



TUGAS AKHIR RC-141501

# STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU DENGAN CUTOFF TRENCH DI HULU TUBUH BENDUNGAN

GUNTARTO ACHMADI  
NRP 3112 105 005

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

## Letak Bendungan Marangkayu



- Bendungan Marangkayu terletak pada Kabupaten Kutai Kertanegara Propinsi Kalimantan Timur





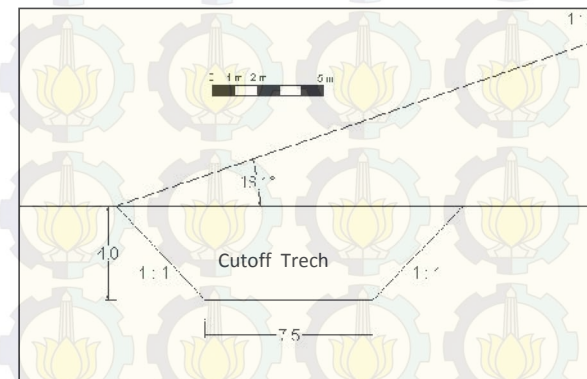
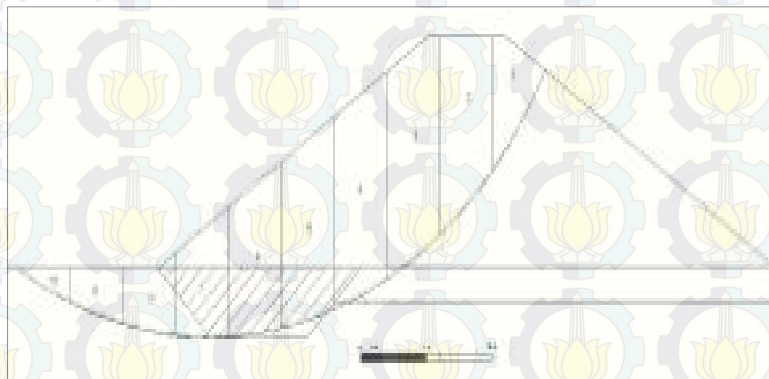
## Latar belakang

- Salah satu aspek yang ditinjau pada bendungan kategori besar yaitu kestabilan tubuh bendungan
- Pada timbunan bendungan telah memasang *Prefabricated Vertical Drain* (PVD ) sebagai upaya perbaikan pondasi bendungan Marangkayu yang dikonstruksi diatas tanah lunak, sehingga *cutoff trench* yang semula dipasang di as bendungan, digeser ke hulu dari tubuh bendungan.



## Cutoff Trench ?

- Pada *Design Of Small Dams*, *Cutoff trench* yaitu parit halang pada bendungan yang berfungsi mengurangi dan mengendalikan aliran rembesan dengan bentuk sisi yang mempunyai kemiringan tertentu.
- *cutoff trench* terletak pada atau *upstream* dari as bendungan.

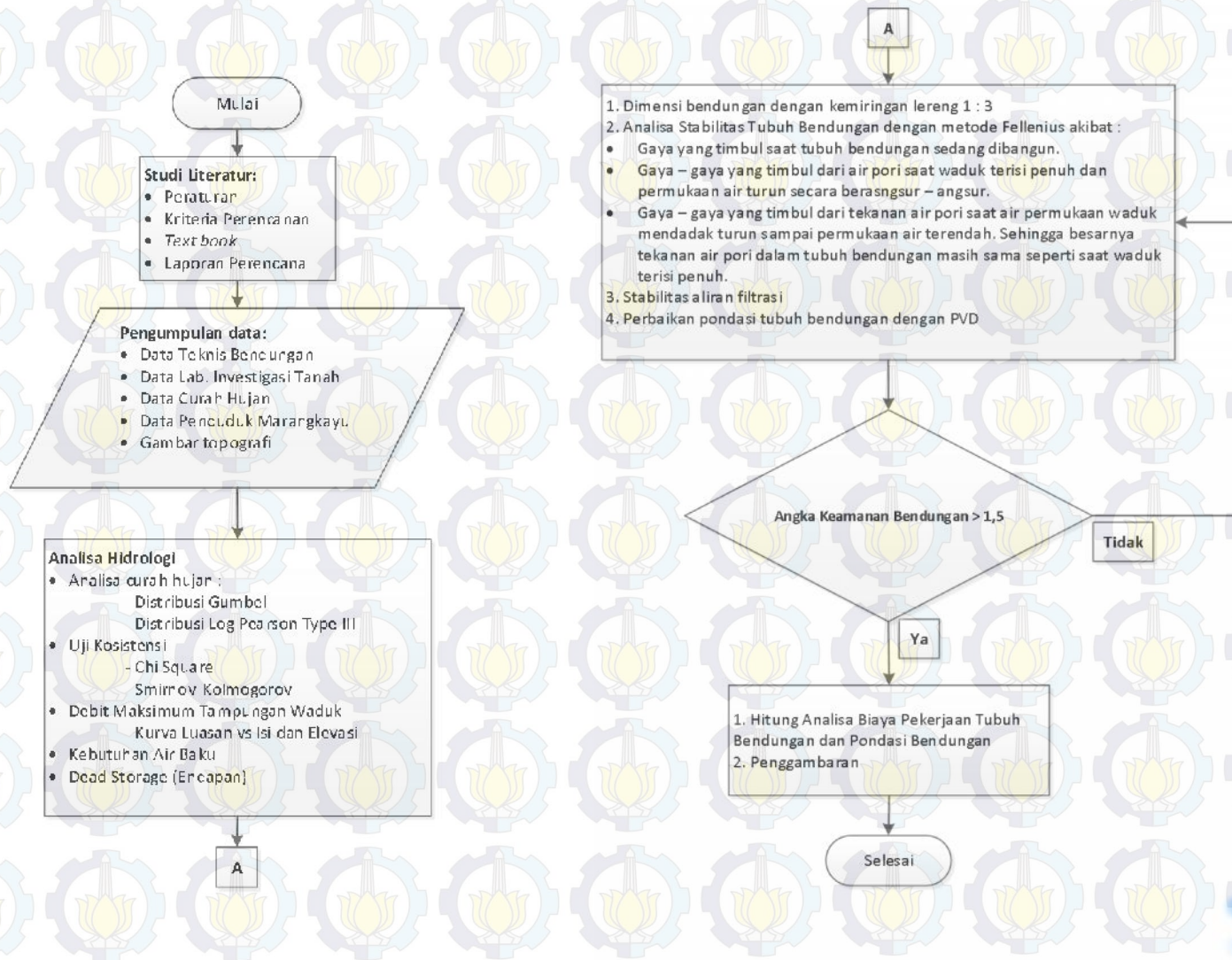




## Batasan Masalah

- Letak as bendungan sesuai dengan data gambar.
- Tidak merencanakan bangunan pelimpah.
- Tidak meninjau desain struktur bangunan pengelak.
- Mengabaikan instrumentasi di tubuh bendungan.
- Letak Cutoff Trench di Ujung Hulu Bendungan.
- Tidak merencanakan PLTMH
- Tidak menghitung kebutuhan air irigasi.

