



ANALISIS DAN DAMPAK KERUNTUHAN BENDUNGAN TIU KULIT**Oleh****Ranto Hernadi¹⁾, Heri Sulistiyono²⁾, Ery Setiawan³⁾****¹BWS Nusa Tenggara I, jl. Angsa No. 1 Mataram****^{2,3}Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram****Email: justranto@gmail.com****Abstrak**

Bendungan Tiu Kulit merupakan salah satu dari sembilan bendungan besar yang dikelola oleh BWS NT I dan terdapat di Pulau Sumbawa dengan volume tampungan bruto sebesar 11 juta m³ dengan tinggi 31.70 m dan panjang 419 m. Pada bagian hilir, bendungan dimanfaatkan sebagai lahan pertanian (1800 ha) dan air baku (1000 kk) serta terdapat permukiman 5000 kk (21.600 jiwa), jalan negara maupun fasilitas umum lainnya. Tingginya pemanfaatan di bagian hilir sebanding dengan tingginya dampak yang ditimbulkan jika Bendungan Tiu Kulit mengalami keruntuhan. Belum terdapat suatu kajian spesifik berupa Rencana Tindak Darurat di lokasi penelitian. Diperlukan suatu kajian penelitian terkait mitigasi bencana analisis dan dampak keruntuhan Bendungan Tiu Kulit untuk mengetahui dampak yang terjadi baik itu kerusakan alur sungai, karakteristik banjir, peta banjir, sebaran penduduk terdampak banjir, maupun estimasi kerugian secara ekonomi. Analisis pola keruntuhan bendungan menggunakan pemodelan hidrolik multi 2D prangkat lunak HEC-RAS 5.0.7 dan analisis dampak keruntuhan menggunakan analisis InaSAFE untuk bangunan pada perangkat lunak QGIS.

Kata kunci: Bendungan, Keruntuhan Bendungan, Mitigasi Bencana, HEC-RAS 5.0.7 Inasafe, QGIS

PENDAHULUAN

Keruntuhan bendungan dikategorikan sebagai bencana besar yang terjadi akibat kegagalan suatu fungsi bendungan untuk mengontrol dan mengendalikan pelepasan air yang ditampungnya ke daerah hilir. Kejadian semacam ini dapat menimbulkan dampak buruk terhadap masyarakat dan prasarana wilayah di bagian bawah. Keruntuhan Bendungan dapat terjadi sebagai hasil dari terjadinya gelombang tinggi dari suatu banjir besar yang bergerak sepanjang lembah di hilir bendungan dengan kecepatan tinggi yang berasal dari kegagalan konstruksi suatu bendungan. Dampak gelombang banjir yang melalui suatu wilayah yang telah berkembang, tentunya akan berakibat pada kerusakan-kerusakan prasarana maupun fasilitas penting seperti jalan, jembatan, rumah penduduk dan tentunya kehilangan jiwa yang tidak dapat dielakkan jika peringatan dini dan tindak tanggap darurat tidak

dipersiapkan dengan baik. Selain itu, banjir ekstrim seperti ini tidak sekedar membawa material air tetapi juga lumpur dan debris yang bercampur dengan bahan-bahan polutan yang menyebar keseluruh wilayah yang berasal dari wilayah resiko yang tersapu banjir.

Analisis keruntuhan bendungan dimaksudkan untuk mengetahui potensi bahaya dan akibat serta dampak yang ditimbulkan bila terjadi keruntuhan bendungan. Keruntuhan bendungan yang terjadi akan mengakibatkan perambatan gelombang banjir di daerah hilir dan bahaya yang ditimbulkannya dapat mengancam kehidupan manusia, harta benda serta hak milik, hilir Bendungan Tiu Kulit dimanfaatkan sebagai lahan pertanian (1800 ha), air baku (1000 kk), permukiman penduduk dan fasilitas umum lainnya.

Tingginya pemanfaatan di bagian hilir sebanding dengan tingginya dampak yang ditimbulkan jika Bendungan Tiu Kulit

mengalami keruntuhan. Belum terdapat suatu kajian spesifik berupa Rencana Tindak Darurat di lokasi penelitian. Diperlukan suatu kajian penelitian terkait mitigasi bencana analisis dan dampak keruntuhan Bendungan Tiu Kulit untuk mengetahui dampak yang terjadi baik itu kerusakan alur sungai, karakteristik banjir, peta banjir, sebaran penduduk terdampak banjir, maupun estimasi kerugian secara ekonomi..

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui besaran debit banjir Bendungan Tiu Kulit dengan berbagai kala ulang.
2. Mengetahui kapasitas pelimpah Bendungan Tiu Kulit apakah mengalami *overtopping* atau tidak.
3. Mengetahui karakteristik kedalaman banjir, kecepatan banjir dan waktu yang dibutuhkan debit banjir sampai ke daerah terdampak akibat keruntuhan Bendungan Tiu Kulit.
4. Mengetahui dampak kerugian material dari keruntuhan Bendungan Tiu Kulit

METODE PENELITIAN

Keruntuhan bendungan diawali dengan terjadinya rekahan (*breaching*). Rekahan adalah lubang yang terbentuk dalam tubuh bendungan pada saat akan runtuh. Pada dasarnya mekanisme keruntuhannya tidak begitu dipahami, baik untuk bendungan urugan tanah maupun bendungan beton. Untuk meramalkan banjir di daerah hilir akibat keruntuhan bendungan, biasanya dianggap bahwa bendungan runtuh secara total dan mendadak.

Para peneliti dari gelombang banjir akibat keruntuhan bendungan seperti Ritter (1892), Dressler (1954), Stoker (1957) dan Barnes (1969) menganggap bahwa rekahan tersebut meruntuhkan seluruh tubuh bendungan dan terjadi secara mendadak. Sedangkan peneliti lain seperti Schoklitich (1917) dan US Army Corps of Engineers (1960) mengakui perlunya anggapan rekahan Sebagian, dibandingkan rekahan total, namun mereka masih

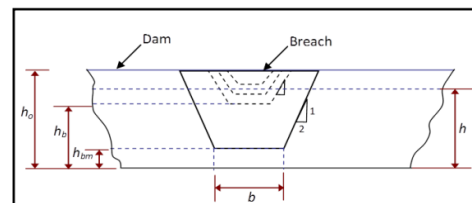
menganggap bahwa rekahan terjadi secara mendadak.

