
BAB VII

PENELUSURAN BANJIR (*FLOOD ROUTING*)

7.1. Penelusuran Banjir Melalui Saluran Pengelak

Penelusuran banjir melalui pengelak bertujuan untuk mendapatkan elevasi bendung pengelak (*cofferdam*). Pada penelusuran banjir ini digunakan hidrograf debit banjir rencana 5 tahunan. Saluran pengelak yang digunakan berupa *box culvert* dengan lebar dan tinggi lubang 2m x 2m sebanyak dua buah. Perhitungan penelusuran banjir melalui pengelak sama dengan penelusuran banjir melalui pelimpah. Yang berbeda dari kedua perhitungan tersebut adalah saluran pengeluaran berupa terowongan pengelak.

Berdasarkan elevasi muka air di hulu dan hilir terowongan maka aliran pada saluran pengelak dibedakan menjadi dua, yaitu aliran bebas dan aliran tenggelam.

– Aliran bebas :

$$\frac{H}{D} < 1,2 \dots\dots\dots (7.1)$$

Pada aliran bebas debit air yang melalui terowongan diperhitungkan sama dengan aliran pada saluran terbuka.

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{0,5} A \dots\dots\dots (7.2)$$

Dimana :

Q = debit melalui saluran (m³/dt)

n = angka kekasaran *manning*, untuk saluran beton 0,011

R = Jari-jari basah (m)

S = kemiringan saluran

A = luas penampang basah (m²)

Laporan Tugas Akhir

- Aliran tenggelam

$$\frac{H}{D} > 1,2 \dots\dots\dots (7.3)$$

$$Q = \mu A \sqrt{2 g Z} \dots\dots\dots (7.4)$$

Dimana :

Q = debit melalui saluran (m³/dt)

μ = koefisien debit, pada terowongan pengelak, diambil 0,8

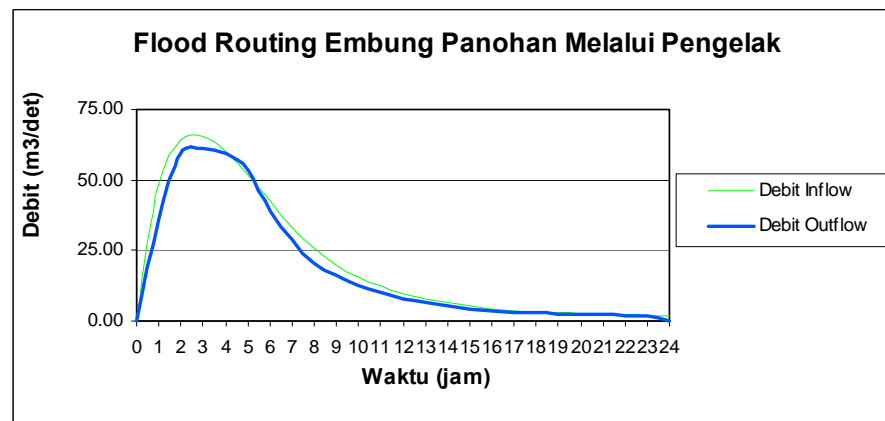
A = luas penampang terowongan (m²)

g = 9,81 m/dt²

Z = perbedaan elevasi muka air di hulu dan di hilir (m)

Elevasi muka air di hulu merupakan elevasi tumpungan *cofferdam*, sedangkan untuk elevasi hilir didapatkan dari analisis hidrolika penampang sungai dengan *software* HEC-RAS. Grafik hubungan antara debit dan elevasi muka air dapat dilihat pada Lampiran Gambar.

Perhitungan penelusuran banjir melalui pengelak dapat dilihat pada Tabel 7.1. Dari perhitungan penelusuran banjir dibuat grafik *flood routing* seperti pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1 Grafik Penelusuran Melalui Pengelak

Dari penelusuran banjir melalui saluran pengelak didapatkan elevasi puncak *cofferdam* sebesar +65,12 m.