# Diagram Alir



# Analisa dan Pembahasan



Data curah Hujan Maksimum selama 28 tahun (Sta. Termindung Samarinda)

No.	Tahun	$R_i$ ( mm )
1	1978	103
2	1979	77
3	1980	74
4	1981	146
5	1982	86
6	1983	139
7	1984	116
8	1985	106
9	1986	86
10	1987	81
11	1988	109
12	1989	97
13	1990	89
14	1991	105
15	1992	94
16	1993	90
17	1994	142
18	1995	82
19	1996	79
20	1997	95
21	1998	85
22	1999	117
23	2000	84
24	2001	102
25	2002	66
26	2003	88
27	2004	118
28	2005	108
<b>Rerata</b>		<b>98.65</b>



# Distribusi Log Pearson Type III dan Metode Gumbel

No	Tahun	$X_i$	P(%)	Log $X_i$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$
1	2002	66	3.45	1.82	0.0270	-0.0044
2	1980	74	6.90	1.87	0.0140	-0.0017
3	1979	77	10.34	1.89	0.0096	-0.0009
4	1996	79	13.79	1.90	0.0077	-0.0007
5	1987	81	17.24	1.91	0.0064	-0.0005
6	1995	82	20.69	1.91	0.0052	-0.0004
7	2000	84	24.14	1.92	0.0039	-0.0002
8	1998	85	27.59	1.93	0.0032	-0.0002
9	1982	86	31.03	1.93	0.0028	-0.0002
10	1986	86	34.48	1.93	0.0028	-0.0001
11	2003	88	37.93	1.94	0.0018	-0.0001
12	1990	89	41.38	1.95	0.0012	0.0000
13	1993	90	44.83	1.96	0.0009	0.0000
14	1992	94	48.28	1.97	0.0001	0.0000
15	1997	95	51.72	1.98	0.0001	0.0000
16	1989	97	55.17	1.99	0.0000	0.0000
17	2001	102	58.62	2.01	0.0004	0.0000
18	1978	103	62.07	2.01	0.0007	0.0000
19	1991	105	65.52	2.02	0.0013	0.0000
20	1985	106	68.97	2.02	0.0014	0.0001
21	2005	108	72.41	2.03	0.0023	0.0001
22	1988	109	75.86	2.04	0.0026	0.0001
23	1984	116	79.31	2.06	0.0061	0.0005
24	1999	117	82.76	2.07	0.0069	0.0006
25	2004	118	86.21	2.07	0.0076	0.0007
26	1983	139	89.66	2.14	0.0248	0.0039
27	1994	142	93.10	2.15	0.0276	0.0046
28	1981	146	96.55	2.16	0.0314	0.0056
Total Rerata				1.99	0.1997	0.0067
$S_n$	=	0.086				
$C_s$	=	0.418				

No.	Tahun	$R_i$	P	$(R_i - R)$	$(R_i - R)^2$	$(R_i - R)^3$	$(R_i - R)^4$
1	2002	66	3.45	-32.35	1046.52	-33855.00	1095209.34
2	1980	74	6.90	-24.95	622.50	-15531.44	387509.36
3	1979	77	10.34	-21.45	460.10	-9869.20	211694.31
4	1996	79	13.79	-19.55	382.20	-7472.06	146078.75
5	1987	81	17.24	-18.15	329.42	-5979.02	108519.18
6	1995	82	20.69	-16.65	277.22	-4615.75	76852.31
7	2000	84	24.14	-14.85	220.52	-3274.76	48630.17
8	1998	85	27.59	-13.65	186.32	-2543.30	34716.07
9	1982	86	31.03	-13.05	170.30	-2222.45	29002.94
10	1986	86	34.48	-12.95	167.70	-2171.75	28124.13
11	2003	88	37.93	-10.95	119.90	-1312.93	14376.61
12	1990	89	41.38	-9.25	85.56	-791.45	7320.94
13	1993	90	44.83	-8.45	71.40	-603.35	5098.32
14	1992	94	48.28	-4.35	18.92	-82.31	358.06
15	1997	95	51.72	-4.05	16.40	-66.43	269.04
16	1989	97	55.17	-1.35	1.82	-2.46	3.32
17	2001	102	58.62	2.95	8.70	25.67	75.73
18	1978	103	62.07	4.35	18.92	82.31	358.06
19	1991	105	65.52	6.65	44.22	294.08	1955.63
20	1985	106	68.97	6.95	48.30	335.70	2333.13
21	2005	108	72.41	9.35	87.42	817.40	7642.69
22	1988	109	75.86	10.25	105.06	1076.89	11038.13
23	1984	116	79.31	17.15	294.12	5044.20	86508.05
24	1999	117	82.76	18.45	340.40	6280.43	115873.86
25	2004	118	86.21	19.55	382.20	7472.06	146078.75
26	1983	139	89.66	40.35	1628.12	65694.74	2650782.88
27	1994	142	93.10	43.15	1861.92	80341.96	3466755.40
28	1981	146	96.55	46.85	2194.92	102832.12	4817684.78
	Rerata	98.65			11191.17	179903.90	13500849.96
	STD. DEV	20.36					
	$C_s$	=	1.12				
	$C_k$	=	4.77				
	$C_v$	=	0.21				

Syarat pemilihan Distribusi :

- a. Gumbel, nilai  $C_s = 1,1396$  dan  $C_k = 5,4002$
- b. Log Normal, nilai  $C_s = 2,5C_v$
- c. Log Pearson Type III, yang tidak termasuk syarat diatas

Distribusi Gumbel nilai  $C_s = 1.12$  dan  $C_k = 4,77$  (sebaran Gumbel tidak mendekati).

Jadi digunakan distribusi **Log Pearson type III**





# Uji Chi Square dan Smirnov Kolmogorov

## Distribusi Log Pearson type III diuji kesesuaian dengan Chi Square

Dengan derajat kepercayaan 5% dan Dk = 3 dari tabel Chi Square Kritis didapat  $X^2_{cr} = 7,815$

Maka  $5,81 < X^2_{cr} = 7,815$  sebaran data Log Pearson type III dapat diterima.

