama yaitu menggunakan lempung. Perbedaan hasil ini dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Pengaruh berat pasir pada lubang terhadap nilai kepadatan tanah.

No.	Sta.	Posisi	Berat pasir pada lubang (Kg)	Nilai Kepadatan D (%)
1	HM 05+00	Kanan	2400	96,8
2	HM 05+00	Kanan	2509	95,4
3	HM 05+00	Kanan	2481	96,8
4	HM 05+00	Kiri	2267	98,1
5	HM 05+00	Kiri	2360	95,4
6	HM 05+00	Kiri	2309	96,8

Dari tabel 4.11 tersebut diatas menunjukkan bahwa berat lubang yang sedikit yang menunjukkan angka pemadatan yang paling besar, dengan angka kepadatan mencapai 98,1 %. Dengan data tersebut memberikan penjelasan jika pada pengujian di lapangan berat pasir pada lubang bisa berpengaruh pada angka kepadatan tanah.

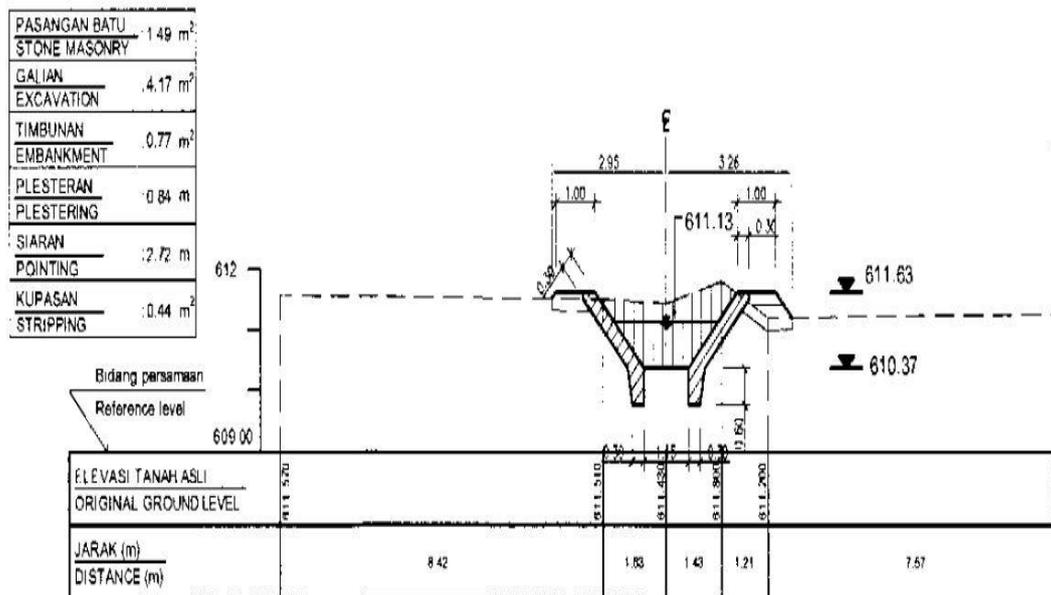
3. Ukuran butir material yang digunakan pada pemadatan.

Pada tabel 4.12 bisa dilihat dengan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium didapat hasil pada butir tanah berukuran 2 mm tertahan 72,76%, material tanah berukuran 0,84mm tertahan 56,56%, 0,42mm tertahan 38,08%, dan 0,74mm tertahan 14,24 (hardjowigeno, 2003). Dengan data tersebut berarti termasuk pada ciri tanah lempung atau liat. Tanah ini sangat bagus digunakan sebagai timbunan tanah pada saluran irigasi karena tanah-tanah bertekstur lempung atau liat ukuran butirnya lebih halus, maka setiap satuan berat mempunyai luas permukaan yang lebih besar, sehingga kemampuan menahan air tinggi (Hardjowigeno, 2003).