Asumsi rekahan total dan kejut ini digunakan dengan alasan untuk memudahkan apabila diterapkan Teknik matematika untuk menganalisis gelombang banjir dari keruntuhan bendungan. Asumsi-asumsi ini agak cocok bila dipakai untuk bendungan beton pelengkung (*concrete arch dam*), namun kurang cocok untuk bendungan urugan maupun *concrete gravity dam*.

a. Rekahan *Overtopping*

Rekahan ini disimulasikan berupa rekahan yang berbentuk segi empat, segitiga atau trapezium. Rekahan tersebut makin lama makin membesar dengan waktu secara progresif dari puncak bendungan ke bawah sampai mencapai pondasi. Dimana aliran yang melewati rekahan diperhitungkan sebagai aliran melewati ambang lebar (*broad crested weir*).

Bentuk dari terminal breach ditentukan oleh parameter kemiringan samping lereng rekahan (Z) dan parameter lebar terminal dasar rekahan (b). Kisaran nilai Z adalah 0 s.d. 2, dimana nilai ini bergantung dari lereng alam dari material yang dipadatkan dan dibasahi. Bentuk-bentuk segi Panjang, trapesium maupun segitiga ditentukan dengan menggunakan kombinasi nilai-nilai Z dan b .

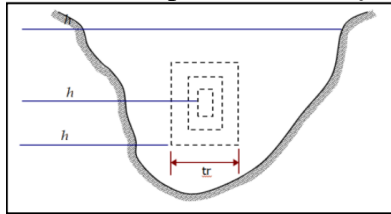


Gambar 1. Deformasi rekahan (*breaching*) akibat *overtopping* pada tubuh bendungan.

b. Rekahan *Piping*

Skenario keruntuhan bendungan karena *piping* yang menjadi penyebab keruntuhan bendungan disimulasikan dengan menentukan elevasi sumbu piping bendungan. *Breaching* ini disimulasikan sebagai rekahan lubang (*orifice*) berbentuk segi panjang. Aliran kejut (*instantaneous flow*) yang melewati rekahan tersebut dihitung dengan rumus *orifice* atau

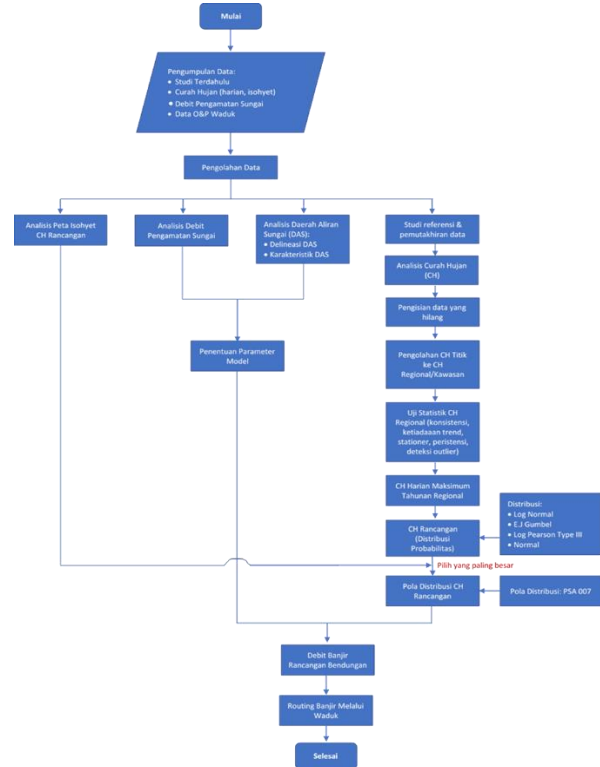
sebagai ambang lebar, tergantung pada posisi muka air waduk dan puncak dari *orifice*.



Gambar 2. Deformasi rekahan (*breaching*) akibat *piping* pada tubuh bendungan.

Dikarenakan tidak tersedianya debit pengamatan banjir, maka untuk analisis debit banjir digunakan pendekatan hidrograf satuan, yaitu hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan yang lebih merata di seluruh Daerah Tangkapan Air (DTA), dengan intensitas tetap dalam satuan waktu. Konsep dasar pada hidrograf satuan ialah bahwa hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan grafik distribusi yang hampir sama. Dalam hal ini analisis akan dilakukan dengan metode metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan Snyder. Kedua metode ini dipilih karena berdasarkan pengalaman memberikan hasil yang konservatif dalam penentuan banjir rancangan, selain itu metode-metode tersebut sesuai dengan karakteristik sungai-sungai di Indonesia dengan input data yang tidak terlalu kompleks, mengingat terbatasnya data karakteristik sungai di DTA Bendungan Tiu Kulit.

Analisis banjir rancangan dan penelusuran banjir melalui waduk seperti ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



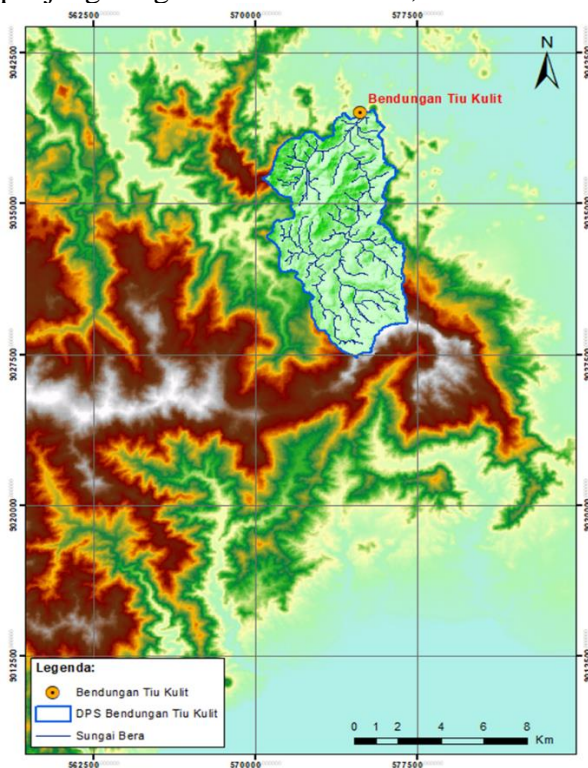
Gambar 3. Diagram Alir Perhitungan Banjir Rancangan dan Penelusuran Banjir melalui Waduk

Data masukan komponen Dampak Keruntuhan Bendungan ini mencakup data layer jumlah penduduk untuk masing-masing desa/population yang diolah berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik (BPS), data layer batas administrasi desa yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data layer peta bangunan/structures yang diperoleh dari *Open Street Map (OSM)* dan data tinggi genangan/banjir akibat keruntuhan bendungan yang diperoleh dari hasil analisis keruntuhan bendungan (*DBA-Dam Break Analysis*).