## Uji Chi Square dan Smirnov Kolmogorov

Didapat nilai D maks = 7,32%

Bila jumlah data, n = 28

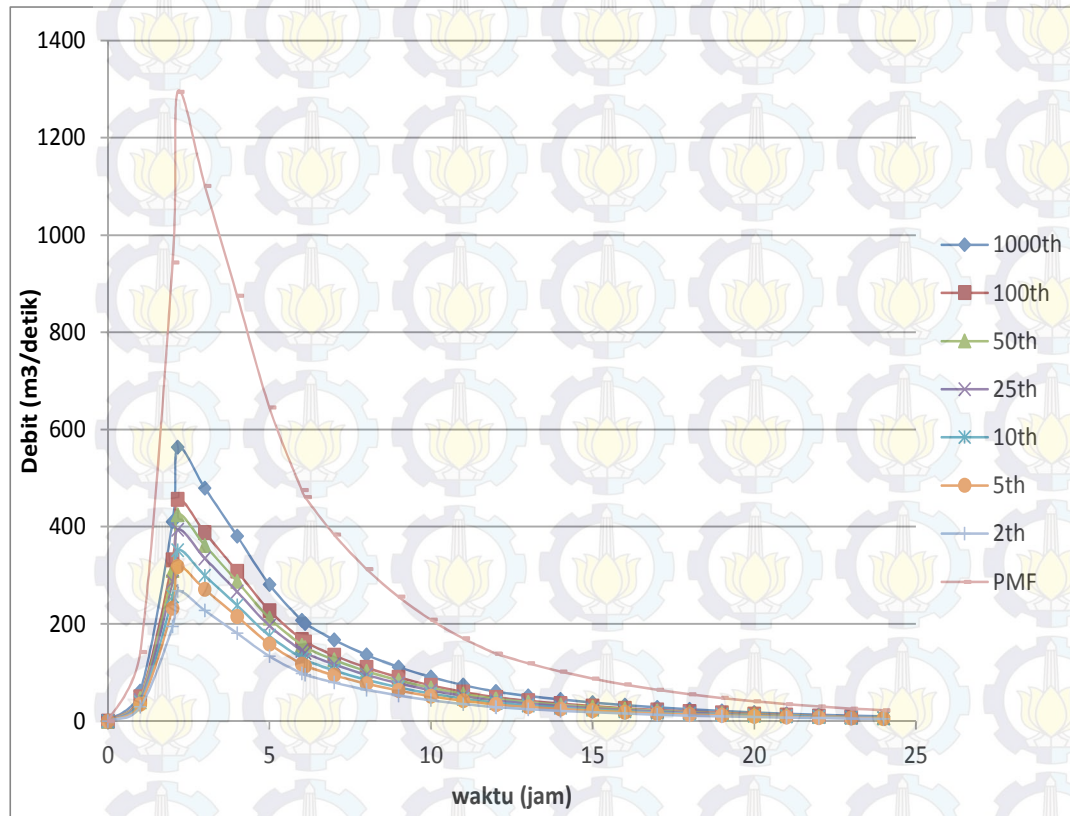
Derajat Kepercayaan = 5%

Maka  $D_{cr} = \frac{0,1}{( ) \cdot ( )} = \frac{0,1}{( ) \cdot ( )} = 26\% > D_{maks} = 7.32\%$

Jadi data Xi tersebut mempunyai kesesuaian harga dengan Xteoritis.



## Kurva debit PMF ( Probable Means Flood )



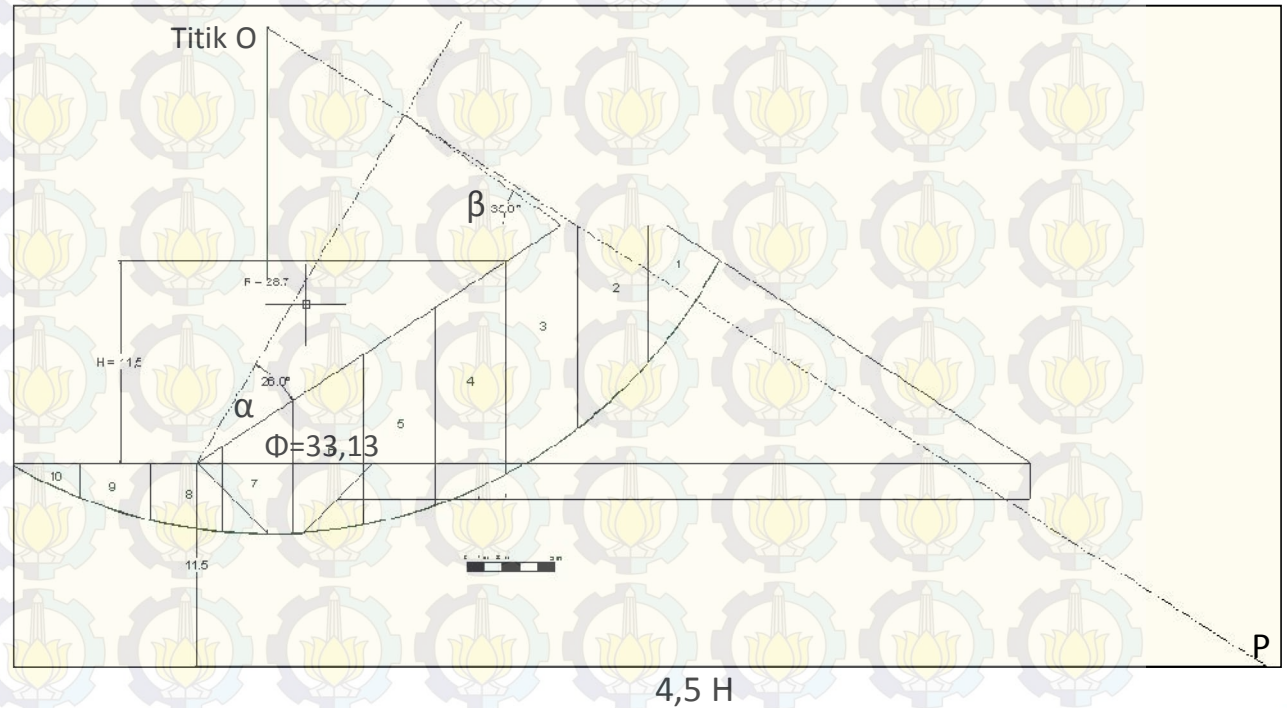
QPMF = 1294,4 m<sup>3</sup>/det dengan puncak *spillway* pada elevasi +110, maka dari perhitungan didapat elevasi maksimal dari debit PMF yaitu +111,5 m (Ainul Yaqien, 2014)



# Analisa dan Pembahasan Stabilitas bendungan

Membuat dimensi bendungan dengan data sbb:

- $H = 11,5$  m (dari perhitungan Qpmf Sungai Marangkayu)
- $n = 1 : 1,5$  (asumsi untuk bendungan yang ekonomis, dari handout waduk dan PLTA)
- $\Phi = 33,13^\circ$  (handout Waduk dan PLTA)
- $\alpha = 26^\circ$  (handout Waduk dan PLTA)
- $\beta = 35^\circ$  (handout Waduk dan PLTA)
- $R = 28.7$  m