4.2.3 Pembebanan yang bekerja pada sta HM 05+000

1. Tegangan pada timbunan

Situasi lokasi pada Sta. 05+000 bisa dilihat pada potongan gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Situasi dan Potongan Saluran Lokasi Pengambilan Sample

Tabel 4.12 Tegangan untuk tanah timbunan pada Sta. 05+000

Tinggi Timbunan (m) (1)	γ_{Tanah} (Kg/m ³) (2)	σ_{Timbunan} (Kg/m ²) =(1) x (2)	σ_{Timbunan} (Kg/cm ²)
5.50	1700	9.350	0.935

2. Beban terhadap saluran

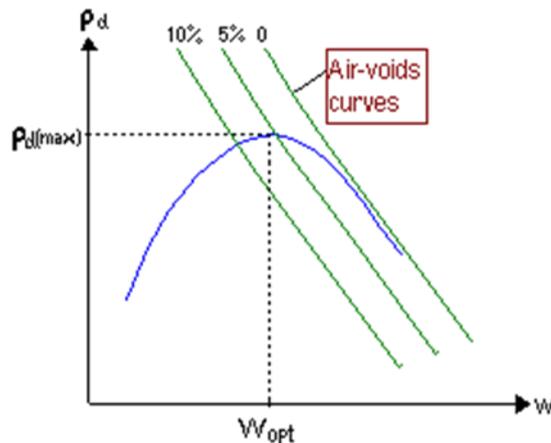
Tabel 4.13 Tegangan Beban Air Pada Saluran

No	Sta	Tinggi Saluran (m)	γ_{Air} (Kg/m ³)	σ_{Air} (Kg/m ²)	σ_{Air} (Kg/cm ²)
1	05+000	1.32	1000	132.000	13.2

Tabel 4.14 Total Tegangan yang ada pada Sta 05+000

No.	Beban	σ_u (Kg/cm ²)
1	Timbunan	0.935
2	Air	13.5
Σ		14.435

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa q_c yang diambil biasanya 15 Kg/cm², Namun jika dalam pengujian *Sandcone* bahwa nilai Kepadatan (D) yang diambil adalah nilai yang terbesar yaitu 98,1%, Karena hampir mendekati pada nilai 100% dimana keadaan ini biasa dikenal dengan ZAV (*Zerro Air Void*), dalam keadaan tersebut dapat dipastikan tidak ada ruang udara pada tanah yang telah dipadatkan. Dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut:

Gambar 4.2 Kurva ZAV (*Zerro Air Void*) atau Kondisi Tanah Tanpa Udara (Padat)

4.3 Koefisien Aliran Permukaan

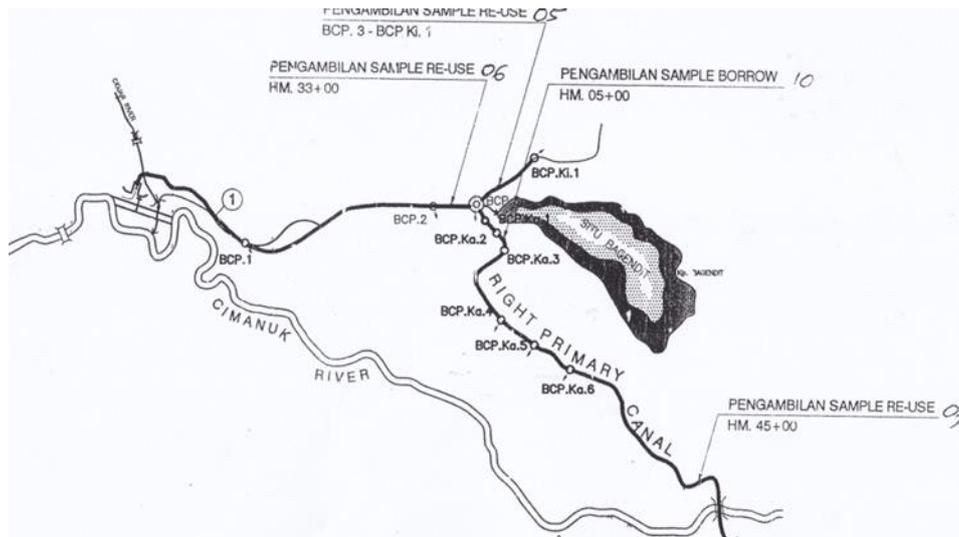
Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas curah hujan. Faktor ini merupakan variable yang menentukan hasil perhitungan debit banjir.