Untuk mengetahui luas area terdampak, jumlah bangunan terdampak serta jumlah penduduk terdampak, maka digunakan tools *Run InaSAFE Analysis*. Untuk kerugian material, hasil dari analisis tersebut dapat dikonversi ke dalam satuan rupiah.

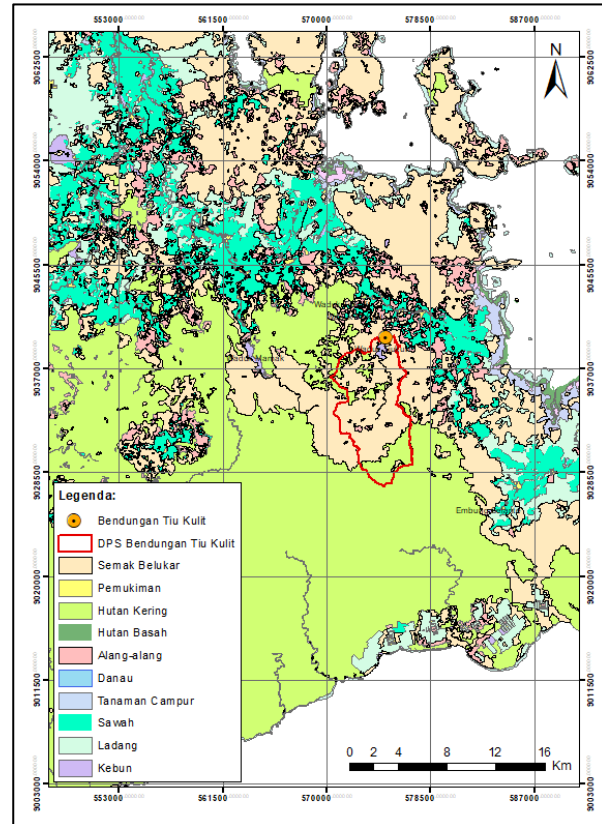
**HASIL DAN PEMBAHASAN
DPS (Daerah Pengaliran Sungai) dan
Tutupan Lahan**

Daerah Pengaliran Sungai yang selanjutnya disebut DPS dari Bendungan Tiu Kulit terletak di Sungai Tiu Kulit. Delineasi batas DPS (*watershed*) Bendungan Tiu Kulit dilakukan dengan menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM dengan resolusi 1 ArcSecond (± 30 m). Melalui analisa spasial dengan menggunakan software GIS, dapat diketahui bahwa luas DPS Bendungan Tiu Kulit adalah sebesar 52 Km² dengan panjang sungai utama adalah 16,90 Km.



Gambar 4. Peta DPS (Daerah Pengaliran Sungai) Bendungan Tiu Kulit.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Informasi Spasial (BIG) (sebelumnya disebut Bakosurtanal) diperoleh peta tutupan lahan (*landuse map*) dalam format shapefile. Setelah dioverlay dengan batas DPS, maka dapat diketahui bahwa komposisi tutupan lahan dalam batas DPS Bendungan Tiu Kulit didominasi oleh Semak Belukar, serta sedikit porsi Hutan Kering seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan DPS Bendungan Tiu Kulit.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi DPS Bendungan Tiu Kulit menggunakan data hujan dari Stasiun Plampang dan Stasiun Pungkit Atas yang merupakan stasiun hujan terdekat.

Tabel 1. Ketersediaan Data Curah Hujan Stasiun Plampang dan Stasiun Pungkit Atas

Stasiun	Periode Data	Koordinat		Keterangan
		X	Y	
Plampang	1993 - 2009	588030.71	9050383.99	- Data curah hujan harian. - Data hujan tidak lengkap di tahun 2004, 2008 dan 2009. - Data klimatologi bulanan periode 2012-2015. - Stasiun milik BISDA.
Pungkit Atas	1996 - 2018	564683.96	9052852.41	- Data curah hujan harian lengkap. - Stasiun milik BISDA.



Tabel 2. Curah Hujan Regional Tahunan dan Maksimum DPS Bendungan Tiu Kulit

Tahun	Curah Hujan Tahunan	Curah Hujan Maximum
1996	1,611	154.8
1997	1,545	154.8
1998	2,039	136.4
1999	2,294	135.5
2000	2,357	162.0
2001	1,741	126.0
2002	2,182	234.0
2003	2,258	200.0
2004	1,595	125.0
2005	1,652	150.0
2006	2,787	80.4
2007	1,317	60.0
2008	1,680	85.3
2009	1,689	179.5
2010	2,572	137.0
2011	1,407	96.7
2012	1,231	117.8
2013	2,420	98.0
2014	1,906	171.0
2015	1,013	62.9
2016	1,924	143.5
2017	1,640	115.6
2018	1,344	119.2

Curah Hujan Rancangan

Distribusi sebaran curah hujan menggunakan metode analisis frekuensi *Log Pearson Type III* dan *Metode Iwai-Kadoya*. Rekapitulasi perhitungan dan uji kesesuaian distribusi disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan dan Uji Kesesuaian Distribusi

No	T (tahun)	P (%)	CH Rancangan	
			Log Pearson Type III	Iwai - Kadoya
1	1	99	55	53
2	2	50	106	107
3	5	20	137	138
4	10	10	158	157
5	20	5	174	175
6	25	4	183	181
7	50	2	201	198
8	100	1	220	215
9	200	0.5	239	232
10	1000	0.1	283	280
Uji Chi-Square			5,35 Diterima	7,26 Ditolak
Uji Smirnov			13,09 Diterima	14,25 Diterima

PMP (Probable Maximum Precipitation)

Probable Maximum Precipitation (PMP) atau istilah lain Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi (CMB) adalah curah hujan terbesar dengan durasi tertentu yang secara fisik dimungkinkan terjadi pada Daerah Pengaliran Sungai. Perhitungan PMP untuk DPS Bendungan Tiu Kulit menggunakan metode *Hersfield*. Metode ini sesuai untuk luas DAS < 1000 km².