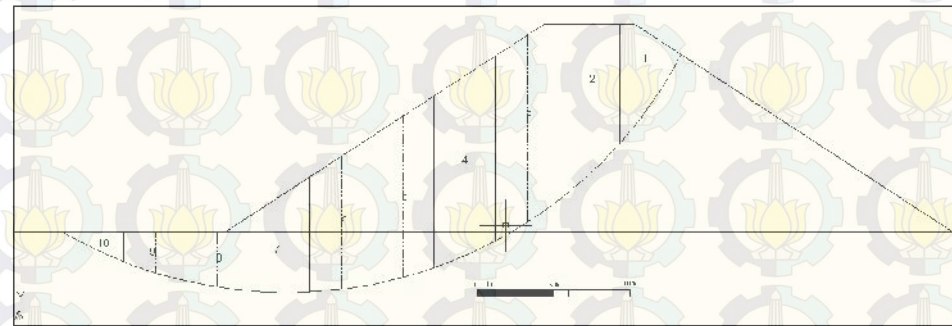




# Perhitungan angka keamanan

- Tanpa CUTOFF TRENCH

$$F_s = \frac{C_i + (N - U - N_e) \tan \phi}{T + T_e}$$



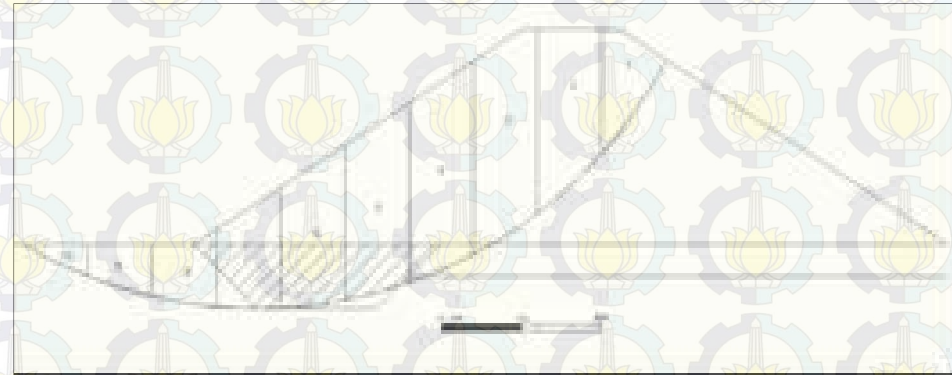
No	Tinggi Total m	tinggi hi	tinggi jenuh	bi lebar (m)	Luas Ai m <sup>2</sup>	Luas jenuh (m <sup>2</sup> )	γi kN/m <sup>3</sup>	γi' kN/m <sup>3</sup>	Wi Total kN	θi o	Wi cos θi kN	Wi sin θi kN	tekanan air pori (u) n=c x yw	Ui x=(b/cos θ) o=e x n	Wi cos θi - Ui N - Ui p=l-o	kohesi c' q	gaya gesek dua lapis r=(b/cos θ)q	zona gempae s	Ne m.s t	Te Ls u	N - Ne - Ui l-l-o v	T + Te m+u v	Φ o
1	4.36	4.36	0.00	4.04	17.6	0.00	15.29	0.00	269.10	57.2	145.78	226.20	0.00	0.00	145.78	23.49	175.19	0.016	3.62	2.33	142.16	228.53	18.91
2	9.75	9.75	0.00	4.04	39.37	0.00	15.29	0.00	601.97	43.9	433.75	417.41	0.00	0.00	433.75	23.49	131.70	0.016	6.68	6.94	427.07	424.35	18.91
3	12.23	12.23	0.00	4.04	49.39	0.00	15.29	0.00	755.17	33.4	630.45	415.71	0.00	0.00	630.45	23.49	113.67	0.016	6.65	10.09	623.80	425.80	18.91
4	10.02	8.42	1.61	4.04	40.5	6.50	15.29	0.00	519.86	22.6	479.94	199.78	16.09	119.99	359.95	23.49	102.79	0.016	3.20	7.68	356.75	207.46	18.91
5	6.51	3.52	3.00	4.04	26.32	12.10	15.29	7.040	302.61	16.2	290.59	84.42	29.95	223.37	67.22	35.36	148.76	0.016	1.35	4.65	65.87	89.07	24.43
6	4.89	1.15	3.74	4.04	19.75	15.10	15.29	7.040	177.40	9.5	174.97	29.28	37.38	278.75	-103.78	35.36	144.84	0.016	0.47	2.80	-104.25	32.08	24.43
7	1.44	2.52	3.96	4.04	5.8	16.00	15.29	7.040	-43.32	-7.3	-42.97	5.50	39.60	295.36	-338.33	35.36	144.02	0.016	0.09	-0.69	-338.42	4.82	24.43
8	3.61	0.02	3.59	4.04	14.6	14.52	15.29	7.040	103.44	-15.5	99.68	-27.64	35.94	268.04	-168.36	35.36	148.25	0.016	-0.44	1.59	-167.92	-26.05	24.43
9	2.64	0.00	2.64	4.04	10.68	10.68	0.00	7.040	75.19	-19.7	70.79	-25.35	26.44	197.15	-126.37	35.36	151.74	0.016	-0.41	1.13	-125.96	-24.21	24.43
10	1.04	0.00	1.04	4.04	4.19	4.19	0.00	7.040	29.50	-28.3	25.97	-13.98	10.37	77.35	-51.38	35.36	162.25	0.016	-0.22	0.42	-51.15	-13.57	24.43
												1311.33			848.94		1423.21				827.96	1348.27	

Sumber : Perhitungan



# Perhitungan angka keamanan

- Dengan CUTOFF TRENCH

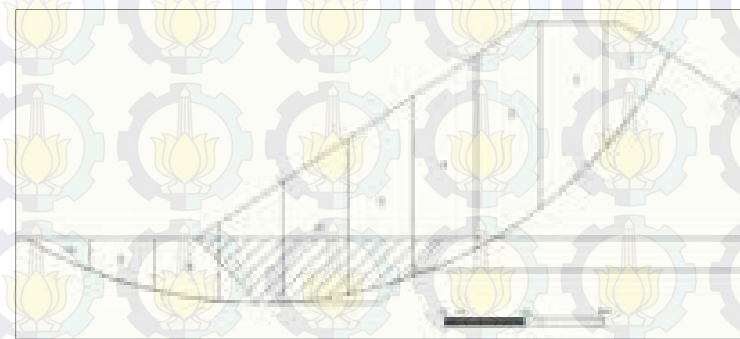
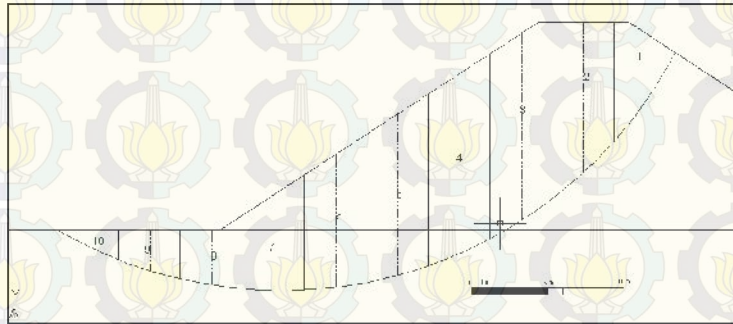


No	tinggi Total (m)	tinggi hi (m)	tinggi jenuh d (m)	bi lebar (m)	Luas Ai (m <sup>2</sup> )	Luas jenuh (m <sup>2</sup> )	yi (kN/m <sup>3</sup> )	yi' (kN/m <sup>3</sup> )	Wi Total (kN)	Bi o (kN)	Wi cos Bi (kN)	Wi sin Bi (kN)	tekanan air pori (u) (kN/m <sup>2</sup> )	Ui (kN)	Wi cos Bi - Ui (kN)	koheesi c (kN/m <sup>2</sup> )	gaya gesek dua lapis r = (b/cos θ)q (kN)	zona gempa e	Ne (ms)	Te (Ls)	N - Ne - U (l-o)	T + Te (m+u)	Φ (o)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n=c x yw	o=e x n	p=l-o	q	r = (b/cos θ)q	s	t	u	v	v	o
1	4.36	4.36	0.00	4.04	17.6	0.00	15.29	0.00	269.10	57.2	145.78	226.20	0.00	0.00	145.78	23.49	175.19	0.016	3.62	2.33	142.16	228.53	18.91
2	9.75	9.75	0.00	4.04	39.37	0.00	15.29	0.00	601.97	43.9	433.75	417.41	0.00	0.00	433.75	23.49	131.70	0.016	6.68	6.94	427.07	424.35	18.91
3	12.23	12.23	0.00	4.04	49.39	0.00	15.29	0.00	755.17	33.4	630.45	415.71	0.00	0.00	630.45	23.49	113.67	0.016	6.65	10.09	623.80	425.80	18.91
4	11.63	11.63	0.00	4.04	47	0.00	15.29	0.00	718.63	22.6	663.45	276.17	0.00	0.00	663.45	23.49	102.79	0.016	4.42	10.62	659.03	286.78	18.91
5	9.51	9.51	0.00	4.04	38.42	0.00	15.29	0.00	587.44	16.2	564.12	163.89	0.00	0.00	564.12	23.49	98.82	0.016	2.62	9.03	561.49	172.92	18.91
6	8.63	8.63	0.00	4.04	34.85	0.00	15.29	0.00	532.86	9.5	525.55	87.95	0.00	0.00	525.55	23.49	96.22	0.016	1.41	8.41	524.14	96.36	18.91
7	5.40	5.40	0.00	4.04	21.8	0.00	15.29	0.00	333.32	-7.3	330.62	-42.35	0.00	0.00	330.62	23.49	95.68	0.016	-0.68	5.29	331.30	-37.06	18.91
8	3.61	0.02	3.59	4.04	14.6	14.52	15.29	7.040	103.44	-15.5	99.68	-27.64	35.94	268.04	-168.36	35.36	148.25	0.016	-0.44	1.59	-167.92	-26.05	24.43
9	2.64	0.00	2.64	4.04	10.68	10.68	0.00	7.040	75.19	-19.7	70.79	-25.35	26.44	197.15	-126.37	35.36	151.74	0.016	-0.41	1.13	-125.96	-24.21	24.43
10	1.04	0.00	1.04	4.04	4.19	4.19	0.00	7.040	29.50	-28.3	25.97	-13.98	10.37	77.35	-51.38	35.36	162.25	0.016	-0.22	0.42	-51.15	-13.57	24.43
												1477.99			2947.61		1276.30				2923.96	1533.83	