Tabel 4.15 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Business	
perkotaan	0,70 – 0,95
pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
rumah tunggal	0,30 – 0,50
multi unit, terpisah	0,40 – 0,60
multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
perkampungan	0,25 – 0,40
apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
ringan	0,50 – 0,80
berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
aspal dan beton	0,70 – 0,95
batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
datar 2%	0,05 – 0,10
rata-rata 2 – 7%	0,10 – 0,15
curam 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
datar 2%	0,13 – 0,17
rata-rata 2 – 7%	0,18 – 0,22
curam 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkebunan	0,10 – 0,25
Hutan	
datar 0 - 5%	0,10 – 0,40
bergelombang 5 - 10%	0,25 – 0,50
berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber : Suripin, 2004

Dari data (tabel 4.15) tersebut maka didapat nilai C antara 0,1-0,25 (diambil nilai 0,2)



Gambar 4.3 Peta Situasi Saluran Sekunder DAS AMS-19A (Bendung Copong)
Berdasarkan hasil *Sourvey* di lapangan sekitar 99% kawasan perkebunan (lahan terbuka).

Adapun perhitungan C dari hasil pengamatan dan perhitungan lapangan dengan melihat pengeplotan daerah yang dijadikan perkiraan daerah pengaliran untuk saluran drainase yang dijadikan sebagai bahan analisis seperti pada gambar 4.3.

Tabel 4.16 Perhitungan C_{DAS}

Tata Guna Lahan	Luas (Ha)	Luas (Km ²)	koefisein limpasan permukaan (C)
Lahan Terbuka	1.263	126.300	0.20

Sumber : Hasil Lapangan dan Data kontraktor NK.

Bahan bangunan saluran irigasi ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang akan melewati saluran.

Tabel 4.17 Kecepatan aliran air yang di izinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang di izinkan (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

4.4 Debit Air

Debit air adalah volume air yang mengalir tiap satuan waktu. Disimbolkan dengan Q dan satuan dalam SI adalah M³/S. Debit air dapat dirumuskan :

$$Q=V/T \quad \text{Dengan : } Q = \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$$Q=A.s/T \quad A = \text{Luas Penampang (m}^2\text{)}$$

$$Q=A.V \quad V = \text{kecepatan aliran air (m/s)}$$

Tabel 4.18 Data debit rencana di saluran irigasi

No.	Panjang Saluran Drainase (m)	Luas (Ha)	Debit Saluran Rencana (m ³ /s)	Tinggi Muka Air (m)	γ_{tanah} (kg/m ³)
1	795	1.263	2,059	1	1000

Sumber: Data General kontraktor NK. (lampiran 2)

Berdasarkan hasil dari table 4.16 mengenai debit saluran irigasi dengan debit rencana tersebut. Pemadatan tanah yang baik tidak hanya sekali akan tetapi biasanya 3 kali. Pada pemadatan tanah di lapangan spesifikasi adalah 90-95 % dari berat volume maksimum yang telah ditentukan pada uji proctor. Dengan nilai pemadatan *Sand Cone Test* yang mencapai nilai terendah 95,4% dan angka Maksimal mencapai 98,1%.