Tabel 4. Analisis Curah Hujan PMP DPS Bendungan Tiu Kulit

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Ranking Curah Hujan (mm)
1	1996	113,2	62,3
2	1997	145,2	67,5
3	1998	92,0	76,8
4	1999	162,3	77,1
5	2000	96,6	82,4
6	2001	115,3	86,4
7	2002	146,2	87,8
8	2003	98,7	92,0
9	2004	145,7	92,0
10	2005	86,4	96,6
11	2006	76,8	98,7
12	2007	87,8	100,0
13	2008	82,4	113,2
14	2009	189,3	113,5
15	2010	62,3	115,3
16	2011	77,1	117,5
17	2012	155,3	145,0



No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Ranking Curah Hujan (mm)
18	2013	100,0	145,2
19	2014	113,5	145,7
20	2015	117,5	146,2
21	2016	92,0	155,3
22	2017	145,0	162,3
23	2018	67,5	189,3
Maksimum	=		189,3
Jumlah	=		2.568,1
Rerata	=		111,7
Faktor Koreksi xn			
faktor adjustmen 1 (%)	=	104,11%	
faktor adjustmen 2	=	101,64%	
xn terkoreksi	=	118,2	
Faktor Koreksi Sn			
faktor adjustmen 1 (%)	=	114,6%	
faktor adjustmen 2	=	106,3%	
Sn terkoreksi	=	41,3	
Variable Km			
Untuk xn	=	111,7	
T	=	6	
Km	=	10,9	
PMP 559 mm			

Curah Hujan Rancangan Efektif

Curah hujan efektif merupakan bagian dari curah hujan yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run-off*).

Dari data curah hujan rancangan yang telah ditentukan dan disesuaikan dengan menerapkan beberapa faktor penyesuaian berdasarkan luas DPS, distribusi curah hujan jam-jaman serta penyesuaian terhadap waktu pengamatan hujan, selanjutnya untuk mendapatkan curah hujan efektif, maka curah hujan rancangan tersebut harus dikalikan dengan faktor kehilangan. Intensitas hujan jam-jam untuk masing-masing durasi hujan merujuk pada PSA 007. Rekapitulasi hasil distribusi hujan untuk durasi 6 jam, koefisien limpasan dan curah hujan rancangan efektif disajikan pada dibawah ini.

Tabel 5. Distribusi Hujan untuk Durasi 6 Jam

Durasi hujan (jam)	1	2	3	4	5	6
Durasi hujan (%)	8	16	25	33	41	50
Curah hujan (%)	47	61	70	76	81	84

Tabel 6. Koefisien Limpasan untuk masing-masing CH Rancangan

CH Rancangan LP Type III (mm)		
220	283	559
Kala Ulang (Tahun)		
100	1000	PMP
0.73	0.77	0.86

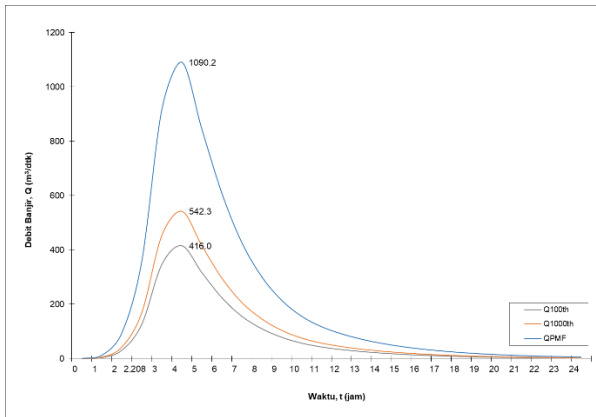
Tabel 7. Curah Hujan Rancangan Efektif

Kala Ulang (Tahun)	CH Efektif – LP Type III (mm)
100	110
1000	145
PMP	297

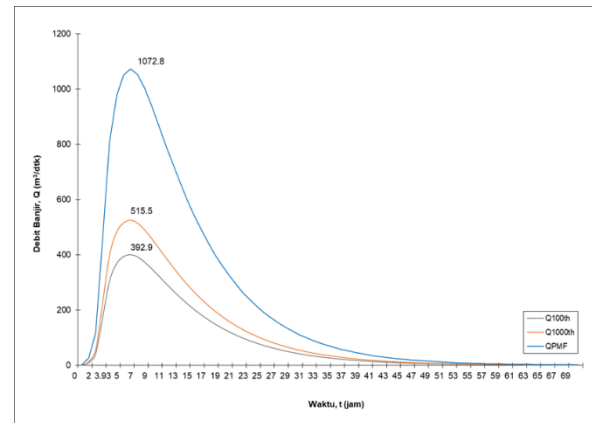
Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu dan HSS Snyder. Kedua metode tersebut diuji dengan persamaan Creager.