Laporan Tugas Akhir

Tabel 7.1 Perhitungan Penelusuran Banjir (*Flood Routing*) Melalui Pengelak

jam	t	Q-Inflow	Q-rerata	Qrerata't	Asumsi Elevasi	Q-Outflow	Q-Outrerata	Q-Outrerata't	Storage Normal	ΔQ	Storage Kumulatif	Elevasi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0		1,55			59,1	0			345,7		345,7	59,1
	3.600		24,955	89.838,00			17,87	64.332,00		25506		
1		48,36			61,99	35,74					25.851,70	61,99
	3.600		56,405	203.058,00			44,03	158.508,00		44550		
2		64,45			63,92	52,32					70.401,70	63,92
	3.600		64,99	233.964,00			55,975	201.510,00		32454		
3		65,53			64,75	59,63					102.855,70	64,75
	3.600		62,8	226.080,00			60,535	217.926,00		8154		
4		60,07			65,12	61,44					111.009,70	65,12
	3.600		55,92	201.312,00			60,29	217.044,00		-15732		
5		51,77			64,58	59,14					95.277,70	64,58
	3.600		47,125	169.650,00			56,28	202.608,00		-32958		
6		42,48			63,95	53,42					62.319,70	63,95
	3.600		37,825	136.170,00			46,285	166.626,00		-30456		
7		33,17			62,36	39,15					31.863,70	62,36
	3.600		29,44	105.984,00			33,955	122.238,00		-16254		
8		25,71			61,23	28,76					15.609,70	61,23
	3.600		22,86	82.296,00			24,48	88.128,00		-5832		
9		20,01			60,78	20,2					9.777,70	60,78
	3.600		17,835	64.206,00			18,33	65.988,00		-1782		
10		15,66			60,47	16,46					7.995,70	60,47
	3.600		13,995	50.382,00			14,67	52.812,00		-2430		
11		12,33			60,25	12,88					5.565,70	60,25
	3.600		11,06	39.816,00			11,485	41.346,00		-1530		
12		9,79			60,07	10,09					4.035,70	60,07
	3.600		8,815	31.734,00			9,06	32.616,00		-882		
13		7,84			59,93	8,03					3.153,70	59,93
	3.600		7,1	25.560,00			7,17	25.812,00		-252		
14		6,36			59,81	6,31					2.901,70	59,81
	3.600		5,79	20.844,00			5,855	21.078,00		-234		
15		5,22			59,74	5,4					2.667,70	59,74
	3.600		4,79	17.244,00			4,93	17.748,00		-504		
16		4,36			59,66	4,46					2.163,70	73,58
	3.600		4,03	14.508,00			4,08	14.688,00		-180		
17		3,7			59,59	3,7					1.983,70	59,59
	3.600		3,445	12.402,00			3,475	12.510,00		-108		
18		3,19			59,55	3,25					1.875,70	59,55
	3.600		2,995	10.782,00			3,005	10.818,00		-36		
19		2,8			59,51	2,76					1.839,70	59,51
	3.600		2,655	9.558,00			2,68	9.648,00		-90		
20		2,51			59,49	2,6					1.749,70	59,49
	3.600		2,395	8.622,00			2,475	8.910,00		-288		
21		2,28			59,47	2,35					1.461,70	59,47
	3.600		2,195	7.902,00			2,255	8.118,00		-216		
22		2,11			59,45	2,16					1.245,70	59,45
	3.600		2,045	7.362,00			2,125	7.650,00		-288		
23		1,98			59,44	2,09					957,7	59,44
	3.600		1,93	6.948,00			2,085	7.506,00		-558		
24		1,88			59,43	2,08					399,7	59,43

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

7.2. Elevasi Mercu Pelimpah (*spillway*)

Sebelum menghitung penelusuran banjir, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan elevasi puncak mercu *spillway*. Elevasi tersebut adalah elevasi muka air volume tampungan normal embung.

Volume Tampungan Normal : V hidup + V mati + V kehilangan air

Dimana :

V hidup = volume tampungan embung untuk memenuhi kebutuhan air

V mati = volume sedimen embung

V kehilangan air = volume air yang hilang pada embung akibat rembesan dan evaporasi (penguapan)

Parameter-parameter diatas sudah dihitung pada bab-bab sebelumnya.

Volume Tampungan Normal : $627.112,7 + 7.374,24 + (11.776,78 + 94.066,9)$
: $740.270,62 \text{ m}^3$

Dari grafik hubungan antara elevasi dan volume tampungan pada Gambar 4.7, diperoleh bahwa muka air genangan pada volume tampungan $740.270,62 \text{ m}^3$, dengan elevasi 72,18 m.

