

ANALISA KERUNTUHAN BENDUNGAN MAMAK DAN BENDUNGAN BATU BULAN SECARA SIMULTAN PADA SISTEM PENGALIRAN SUNGAI DENDITRIK

Mikail Adhi¹, Pitojo Tri Juwono², Moh. Sholichin²

¹Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Pengairan,

²Dosen Fakultas Teknik Jurusan Pengairan.

e-mail: mikailadhi@yahoo.com.

ABSTRAK : Bendungan Mamak dan Batu Bulan yang termasuk dalam sistem pengaliran sungai dendritik dan berlokasi di Kabupaten Sumbawa, Propinsi Nusa Tenggara Barat telah disimulasikan runtuh secara simultan. Keruntuhan tersebut berdampak bagi tergenangnya 15 Desa, di 4 Kecamatan dengan jumlah penduduk yang terkena resiko diperkirakan mencapai 12.803 jiwa. Berdasarkan SK Dirjen SDA PU, tahun 2011 Bendungan Mamak dan Batu Bulan diklasifikasikan Bahaya Sangat Tinggi.

Peneitian ini membuktikan bahwa keruntuhan bendungan secara simultan pada sistem aliran sungai dendritik ataupun series saat ini dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Zhong Xing HY21 (User Manual Zhong Xing-HY21, Sinotech Engineering Group, 2011). Hal ini sekaligus menepis pendapat sementara para ahli sebelumnya yang beranggapan bahwa hal tersebut sulit dilakukan.

Kerapatan jaring-jaring kerja juga memiliki pengaruh besar terhadap tingkat ketelitian hasil penelusuran banjir di hilir. Pada penelitian kali ini kerapatan jaring-jaring di alur sungai dibuat lebih rapat daripada bagian di luar alur sungai utama. Dengan asumsi sebelum banjir menggenangi wilayah bantaran sungai, banjir terlebih dahulu akan memenuhi alur sungai utama. Namun hal tersebut membawa konsekuensi bahwa makin rapat jaring-jaring kerja, proses simulasi membutuhkan waktu lebih lama.

Kata kunci: Keruntuhan, Dendritik, Simultan, Zhong Xing HY21, Jaring-Jaring Kerja

ABSTRACT : Mamak and Batu Bulan Dams included dendritic river system, located in Sumbawa District and West Nusa Tenggara Province, have been simulated simultaneous failure. This failure impact on flood inundation in 15 Villages and 4 Subdistricts with estimated population at risk 12.803 persons. Based on National Regulation (SK Dirjen SDA PU, year 2011), the dams were classified into High Risk Dam.

This research proves that nowadays the simultaneous dams failure in dendritic river system and also series system could be simulated by using Zhong Xing HY21 (User Manual Zhong Xing-HY21, Sinotech Engineering Group, 2011). This study also reject previously temporary experts opinion that assumed it is difficult to do.

Density of the finite element mesh also has a big influence in the unsteady flow accuration result. In the present study the density of the mesh in the river flow is made more dense than the outside of the main river channel. Assuming before floods inundated the area along the river, the floods will first meet the main river channel. However, this setting has consequences that the more tightly the mesh, the simulation process takes longer.

Key words: Failure, Dendritic, Simultaneous, Zhong Xing HY21, Mesh

Bencana adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang meng-ancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan atau

faktor non-alam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan ling-kungan, kerugian

harta benda dan dampak psikologis yang sering ber-kepanjangan.

Bendungan, disamping bermanfaat untuk memenuhi berbagai kebutuhan bagi manusia, juga menyimpan potensi bahaya yang sangat besar, yaitu bila bendungan tersebut runtuh akan menyebabkan terjadinya kerugian jiwa dan materi serta hancurnya infrastruktur yang ada di bagian hilir bendungan.

Tabel 1. Beberapa Contoh Kerusakan Bendungan di Dunia

Dam/Reservoir	Location	Year	Main Reason	Death toll/Cost
Gintung	Indonesia	2010	Overtopping	99 people
Taum Sauk	USA	2005	Overtopping	Damage avoided
Big Bay Dam	USA	2004	N/A	100 homes destroyed
Folsom Dam	USA	1995	Spillway	Damage avoided
Val di Stava Dam	Italy	1985	Improper maintenance/Design	268 people, 155 euro million in damage
Tous Dam	Spain	1982	Insufficient spillway	20 people
Morvi River Dam	India	1979	Overtopping	15.000 people
Laurel Run Dam	USA	1977	Overtopping	40 people/\$5.3 million
Kelly Barnes Dam	USA	1977	Piping	39 people/\$2.5 million
Teton Dam	USA	1976	Foundation	14 people/\$1 billion in property damage
Banqiao Dam	China	1975	Overtopping	200.000 people
Baldwin Hills	USA	1963	Ground movement from oil extraction	5 people
Maupassant Dam	France	1959	Overtopping/foundation	450 people
St. Francis Dam	USA	1928	Foundation	450 people
Austin Dam	USA	1911	Foundation	87 people

Sumber: *Konstruksi Bendungan Urugan Vol.1 (Masrevaniah, 2010)*

Pendapat sementara para ahli saat ini umumnya menyatakan, bahwa analisa keruntuhan bendungan sulit disimulasikan secara simultan pada sistem sungai denditrik maupun series.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan simulasi keruntuhan Bendungan Mamak dan Bendungan Batu Bulan secara simultan pada sistem sungai denditrik dengan bantuan perangkat lunak ZhongXing HY21.