No	Waktu (jam)	Unit Hidrograf	Log Pearson Type III		
			Periode Ulang		
			Q100 th	Q1000 th	QPMF
			(m ³ /dt)		
1	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	1	0,67	4,1	5,6	12,3
3	2	3,53	31,2	42,7	94,4
4	2,208	4,48	127,4	170,0	359,3
5	3	3,09	346,7	453,0	915,7
6	4	1,93	416,0	542,3	1090,2
7	5	1,25	317,9	416,5	846,0
8	6	0,91	225,3	297,0	610,0
9	7	0,67	156,7	207,2	428,0
10	8	0,49	110,9	146,4	301,7
11	9	0,37	79,1	104,3	214,5
12	10	0,29	57,5	75,8	155,7
13	11	0,23	43,2	57,0	117,1
14	12	0,18	33,6	44,3	90,9
15	13	0,14	26,3	34,7	71,1
16	14	0,11	20,7	27,3	56,0
17	15	0,09	16,4	21,6	44,3
18	16	0,07	13,0	17,1	35,0
19	17	0,06	10,2	13,5	27,6
20	18	0,04	8,1	10,7	21,9
21	19	0,03	6,4	8,4	17,3
22	20	0,03	5,1	6,7	13,7
23	21	0,02	4,0	5,3	10,8
24	22	0,02	3,2	4,2	8,5
25	23	0,01	2,5	3,3	6,7
26	24	0,01	2,0	2,6	5,3
Qmaks (m³/dt)			416,0	542,3	1090,2



Gambar 6. Hidrograf Banjir Rancangan HSS Nakayasu - CH Rancangan Log Pearson Type III



Gambar 7. Hidrograf Banjir Rancangan HSS Snyder - CH Rancangan Log Pearson Type III

No	Waktu (jam)	Unit Hidrograf	Log Pearson Type III		
			Periode Ulang		
			Q1000 th	Q1000 th	QPMF
			(m ³ /dt)		
1	0	0,00	0,0	0,0	0,0
2	1	1,42	8,7	11,9	26,2
3	2	2,99	39,0	53,1	117,4
4	3	3,56	168,8	222,2	456,6
5	3,93	3,68	304,1	398,0	807,1
6	4	3,68	367,3	481,1	977,1
7	5	3,59	392,9	515,5	1050,6
8	6	3,40	400,2	525,5	1072,8
9	7	3,17	392,1	515,1	1052,1
10	8	2,93	373,3	490,6	1002,3
11	9	2,68	349,6	459,4	939,1
12	10	2,45	323,7	425,5	869,8
13	11	2,23	297,3	390,8	799,2
14	12	2,02	271,6	357,1	730,3
15	13	1,83	247,2	325,0	664,7
16	14	1,65	224,3	295,0	603,3
17	15	1,49	203,2	267,1	546,4
18	16	1,34	183,7	241,5	494,0
19	17	1,21	165,8	218,1	446,0
20	18	1,09	149,6	196,7	402,3
66	64	0,01	1,0	1,3	2,7
67	65	0,01	0,9	1,2	2,4
68	66	0,01	0,8	1,1	2,2
69	67	0,01	0,7	0,9	1,9
70	68	0,00	0,6	0,8	1,7
71	69	0,00	0,6	0,8	1,6
72	70	0,00	0,5	0,7	1,4
Qmaks (m³/dt)			400,2	525,5	1072,8

Tabel 10 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan DPS Bendungan Tiu Kulit

Kala Ulang (Tahun)	HSS Nakayasu		HSS Snyder	
	Isohyet	LP Type III	Isohyet	LP Type III
100	307	416	296	400
1000	367	542	355	526
PMF	999	1090	983	1073
0.5PMF	500	545	492	537

Untuk mempertinggi tingkat ketelitian hasil dari metode yang dipilih, maka hasil hitungan dibandingkan dengan metode unit hidrograf yang lain dan diuji dengan persamaan Creager. Dimana rentang angka koefisien Creager (C) yang diijinkan untuk banjir desain PMF di Indonesia yaitu antara 80 – 125

Tabel 11. Rekapitulasi Koefisien Creager (C) – Bendungan Tiu Kulit

Kala Ulang	HSS Nakayasu	HSS Snyder
	LP Type III	LP Type III
PMF	85	84

Sehingga untuk penelusuran banjir akan digunakan banjir rancangan tertinggi, yaitu HSS Nakayasu dengan curah hujan rancangan Log Pearson Type III yaitu sebesar 1.090 m³/dt, sedangkan untuk Q1000 akan menggunakan nilai terbesar yaitu hasil dari



HSS Nakayasu dengan curah hujan rancangan Log Pearson Type III yaitu sebesar 542 m³/dt.

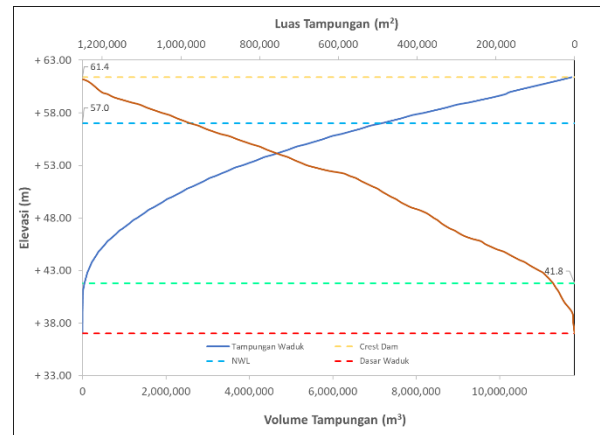
Penelusuran Banjir Melalui Waduk

Penelusuran banjir Bendungan Tiu Kulit dilakukan dengan melalui waduk melalui pelimpah. Pelimpah Bendungan Tiu Kulit adalah pelimpah dengan tipe Ogee tanpa pintu, dengan lebar ambang 35.00 m dengan elevasi ambang pelimpah + 57.00 m. Selain itu Bendungan Tiu Kulit juga dilengkapi dengan pelimpah darurat dengan lebar 25.00 m dengan elevasi ambang pelimpah + 60.00, atau 3.00 m diatas pelimpah utama. Selanjutnya, kapasitas kedua pelimpah ini akan dipergunakan dalam penelusuran banjir Bendungan Tiu Kulit.