7.3. Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah

Untuk mendapatkan muka air banjir pada tubuh embung perlu dilakukan penelusuran banjir untuk menentukan debit *out flow* untuk mendesain *spillway* dan tampungan banjir dalam waduk (Soemarto, 1999).

Data – data yang diperlukan pada penelusuran banjir lewat waduk adalah:

- Hubungan volume tampungan dengan elevasi waduk.
- Hubungan debit keluar dengan elevasi muka air di waduk serta hubungan debit keluar dengan tampungan.
- Hidrograf *inflow*, I.
- Nilai awal dari tampungan S, *inflow* I, debit keluar pada $t = 0$.

Digunakan pelimpah (*spillway*) Tipe *Ogee* dengan elevasi dan volume sebagai berikut:

$$Q = Cd \times B \times H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(7.5)$$

$$Cd = 2,2$$

$$B = 20 \text{ m}$$

Laporan Tugas Akhir

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$Q = 44,004 \times H^{3/2}$$

Puncak optimal embung diperoleh pada saat debit *inflow* sama dengan debit *outflow* yang dihitung dengan perhitungan penelusuran banjir (*flood routing*). Perhitungan *flood routing* dilakukan dengan menggunakan Tabel 7.1 Cara pengisian Tabel tersebut adalah sebagai berikut (Kodoatie, 2000) :

Kolom 1	= Jam
Kolom 2	= t
Kolom 3	= <i>Q inflow</i>
Kolom 4	= <i>Q inflow</i> rata - rata
Kolom 5	= Kolom 4 * t
Kolom 6	= Asumsi elevasi
Kolom 7	= <i>Q outflow</i>
Kolom 8	= <i>Q outflow</i> rata - rata
Kolom 9	= Kolom 8 * t
Kolom 10	= <i>Storage</i> normal
Kolom 11	= <i>Storage</i> banjir (kolom 5 – kolom 9)
Kolom 12	= <i>Storage</i> kumulatif
Kolom 13	= Elevasi muka air berdasarkan storage kumulatif