Sumber : Perhitungan



# Analisa Stabilitas

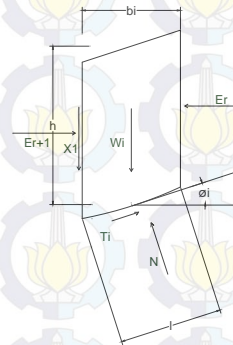


$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e) \operatorname{tg} \phi}{T + T_e}$$

$$F_s = \frac{1423,2 \text{ kN} + 1549,8 \tan 18,91^\circ - 721 \tan 24,43^\circ}{1348,3 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,24 < 1,5 \dots \text{tidak OK}$$

0 1m 2m 3m



$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e) \operatorname{tg} \phi}{T + T_e}$$

$$F_s = \frac{1276,3 \text{ kN} + 3269 \tan 18,91^\circ + 1071,9 \tan 24,43^\circ}{1533,8 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,46 < 1,5 \dots \text{tidak OK}$$

Dengan jari jari kelongsoran yang sama, maka dengan adanya cutoff trench mampu meningkatkan  $F_s$  bendungan

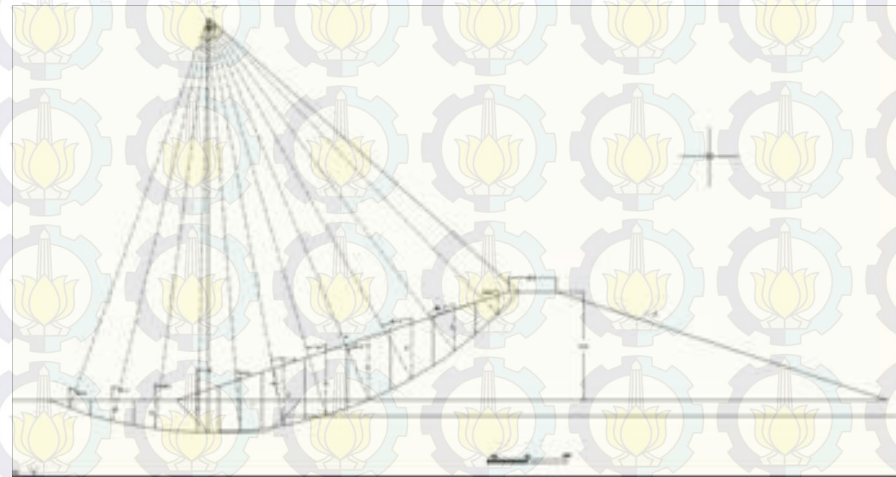


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- saat tumpuan kosong

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 3116,7 \text{ kN}}{1522,5 \text{ kN}}$$

$$F_s = 2,05 > 1,5 \dots \text{OK}$$



No	tinggi h m	tinggi jumlah c	bi lebar (m) d	Luas Ai m <sup>2</sup> e	Luas jumlah (m <sup>2</sup> ) f	yi kN/m <sup>3</sup> g	yi' kN/m <sup>3</sup> h	Wi Total kN i	θi o j	Wi cos θi kN k	Wi sin θi kN l	tekanan air pori (u) m <sup>2</sup> x γw m	φ' o n	Ui m x (bi/cos θi) o-d x n	Wi cos θi - U N - Ui p=K-o	kohesi c' q	gaya gesek dua lapis r = (b/cos θ) x q	zona gempa e s	Ne ls t	Te ks u	N - Ne - U p - u y	T + Te lu w
1	2.24	0.00	5.34	11.95	0	18.12	0	216.53	46.9	147.95	158.10	0.00	18.9	0.00	147.95	23.49	183.58	0.016	2.53	2.37	145.58	160.47
2	5.11	0.00	5.34	27.3	0.00	18.12	0.00	494.68	38.7	386.06	309.29	0.00	18.9	0.00	386.06	23.49	160.73	0.016	4.95	6.18	379.88	315.47
3	6.81	0.00	5.34	36.34	0.00	18.12	0.00	658.48	31.2	563.24	341.11	0.00	18.9	0.00	563.24	23.49	146.65	0.016	5.46	9.01	554.23	350.12
4	7.73	0.00	5.34	41.3	0.00	18.12	0.00	748.36	24.2	682.59	306.77	0.00	18.9	0.00	682.59	23.49	137.52	0.016	4.91	10.92	671.67	317.69
5	8.03	0.00	5.34	42.9	0.00	18.12	0.00	777.35	17.9	739.72	238.92	0.00	18.9	0.00	739.72	23.49	131.82	0.016	3.82	11.84	727.88	250.76
6	7.42	0.00	5.34	39.61	0.00	18.12	0.00	717.73	11.5	703.32	143.09	0.00	18.9	0.00	703.32	23.49	128.01	0.016	2.29	11.25	692.07	154.35
7	6.41	0.00	5.34	34.25	0.00	18.12	0.00	620.61	5.5	617.75	59.48	0.00	18.9	0.00	617.75	23.49	126.02	0.016	0.95	9.88	607.87	69.37
8	4.74	0.00	5.34	25.3	0.00	18.12	0.00	458.44	-6.4	455.58	-51.10	0.00	18.9	0.00	455.58	23.49	126.22	0.016	-0.82	7.29	448.29	-43.81
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.040	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.4	189.03	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.040	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.4	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.040	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.4	54.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
											1449.698				4168.865		1728.21				4096.03	1522.53

Sumber : Perhitungan

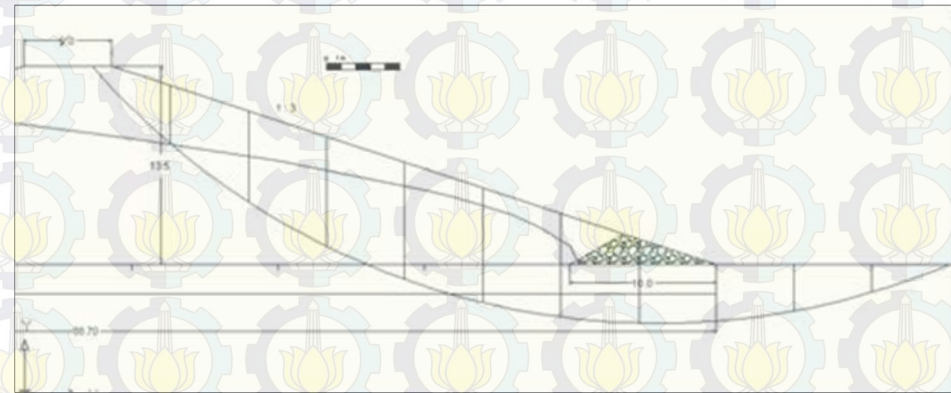


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- saat tampungan penuh (*fullbank*)

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 915,5 \text{ kN}}{1142,9 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,77 > 1,5 \dots \text{OK}$$