Hasil pengukuran bathymetri tersebut dapat diketahui lengkung kapasitas tampungan Bendungan Tiu Kulit seperti ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut

Tabel 12. Kapasitas Tampungan Bendungan Tiu Kulit Berdasarkan Hasil Pengukuran Bathymetri Tahun 2020

Elevasi m.a	H (m)	Luas Tampungan, A m ²	Volume Tampungan, S m ³
+ 37.0	0.0	0.0	0
+ 38.0	1.0	3,311.9	828
+ 39.0	2.0	6,078.8	1,520
+ 40.0	3.0	26,293.9	6,574
+ 41.0	4.0	40,794.0	10,199
+ 42.0	5.0	59,635.0	62,648
+ 43.0	6.0	90,327.0	139,851
+ 44.0	7.0	139,832.0	260,684
+ 45.0	8.0	196,401.0	434,273
+ 46.0	9.0	258,618.0	668,030
+ 47.0	10.0	316,901.0	965,663
+ 48.0	11.0	357,628.0	1,308,823
+ 49.0	12.0	414,783.0	1,698,170
+ 50.0	13.0	465,352.0	2,145,520
+ 51.0	14.0	513,310.0	2,640,513
+ 52.0	15.0	571,262.0	3,189,307
+ 53.0	16.0	678,514.0	3,826,893
+ 54.0	17.0	745,626.0	4,546,879
+ 55.0	18.0	818,256.0	5,337,633
+ 56.0	19.0	899,326.0	6,205,588
+ 57.0	20.0	975,100.0	7,152,555
+ 58.0	21.0	1,047,339.0	8,172,402
+ 59.0	22.0	1,125,613.0	9,268,155
+ 60.0	23.0	1,201,944.9	10,251,562
+ 61.0	24.0	1,235,456.9	11,309,362
+ 61.4	24.4	1,268,009.5	11,725,285

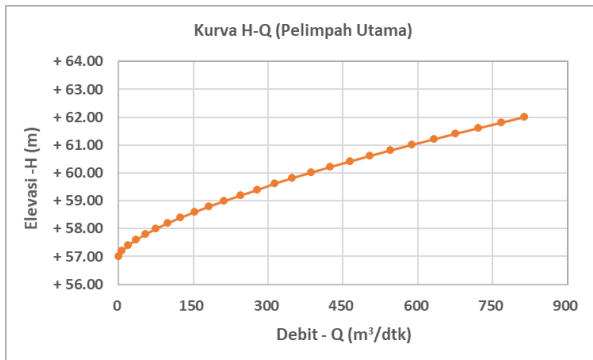


Gambar 8. Lengkung Kapasitas Waduk Tiu Kulit Tahun 2020

Kapasitas pelimpah Bendungan Tiu Kulit seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 13. Kapasitas Pelimpah Utama Bendungan Tiu Kulit

Elevasi m.a	H (m)	Lebar Pelimpah, L (m)	Debit, Q (m ³ /dtk)
+ 57.00	0.0	35	0.0
+ 57.20	0.2	35	6.8
+ 57.40	0.4	35	19.3
+ 57.60	0.6	35	35.4
+ 57.80	0.8	35	54.4
+ 58.00	1.0	35	75.8
+ 58.20	1.2	35	99.5
+ 58.40	1.4	35	125.1
+ 58.60	1.6	35	152.6
+ 58.80	1.8	35	181.7
+ 59.00	2.0	35	212.4
+ 59.20	2.2	35	244.5
+ 59.40	2.4	35	278.1
+ 59.60	2.6	35	312.9
+ 59.80	2.8	35	349.0
+ 60.00	3.0	35	386.3
+ 60.20	3.2	35	424.7
+ 60.40	3.4	35	464.3
+ 60.60	3.6	35	504.8
+ 60.80	3.8	35	546.4
+ 61.00	4.0	35	588.9
+ 61.20	4.2	35	632.3
+ 61.40	4.4	35	676.7
+ 61.60	4.6	35	721.9
+ 61.80	4.8	35	767.9
+ 62.00	5.0	35	814.8



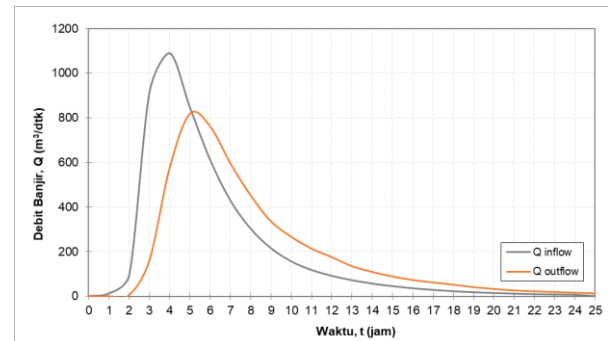
Gambar 9. Lengkung Kapasitas Pelimpah Utama Bendungan Tiu Kulit

Penelusuran Banjir Bendungan Tiu Kulit

Bendungan Tiu Kulit termasuk dalam kategori bendungan yang memiliki konsekuensi daerah hilir besar, maka penelusuran banjir banjir melalui waduk dilakukan terhadap debit banjir rancangan Q1000 atau PMF (dipilih yang lebih besar). Karena debit banjir rancangan PMF memiliki nilai lebih besar dari Q1000, maka penelusuran banjir dilakukan terhadap debit inflow PMF dan debit outflow sesuai dengan kapasitas pelimpah.

Tabel 14. Penelusuran Banjir PMF – Bendungan Tiu Kulit

Waktu, t (jam)	Inflow, I (m³/dtk)	Rerata Inflow (m³/dtk)	Outflow (m³/dtk)	H (m)	Elevasi m.a
0.00	0.0		0	0.0	57.0
1.00	12.3	6.2	1	0.0	57.0
2.00	94.4	53.4	7	0.2	57.2
3.00	915.7	505.0	162	1.7	58.7
4.00	1090.2	953.0	578	3.8	60.8
5.00	846.0	968.1	819	4.6	61.6
6.00	610.0	728.0	761	4.4	61.4
7.00	428.0	519.0	595	3.8	60.8
8.00	301.7	364.8	452	3.3	60.3
9.00	214.5	258.1	336	2.7	59.7
10.00	155.7	185.1	267	2.3	59.3
11.00	117.1	136.4	214	2.0	59.0
12.00	90.9	104.0	176	1.8	58.8
13.00	71.1	81.0	135	1.5	58.5
14.00	56.0	63.6	110	1.3	58.3
15.00	44.3	50.1	89	1.1	58.1
16.00	35.0	39.6	73	1.0	58.0
17.00	27.6	31.3	62	0.9	57.9
18.00	21.9	24.8	53	0.8	57.8
19.00	17.3	19.6	41	0.7	57.7
20.00	13.7	15.5	33	0.6	57.6
21.00	10.8	12.2	27	0.5	57.5
22.00	8.5	9.7	23	0.4	57.4
23.00	6.7	7.6	19	0.4	57.4
24.00	5.3	6.0	16	0.4	57.4
25.00	0.0	2.7	13	0.3	57.3