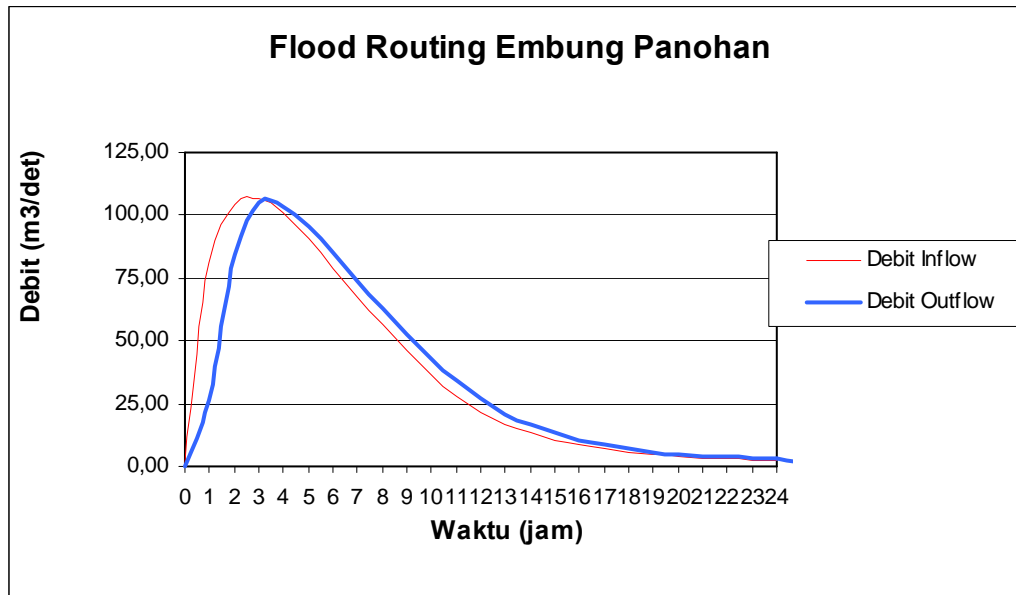
Laporan Tugas Akhir

Tabel 7.2 Perhitungan Penelusuran Banjir (*Flood Routing*) Melalui Pelimpah

jam	t	Q-Inflow	Q-rerata	Qrerata*t	Asumsi Elevasi	Q-Outflow	Q-Outrerata	Q-Outrerata*t	Storage Normal	Δ Q	Storage Kumulatif	Elevasi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0		1,55			72,18	0			740.270,62		740.270,62	72,18
	3.600		41,437	149.173,27			13,175	47.430,00		101.743,27		
1		81,32			72,89	26,35					842.013,89	72,89
	3.600		92,7	333.721,17			55,26	198.936,00		134.785,17		
2		104,08			73,72	84,17					976.799,06	73,72
	3.600		105,462	379.662,58			94,825	341.370,00		38.292,58		
3		106,85			73,97	105,48					1.015.091,64	73,97
	3.600		103,785	373.625,54			104,6	376.560,00		-2.934,46		
4		100,72			73,95	103,72					1.012.157,18	73,95
	3.600		95,697	344.508,60			99,815	359.334,00		-14.825,40		
5		90,67			73,86	95,91					997.331,78	73,86
	3.600		84,915	305.693,43			90,45	325.620,00		-19.926,57		
6		79,16			73,73	84,99					977.405,21	73,73
	3.600		73,307	263.904,30			79,365	285.714,00		-21.809,70		
7		67,45			73,59	73,74					955.595,51	73,59
	3.600		61,847	222.650,19			68,39	246.204,00		-23.553,81		
8		56,24			73,45	63,04					932.041,70	73,45
	3.600		51,031	183.711,15			57,625	207.450,00		-23.738,86		
9		45,82			73,3	52,21					908.302,84	73,3
	3.600		41,072	147.858,07			47,47	170.892,00		-23.033,93		
10		36,32			73,16	42,73					885.268,92	73,16
	3.600		32,22	115.991,95			38,32	137.952,00		-21.960,05		
11		28,12			73,02	33,91					863.308,87	73,02
	3.600		24,985	89.944,98			30,41	109.476,00		-19.531,02		
12		21,85			72,9	26,91					843.777,85	72,9
	3.600		19,456	70.042,67			23,69	85.284,00		-15.241,33		
13		17,06			72,78	20,47					828.536,52	72,78
	3.600		15,232	54.835,46			18,495	66.582,00		-11.746,54		
14		13,4			72,7	16,52					816.789,98	72,7
	3.600		12,004	43.215,75			14,91	53.676,00		-10.460,26		
15		10,61			72,63	13,3					806.329,73	72,63
	3.600		9,538	34.337,20			12,015	43.254,00		-8.916,80		
16		8,47			72,57	10,73					797.412,93	72,57
	3.600		7,654	27.553,17			9,73	35.028,00		-7.474,83		
17		6,84			72,52	8,73					789.938,10	72,52
	3.600		6,214	22.369,54			7,985	28.746,00		-6.376,46		
18		5,59			72,48	7,24					783.561,64	72,48
	3.600		5,114	18.408,77			6,54	23.544,00		-5.135,23		
19		4,64			72,44	5,84					778.426,41	72,44
	3.600		4,273	15.382,37			5,35	19.260,00		-3.877,63		
20		3,91			72,41	4,86					774.548,78	72,41
	3.600		3,631	13.069,92			4,55	16.380,00		-3.310,08		
21		3,35			72,39	4,24					771.238,70	72,39
	3.600		3,14	11.302,99			3,945	14.202,00		-2.899,01		
22		2,93			72,37	3,65					768.339,69	72,37
	3.600		2,765	9.952,90			3,37	12.132,00		-2.179,10		
23		2,6			72,35	3,09					766.160,59	73,49
	3.600		2,478	8.921,30			2,955	10.638,00		-1.716,70		
24		2,35			72,34	2,82					764.443,89	72,34

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir



Gambar 7.1 Grafik Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah

Penelusuran banjir lewat pelimpah erat kaitannya dengan penentuan tinggi puncak embung. Berdasarkan perhitungan *flood routing* di atas didapat storage maksimum yang terjadi akibat debit banjir rencana 100 tahunan adalah sebesar 1.015.091,64 m³ dengan elevasi maksimum 73,97.