No	tinggi lu m	tinggi jemb c	bi lebar (m) d	Luas Ai m2 e	Luas anjh (m2) f	yi kN/m3 g	yi' kN/m3 h	Wi Total kN i	θi o	Wi cos θi kN k	Wi sin θi kN l	tekanan air pori (ui) m <sup>2</sup> x yw m	Φ n	Ui ix (bi/cos θi) o = d x n	Wi cos θi - U N - Ui p = K - o	kohesi c' q	gaya gesek dua lapis r = (b/cos θ) p q	zona gempa e s	Ne ls t	Te ks u	N - Ne - U p - u v	T + Te lw w
1	2.24	0.00	5.34	11.95	0	18.12	10.93	216.534	46.9	147.95	158.10	0.00	18.91	0.00	147.95	23.49	183.38	0.016	2.53	2.37	145.58	180.47
2	3.50	1.52	5.34	18.69	8.1	18.12	10.93	427.196	38.7	333.40	267.10	15.17	18.91	103.79	229.61	23.49	160.73	0.016	4.27	5.33	224.27	272.44
3	2.66	4.12	5.34	14.2	22	18.12	10.93	497.764	31.2	423.77	257.86	41.20	18.91	257.20	168.57	23.49	146.65	0.016	4.13	6.81	161.76	264.67
4	1.97	5.78	5.34	10.5	30.88	18.12	10.93	527.778	24.2	481.40	216.35	57.83	18.91	338.55	142.85	23.49	137.52	0.016	3.46	7.70	135.14	224.05
5	1.35	6.52	5.34	7.2	34.8	18.12	10.93	510.828	17.9	486.10	157.01	65.17	18.91	365.70	120.40	23.49	131.82	0.016	2.51	7.78	112.62	164.78
6	1.33	5.01	5.34	7.1	26.75	18.12	10.93	421.03	11.5	412.58	83.94	50.09	18.91	272.98	139.60	23.49	128.01	0.016	1.34	6.60	133.00	90.54
7	1.27	2.27	5.34	6.77	12.12	18.12	10.93	255.144	5.5	253.97	24.45	22.70	18.91	121.76	132.21	23.49	126.02	0.016	0.39	4.06	128.15	28.52
8	0.00	1.92	5.34	0	10.26	0	10.93	112.142	-6.4	111.44	-12.50	19.21	18.91	103.24	8.20	23.49	126.22	0.016	-0.20	1.78	6.42	-10.72
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.04	131.648	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.43	189.08	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.2512	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.04	35.904	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	34.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
											1096.334				962.024		1728.21				915.49	1142.87

Sumber : Perhitungan



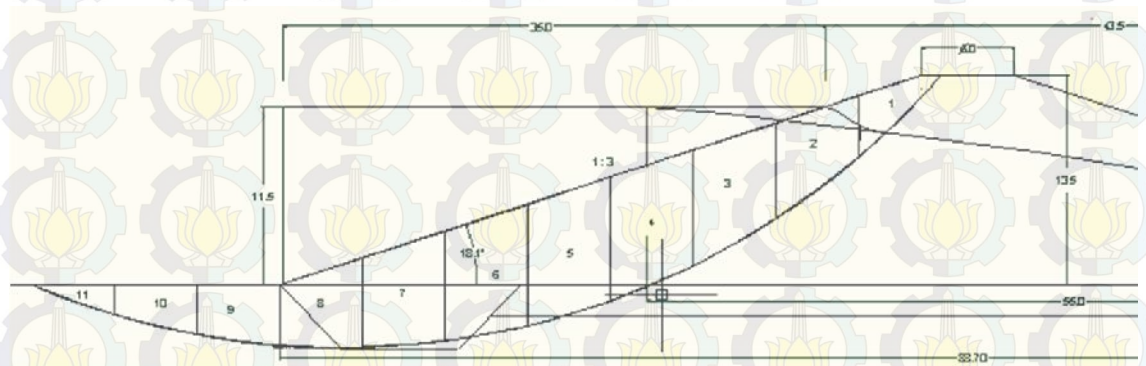


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- Saat Rapid Drawdown ( H = Hmax)

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} - 212,7 \text{ kN}}{945,6 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,74 > 1,5 \dots \text{OK}$$



No	tinggi	tinggi	h	Luas A1	Luas	$\gamma$	$\gamma'$	W Total	h	W north	W south	tekanan	$\sigma$	U	W north-U	tekanan	gaya gesek	zona	$\beta$	T <sub>u</sub>	S <sub>16-U</sub>	T+Te
ur	m	jelek	(m)	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN	m	kN	kN	ton/cm <sup>2</sup>	o	ton/cm <sup>2</sup>	kN	ton/cm <sup>2</sup>	ton/cm <sup>2</sup>	cm	o	cm	cm	cm
1	1.93	0.31	5.34	10.3	1.63	18.12	10.93	204.45	46.9	139.70	149.26	3.05	18.91	23.66	115.94	23.49	183.58	0.016	2.39	2.24	113.61	150.52
2	0.37	4.75	5.34	1.95	25.37	18.12	10.93	312.63	38.7	243.98	195.47	47.51	18.91	325.08	-81.09	23.49	160.73	0.016	3.13	3.90	-85.00	199.37
3	0.00	6.85	5.34	0	36.56	18.12	10.93	399.60	31.2	341.80	207.00	68.46	18.91	427.42	-85.82	23.49	146.65	0.016	3.31	5.47	-91.08	212.47
4	0.00	7.73	5.34	0	41.27	18.12	10.93	451.08	24.2	411.44	184.91	77.28	18.91	432.46	-41.02	23.49	137.52	0.016	2.96	6.58	-47.61	191.89
5	0.00	7.85	5.34	0	41.8	18.12	10.93	456.87	17.9	434.76	140.42	78.28	18.91	439.26	-4.50	23.49	131.82	0.016	2.25	6.96	-11.46	147.38
6	0.00	6.34	5.34	0	33.87	18.12	10.93	370.20	11.5	362.77	73.81	63.43	18.91	345.64	17.13	23.49	128.01	0.016	1.58	5.80	11.32	79.61
7	0.00	5.23	5.34	0	27.95	18.12	10.93	305.49	5.5	304.09	29.28	52.34	18.91	280.79	23.29	23.49	126.02	0.016	0.47	4.87	18.43	34.15
8	0.00	3.31	5.34	0	17.7	18.12	10.93	193.46	-4.4	192.26	-21.56	33.15	18.91	178.11	14.15	23.49	126.22	0.016	-0.35	3.08	11.07	-18.49
9	0.00	3.30	5.34	0	18.7	0	7.04	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.43	139.03	-38.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	3.1	0	7.04	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	34.45	-20.82	35.36	203.39	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
											902.632				-169.181		1728.21				-212.171	945.62

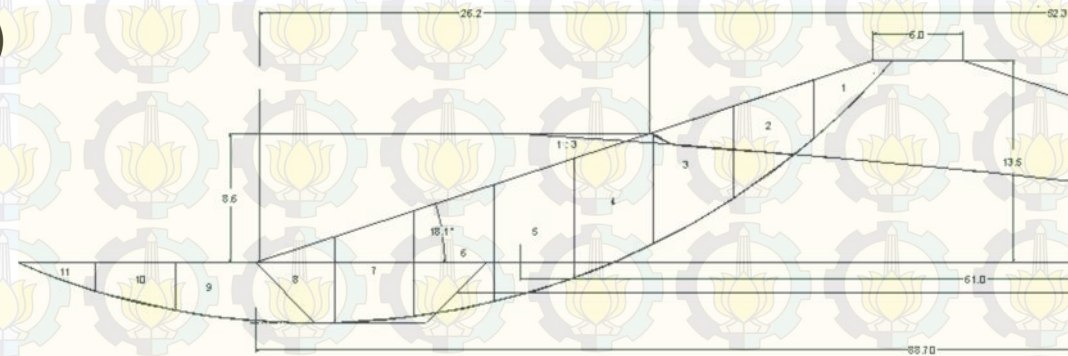


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- Saat Rapid Drawdown (  $H = \frac{3}{4} H_{max}$  )