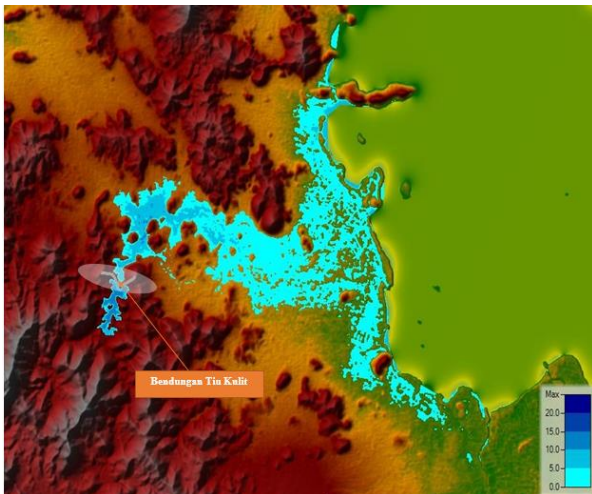
Gambar 10. Grafik Penelusuran Banjir PMF – Bendungan Tiu Kulit

Berdasarkan hasil penelusuran banjir untuk debit PMF dapat diketahui bahwa muka air banjir berada pada elevasi + 61.60 m dengan debit outflow sebesar 968 m³/dt. Terjadi **overtopping setinggi 0.20 m** diatas elevasi puncak bendungan + 61.40 m sehingga untuk *Dam Breach Analysis* (DBA) menggunakan skenario *overtopping*.

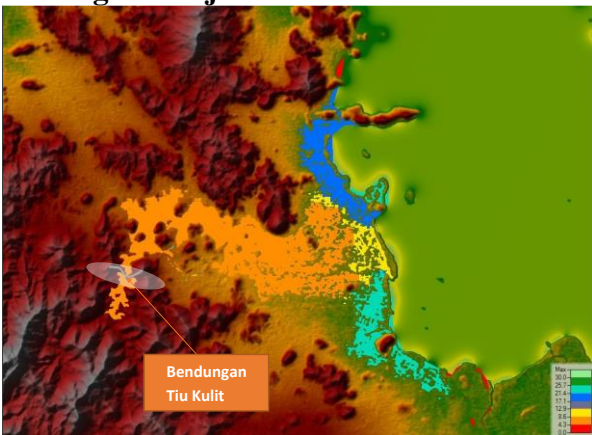
Dam Breach Analysis (DBA) Bendungan Tiu Kulit

Parameter – parameter yang digunakan :

1. Skenario keruntuhan : *Overtopping*
2. Koefisien limpasan (*overflow/weir*) : 2.60
3. Koefisien : 0.50
4. Rerata lebar keruntuhan : 200 m
5. Durasi terbentuknya keruntuhan (*failure time*) : 0.50 jam
6. Koefisien ambang bendungan pada lokasi keruntuhan : 1.44
7. Elevasi dasar minimum keruntuhan : + 40.00 m
8. Elevasi mulai keruntuhan : + 55.00 m



Gambar 11. Peta Sebaran Tinggi Genangan/Banjir



Gambar 12. Sebaran Waktu Datangnya (Arrival Time) Banjir

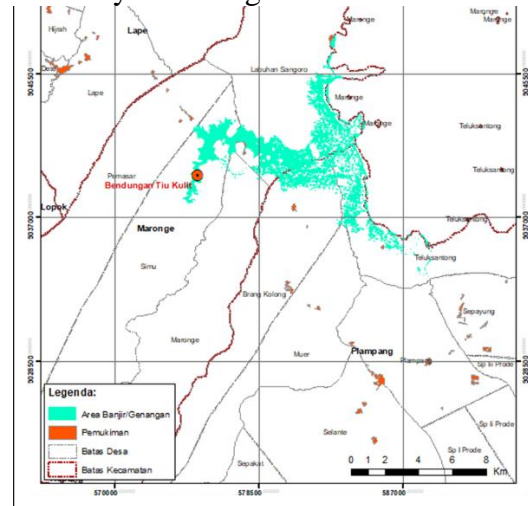
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa waktu kedatangan banjir akibat runtuhnya Bendungan Tiu Kulit di hilir bendungan adalah lebih dari 7 jam dari mulai datangnya banjir, dimana debit puncak PMF terjadi sekitar jam ke-6.

Waktu datangnya banjir ini berangsur semakin lama pada daerah yang lebih hilir dikarenakan jarak dan juga kemiringan muka tanah (*terrain*) yang semakin landai, dimana waktu kedatangan banjir dekat dengan muara mencapai 28 jam, dan beberapa daerah memiliki waktu kedatangan banjir < 28 jam.

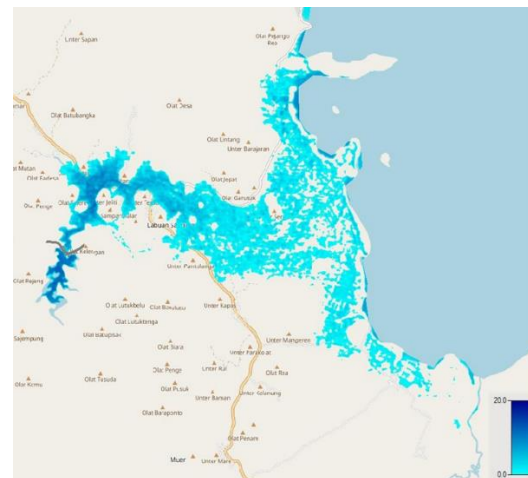
Wilayah dan Infrastruktur Terdampak

Berdasarkan hasil simulasi DBA yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan overlay dengan peta batas administrasi desa/kecamatan dan *open street map* di hilir Bendungan Tiu

Kulit yang terdampak oleh kemungkinan runtuhnya bendungan.