4.5 Beban air terhadap tanah timbunan.

Pada tabel 4.16 bisa menjadi acuan pada untuk menghitung masa (*m*) air yang membebani pada saluran yang dijadikan bahan untuk analisa di sta. HM 05+000 , dengan masa jenis tanah 1000 kg/m³, dan debit air pada saluran yang tertimbun yaitu 2,059 liter/detik , bisa dihiutng dengan rumus:

$$m = \rho \times Q, \text{ di mana : } \rho = \text{kerapatan masa jenis tanah (kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{Debit air pada saluran (liter/detik)}$$

$$\text{Jadi, } m = \rho \times Q$$

$$m = 1000 \times 2,059$$

$$m = 2.059 \text{ kg/detik}$$

Dari perhitungan di atas massa air yang membebani tanah timbunan yang dipadatkan yaitu $m = 2.059 \text{ kg/detik}$. Ketika debit air maksimal terjadi maka tanah timbunan pada saluran irigasi yang dijadikan loaksi analisa bisa menahan maasa air, karena angka pemadatan yang melebihi angka 95%, pada kondisi tersebut hamper mendekati ZOV (Zerro Air Voids) (gambar 4.2) atau dalam keadaan hampa ruang udara (padat). Dimana dalam kondisi tanah padat kemungkinan terjadinya rembesan pada saluran irigasi tersebut dapat dihindari. Dan bangunan irigasi akan tetap aman karena dengan air tidak merembes kebawah dawah podasi maka bangunan akan tetap berdiri dan tidak tergerus oleh aliran air atau bisa dikatakan dengan bangunan irigasi tersebut pada kondisi aman.

IV. PENUTUP

Dari Uraian yang telah dikemukakan pada bab-bab yang telah dibahas khususnya pada studi penelitian *Proctor Test* dan *Sand cone Test* pada saluran irigasi dapat disimpulkan:

1. Bahwa dari beberapa hasil pengujian bahwa tanah yang digunakan pengujian yang dijadikan *sample* termasuk jenis tanah lempung, karena memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Derajat kepadatan (D) dengan menggunakan pegunjian *sand cone* bisa mencapai 98,1% dan γ_d maks 1,142 g/cm³.
 - Memiliki koefisien keseragaman tanah mencapai 20%.
 - Tanahnya sulit menyerap air.
 - Tekstur tanahnya cenderung lengket bila dalam keadaan basah dan kuat menyatu antara butiran tanah yang satu dengan lainnya.
2. Massa air yang membebani tanah timbunan pada saluran irigasi yang dipadatkan yaitu $m = 2.059$ kg/detik.
 3. Pada tanah timbunan dengan angka kepadatan tanah lebih dari 95% dan dapat menahan massa air lebih dari 2 ton/detik maka bangunan saluran irigasi tersebut berada dalam batas aman, karena tidak akan ada rembesan dan tidak akan tergerus oleh air meski dengan debit maksimal.

Jadi, jenis tanah lempung sangat cocok dijadikan untuk bahan timbunan pada saluran irigasi karena dengan berbagai ciri tersebut yang menunjang untuk kebutuhan disalurkan irigasi supaya air bisa mengalir sesuai dengan debit rencana pada masing-masing saluran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi*, Galang Persada, Bandung.
2. Dinas Perairan. 2006. Undang-undang Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Tidak diterbitkan:Jakarta
3. Fendi Wijaya, Susanto, 2013 , Laporan Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknik Garut.
4. Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah Ultisol. Edisi Baru. Akademika Pressindo, Jakarta.
5. Hardjowigeno, S. 2003. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademik Pressindo, Jakarta.
6. Permana, Sulwan, 2011, Diktat Kuliah Mekanika Tanah, Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
7. Permana, Sulwan, 2012, Diktat Kuliah Irigasi, Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
8. Standar Nasional Indonesia. 1989. Metode Pengujian Kepadatan Ringan Untuk Tanah.
9. Standar Nasional Indonesia. 1992. Metode Pengujian Kepadatan Lapangan Dengan Alat Konus Pasir
10. Yudistira, Yuda, 2014 , Laporan Kerja Praktek, Sekolah Tinggi Teknik Garut.
11. *Internet:* Anonim. 2015. Fungsi pemadatan Tanah. [Online]. <http://blog-alatuji.blogspot.co.id/2015/01/fungsi-pemadatan-tanah.html> [10 Maret 2015]
12. Lailah, Nur. 2015. Kriteria Perencanaan Irigasi. [Online]. http://www.academia.edu/10973765/KP_-_01_02_03_04_05_06_07_IRIGASI [20 Agustus 2015]