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 128,2 \text{ kN}}{930,4 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,9 > 1,5 \dots \text{OK}$$



No	tinggi	tinggi	h	Luas A <sub>i</sub>	Luas	$\gamma$	$\gamma'$	W <sub>i</sub> Total	$W_i$	W <sub>cos \theta</sub>	W <sub>sin \theta</sub>	tekanan	$\sigma'$	$U_z$	W <sub>cos \theta - U</sub>	kelemb	gaya gesek	gaya gesek	$N_e$	$T_e$	N-H-U	T+T <sub>e</sub>
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
1	2.23	0.00	5.34	11.93	0	18.12	10.93	216.17	46.9	147.70	157.84	0.00	18.91	0.00	147.70	23.49	183.58	0.016	2.53	2.36	145.34	160.20
2	0.37	4.75	5.34	1.95	25.37	18.12	10.93	312.63	38.7	243.98	195.47	47.51	18.91	325.08	-81.09	23.49	160.73	0.016	3.13	3.90	-85.00	199.37
3	1.23	3.86	5.34	6.59	20.6	18.12	10.93	344.57	31.2	294.73	179.50	38.58	18.91	340.83	53.90	23.49	146.65	0.016	2.86	4.72	49.18	183.21
4	1.71	5.09	5.34	9.14	27.17	18.12	10.93	462.58	34.2	421.93	189.62	50.88	18.91	297.88	124.06	23.49	137.52	0.016	3.03	6.75	117.30	196.38
5	0.04	7.29	5.34	0.2	41.6	18.12	10.93	458.31	17.9	456.13	140.87	77.90	18.91	437.16	-1.03	23.49	131.82	0.016	2.25	6.98	-8.01	147.84
6	0.00	6.34	5.34	0	33.87	18.12	10.93	370.20	11.5	362.77	73.81	63.43	18.91	345.64	17.13	23.49	128.01	0.016	1.18	5.80	11.32	79.61
7	0.00	5.23	5.34	0	27.95	18.12	10.93	305.49	5.5	304.09	29.28	52.34	18.91	280.79	23.29	23.49	126.02	0.016	0.47	4.87	18.43	34.15
8	0.00	3.31	5.34	0	17.7	18.12	10.93	193.46	-6.4	192.26	-21.56	33.15	18.91	178.11	74.15	23.49	126.22	0.016	-0.35	3.08	11.07	-18.49
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.04	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.43	189.03	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.04	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	54.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.56	-12.04
											887.839				170.745		1728.21				128.19	930.39

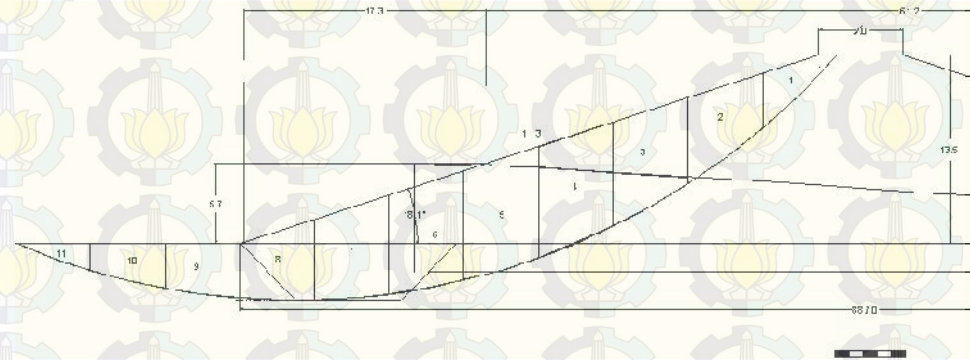


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- Saat Rapid Drawdown ( H = 1/2 Hmax)

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 983,3 \text{ kN}}{1383,6 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,5 = 1,5 \dots OK$$



No	tinggi	tinggi	h	Luas	Luas	$\gamma$	$\gamma'$	W Total	$h$	W total	W total	tekanan	$\sigma$	$U$	W total	tekanan	pergerakan	$N$	$T$	$U$	$T$	
x	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
1	5.32	0.00	5.34	28.42	0	18.12	0	514.97	46.9	351.87	376.01	0.00	18.91	0.00	351.87	23.49	183.58	0.016	6.02	5.63	346.24	381.64
2	5.12	0.03	5.34	27.32	0.15	18.12	10.93	496.68	38.7	387.62	310.54	0.28	18.91	1.92	385.70	23.49	160.73	0.016	4.97	6.20	379.50	316.75
3	2.21	4.63	5.34	11.82	24.75	18.12	10.93	484.70	31.2	414.59	251.09	46.35	18.91	289.35	125.24	23.49	146.65	0.016	4.02	6.63	118.61	257.72
4	2.52	5.09	5.34	13.46	27.17	18.12	10.93	540.86	24.2	493.33	221.71	50.88	18.91	297.88	195.45	23.49	137.52	0.016	3.55	7.89	187.56	229.61
5	0.58	7.25	5.34	3.1	38.7	18.12	10.93	479.16	17.9	455.97	147.27	72.47	18.91	406.69	49.28	23.49	131.82	0.016	2.36	7.30	41.99	154.57
6	0.00	6.34	5.34	0	33.87	0	10.93	370.20	11.5	362.77	73.81	63.43	18.91	345.64	17.13	23.49	128.01	0.016	1.38	5.80	11.32	79.61
7	0.00	5.23	5.34	0	27.95	0	10.93	305.49	5.5	304.09	29.28	52.34	18.91	280.79	23.29	23.49	126.02	0.016	0.47	4.87	19.43	34.15
8	0.00	3.31	5.34	0	17.7	0	10.93	193.46	-6.4	192.26	-21.56	33.15	18.91	178.11	14.15	23.49	126.22	0.016	-0.35	3.08	11.07	-18.49
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.04	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.43	189.03	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.04	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	54.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
																1034.758	1728.2			983.26	1383.67	

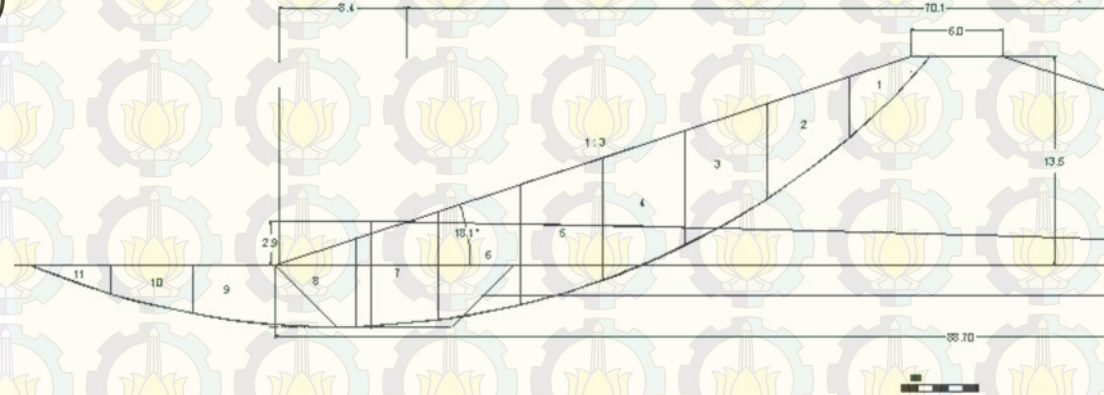


# Perhitungan angka keamanan R = 51,6 m Lereng 1 : 3

- Saat Rapid Drawdown ( H = ¼ Hmax)

$$F_s = \frac{1937,5 \text{ kN} + 1728,2 \text{ kN}}{1389 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,7 > 1,5 \dots \text{OK}$$