Gambar 13. Wilayah Terdampak Banjir akibat Keruntuhan Bendungan Tiu Kulit



Gambar 13. Infrastruktur Utama (Jalan) yang Terdampak Akibat Keruntuhan Bendungan Tiu Kulit

Tabel 15. Wilayah Terdampak Keruntuhan Bendungan Tiu Kulit

No.	Wilayah Terdampak		Klasifikasi Luas Are Terdampak
	Kecamatan	Desa	
1	Maronge	1) Simu 2) Labuhan Sangoro	1) Sedang 2) Besar
2	Plampang	1) Teluk Santong 2) Brang Kolong	1) Besar 2) Sedang

Berdasarkan dari hasil analisis InaSAFE dapat diketahui bahwa total jumlah penduduk yang terdampak akibat keruntuhan Bendungan



Tiu Kulit adalah sebanyak 780 orang yang tersebar di 6 desa di 2 kecamatan.

Tabel 16. Estimasi Kerugian Material Keruntuhan Bendungan Tiu Kulit

Komponen	Volume	Nilai Satuan Kerugian	Bobot	Estimasi Kerugian
Pemukiman dan tempat ibadah (masjid) (m ²)				
Heavy	764	1,800,000	0.7	962,640,000
Medium	-		0.4	-
Low	-		0.1	-
Jalan primer dan sekunder (km)				
Heavy	0.42	1,000,000,000	1	420,000,000
Medium	0.63		0.5	315,000,000
Low	0.60		0.1	60,000,000
Jalan lokal, setapak dan lainnya (km)				
Heavy	2.94	500,000,000	1	1,470,000,000
Medium	1.77		0.5	442,500,000
Low	3.27		0.1	163,500,000
Estimasi total kerugian				3,833,640,000

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

- Hasil analisis hidrologi DPS Bendungan Tiu Kulit sebagai berikut :
 - Luas DPS Bendungan Tiu Kulit adalah sebesar 52 Km² dengan panjang sungai utama adalah 16,90 Km.
 - Tutupan lahan dalam batas DPS Bendungan Tiu Kulit didominasi oleh Semak Belukar, serta sedikit porsi Hutan Kering.
 - Banjir rancangan (QPMP) menggunakan metode HSS Nakayasu dengan curah hujan rancangan Log Pearson Type III 1.090 m3/.
 - Hasil penelusuran banjir untuk debit PMF dapat diketahui bahwa muka air banjir berada pada elevasi + 61.60 m dengan debit outflow sebesar 968 m3/dt. Terjadi overtopping setinggi 0.20 m diatas elevasi puncak bendungan + 61.40 m

- Dam Breach Analysis* (DBA) menggunakan skenario *overtopping* dengan hasil sebagai berikut :
 - Waktu kedatangan banjir lebih dari 7 jam dari mulai datangnya banjir, debit puncak PMF terjadi sekitar jam ke-6.
 - Waktu datangnya banjir semakin lama pada daerah yang lebih hilir dikarenakan jarak dan juga kemiringan muka tanah (terrain) yang semakin landai, waktu kedatangan banjir hingga muara mencapai 28 jam
- Penduduk terdampak keruntuhan Bendungan Tiu Kulit mencapai 780 orang yang tersebar di 6 desa di 2 kecamatan yaitu Kecamatan Maronge dan Kecamatan Plampang
- Estimasi perkiraan total kerugian material jika terjadi keruntuhan Bendungan Tiu Kulit sebesar ± Rp 3.8 Milyar

Saran

Dari kesimpulan di atas, dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

- Direkomendasikan penambahan tinggi parapet minimal 0,5 m karena terjadi *overtopping* setinggi 0.20 m diatas elevasi puncak bendungan.
- Dampak keruntuhan Bendungan Tiu Kulit belum secara spesifik mengkaji sosial ekonomi dan budaya, hal ini dapat menjadi kajian tersendiri.
- Dam breach analysis* ini dapat menjadi acuan untuk rencana tindak darurat di dalam mitigasi penganganan bencana keruntuhan Bendungan Tiu Kulit untuk meminimalisir terjadinya korban jiwa maupun kerugian material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhi dkk, 2016, *Analisis Keruntuhan Bendungan Mamak Dan Bendungan Batu Bulan Secara Simultan Pada Sistem Pengaliran Sungai Dendritik*, Universitas Brawijaya, Tesis.
- [2] Andry dkk, 2017, *Studi Kejadian Dan Potensi Banjir Bandang Oleh*



-
- Keruntuhan Dam Alam Di Nasiri*, UGM Jogjakarta, Tesis,.
- [3] Anggit dkk, 2017, *Analisis Kerugian Material Akibat Keruntuhan Bendungan*, UNS Surakarta, Tesis,.
- [4] Amini, I. Sri, 2015, *Simulasi Pengaruh Sedimentasi Pada Nilai Kondisi Fisik Bendung Colo Akibat Penggelontoran Pelimpah (Spillway) Baru Waduk Wonogiri*, UNS Surakarta, Tesis.
- [5] Aryadi dkk, 2014, *Analisis Keruntuhan Bendungan Gondang Dengan Menggunakan Program Zhong Xing HY21*, Universitas Brawijaya, Tesis.
- [6] Brunner, G.W, 2010, *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, USA.*
- [7] Gee, Michael, 2006, *Guidelines for Dam Breach Analysis*, Department of Natural Resources Division of Water Resource, Colorado.
- [8] Istiarto. 2014, *Modul Pelatihan Aplikasi HEC – RAS 4*, UGM. Yogyakarta.
- [9] Rachmadan, L. Cahya, 2013, *Analisis Keruntuhan Bendungan Alam Way Ela dengan Menggunakan Program Zhong Xing HY21*, Universitas Bramawijaya. Malang, Skripsi.
- [10] Ven, T. C, 1989, *Hidrolika Saluran Terbuka*. Terjemahan Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] Wijayanti, P, 2013, *Analisis Keruntuhan Bendungan Pacal Dam Break of Pacal DAM*, UNS. Surakarta, Skripsi.
- [12] Wirustyastuko, D, 2013, *Analisis Wilayah Tergenang dan Perilaku Banjir pada Simulasi Kegagalan Bendungan Ciawi*, Institut Teknologi Bandung, Tesis.
- .