No	tinggi	tinggi	h	Luar Ai	Luar	γ	γ'	W Total	ft	W total	W total	lokasi	φ	U <sub>1</sub>	W total-U	lokasi	pergerakan	zona	W <sub>e</sub>	T <sub>e</sub>	W <sub>1</sub> -U <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> -U <sub>1</sub>
u	m	y	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN	o	kN	kN	m	o	o	kN	o	m	m	t	o	m	m
1	1.93	0.00	5.34	10.3	0	18.12	0	186.64	46.9	127.52	136.27	0.00	18.91	0.00	127.52	23.49	183.58	0.006	2.18	2.04	125.48	128.31
2	6.12	0.00	5.34	32.66	0	18.12	0	591.80	38.7	461.86	370.02	0.00	18.91	0.00	461.86	23.49	160.73	0.006	5.92	7.39	454.47	377.41
3	6.60	0.24	5.34	35.27	1.30	18.12	10.93	633.30	31.2	538.81	338.43	2.43	18.91	15.30	543.61	23.49	146.65	0.006	5.41	8.94	534.67	347.37
4	5.32	2.42	5.34	28.41	12.9	18.12	10.93	655.79	24.2	598.16	268.82	24.18	18.91	141.43	456.73	23.49	137.52	0.006	4.30	9.57	447.16	278.39
5	3.46	4.36	5.34	18.5	23.3	18.12	10.93	589.89	17.9	561.34	181.31	43.63	18.91	244.85	316.48	23.49	131.82	0.006	2.90	8.98	307.50	190.29
6	1.61	4.73	5.34	8.6	25.27	18.12	10.93	432.03	11.5	423.36	88.13	47.32	18.91	257.88	165.48	23.49	128.01	0.006	1.38	6.77	158.71	92.91
7	0.13	5.11	5.34	0.67	27.28	18.12	10.93	310.31	5.5	308.88	29.74	51.09	18.91	274.06	34.82	23.49	126.02	0.006	0.48	4.94	29.88	34.68
8	0.00	3.31	5.34	0	17.7	0	10.93	193.46	-6.4	192.26	-21.56	33.15	18.91	178.11	14.15	23.49	126.22	0.006	-0.35	3.08	11.07	-18.49
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.04	131.65	-8.4	130.24	-19.23	33.02	24.43	189.03	-58.79	33.36	190.87	0.006	-0.31	2.08	-60.88	-171.15
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	33.36	195.21	0.006	-0.39	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.04	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	34.45	-20.82	33.36	201.59	0.006	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
											1333.183				1993.298		1728.21				1937.49	1388.99



## Perhitungan angka keamanan $R = 51,6$ m Lereng 1 : 3

- Angka keamanan (  $F_s$  ) dengan perhitungan manual dapat di rekapitulasi pada tabel berikut :

Stabilitas saat bendungan	$F_s$
1. Kosong	2.05
2. Penuh	1.77
3. Turun Tiba -tiba	
3/4 $H_{max}$	1.9
1/2 $H_{max}$	1.5
1/4 $H_{max}$	1.7

- Maka angka keamanan pada bendungan Marangkayu sebesar 1,5 ( dipilih  $F_s$  terkecil )



# Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Lamanya penurunan lapisan tanah **tanpa PVD** sebesar :

*single drainage*  $h_{dr} = 10 \text{ m}$ ,  $T_{90\%} = 0.848$

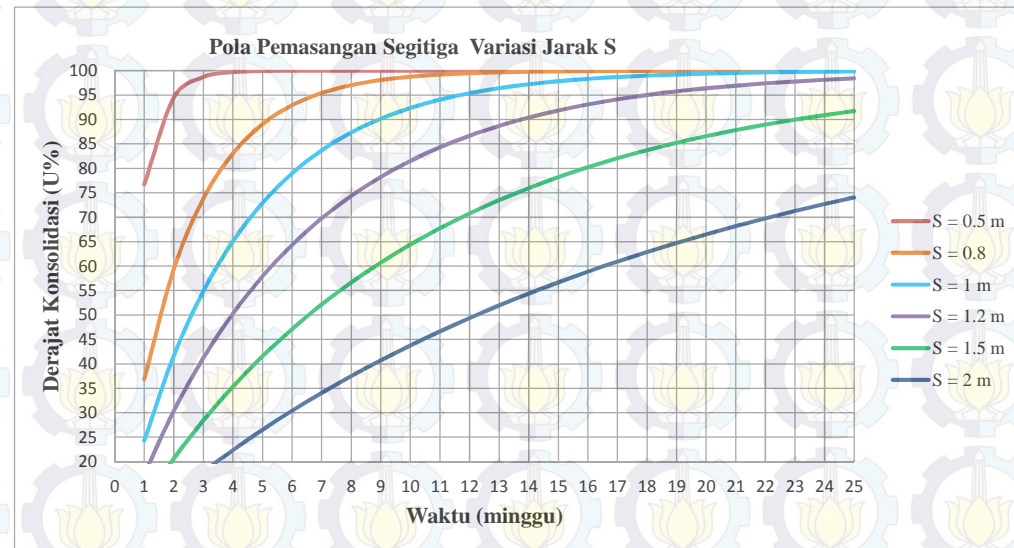
$C_v = 0,00123 \text{ cm}^2/\text{sec}$  ( Tabel 5.1 Uji Laboratorium Tanah )

$$t = \frac{T_{90\%} \times h^2}{C_v}$$

$$t = \frac{0,848 \times (1000 \text{ cm})^2}{0,00123 \times 3600 \times 24 \times 365}$$

$$t = 21,8 \text{ tahun}$$

- Maka diperlukan PVD untuk mempercepat konsolidasi (gambar)
- Dari gambar grafik dipakai jarak antar PVD = 1 m dengan konsolidasi U90% terjadi selama 9 minggu



Gambar Grafik pola pemasangan segitiga dengan Variasi jarak (s)

# Perhitungan Rekapitulasi Biaya



No	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan Rp.	Jumlah Rp
1	Pekerjaan Persiapan				
	Mobilisasi	Ls	1.00	33.500.000	33.500.000
	Land Clearing	m2	63877.20	5.090	325.134.948
2	Pekerjaan Tanah				
	Galian Pondasi	m3	98108.60	52.716	5.171.892.958
	Galian Cut Off	m3	29900.00	82.521	2.467.377.900
	Timbunan				
	Timbunan Pilihan dg alat	m3	551868.63	101.192	55.844.690.321
	Pasir koral Filter	m3	23790.00	334.334	7.953.805.860
3	Pasangan Batu toe drain	m3	6825.00	330.519	2.255.792.175
4	Pemasangan PVD	m'	422690.00	6.682	2.824.414.580
<b>Total Biaya Tubuh Bendungan</b>					<b>76.876.608.742</b>

- Jadi biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan tubuh bendungan, perbaikan pondasi dengan *cutoff trench* dan pemasangan PVD sebesar Rp 76.876.608.742,-



Sekian Dan Terima Kasih