Bendungan Mamak (beroperasi 1992) berada di Desa Berora, Kecamatan

Lape Lopok berjarak ± 60 km Barat Daya Sumbawa Besar. Sedangkan Bendungan Batu Bulan (beroperasi 2002) terletak di Desa Batu Bulan Kecamatan Moyo Hulu berjarak ± 17 km arah selatan dari Sumbawa Besar. Kedua bendungan ini merupakan bendungan besar yang memiliki sistem pengaliran sungai denditrik dan berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Dalam penelitian ini akan dibahas beberapa permasalahan mengenai Analisa Keruntuhan Bendungan Mamak dan Batu Bulan, yang meliputi:

1. Apakah perangkat lunak Zhong Xing HY21 mampu mensimulasikan keruntuhan 2 bendungan secara simultan pada sistem pengaliran sungai denditrik?
2. Bagaimana sebaran banjir yang dihasilkan akibat keruntuhan Bendungan Mamak dan Bendungan Batu Bulan?
3. Bagaimana hidrograf yang dihasilkan di masing-masing lokasi terpilih di hilir bendungan?

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu:

1. Tersusunnya peta wilayah yang terkena resiko apabila terjadi keruntuhan Bendungan Mamak dan Batu Bulan.
2. Mengetahui jalur evakuasi dan lokasi pengungsian yang aman dari banjir
3. Menetapkan waktu kedatangan dan berakhirnya banjir di lokasi terpilih.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Analisa ini menggunakan beberapa data antara lain:

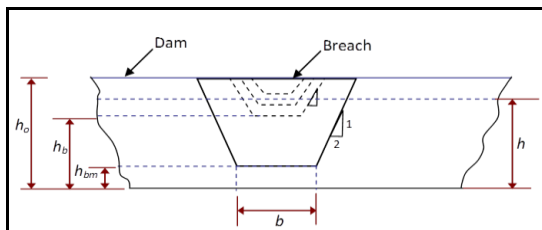
- Peta RBI skala 1:25.000 dan Peta DEM
- Data sistem pengaliran bendungan
- Peta Daerah Tangkapan Air (DTA) di kedua bendungan
- Data teknis Bendungan Mamak dan Bendungan Batu Bulan
- Lengkung kapasitas waduk
- Data curah hujan harian ± 20 tahun
- Peta Isohyet Indonesia Bagian Timur yang dikeluarkan Dirjen SDA Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2011
- Angka kekasaran Manning di alur dan bantaran sungai Mamak serta Batu Bulan

Metode

Sebelum bendungan mengalami keruntuhan total, didahului oleh ter-jadinya rekahan (*breaching*). Rekahan adalah lubang yang terbentuk dalam tubuh bendungan pada saat runtuh.

Skenario keruntuhan yang di-gunakan pada penelitian ini ditinjau 2 kondisi yaitu *Overtopping* maupun *Piping*.

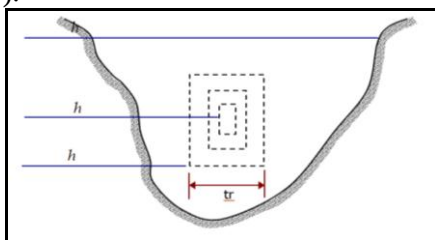
Rekahan karena *overtopping* di-simulasikan berupa rekahan yang berbentuk segi empat, segitiga atau trapesium. Rekahan tersebut makin lama makin membesar dengan waktu secara progresif dari puncak bendungan ke bawah sampai mencapai pondasi. Aliran yang melewati rekahan diperhitungkan sebagai aliran melewati ambang lebar



Gambar 1. Tampak depan dari formasi perubahan ukuran rekahan yang terjadi pada tubuh dam akibat *overtopping*

Keruntuhan bendungan akibat *piping* dapat disimulasikan dengan menentukan elevasi sumbu dari piping bendungan. Ini disimulasikan sebagai rekahan lubang (*orifice*) berbentuk segipanjang terlihat di gambar 2.

Debit yang keluar dari kedua macam rekahan tersebut merupakan hidrograf banjir yang terjadi pada penampang melintang 0 (permulaan), yang harus ditelusur ke hilir di sepanjang lembah sungai dengan metode “*Unsteady flow*” (Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics). Ven Te Chow, 1985).



Gambar 2. Tampak depan dari formasi perubahan ukuran rekahan yang terjadi pada tubuh dam akibat *Piping*

Model Matematis persamaan Saint de Venant untuk aliran “*Unsteady Flow*” pada saluran terbuka adalah sebagai berikut:

Persamaan kekekalan massa:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots 1$$

Persamaan kekekalan momentum:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) + gA \frac{Q^2}{K^2} = 0 \dots\dots\dots 2$$

dimana:

- y = elevasi muka air
- A = penampang melintang aktif dari aliran
- Q = debit aliran
- x = jarak memanjang menurut lembah
- t = waktu
- β = koefisien momentum untuk distribusi kecepatan
- g = percepatan gravitasi
- K = Conveyance (daya angkut sungai / saluran)
- $K = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}}$
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis

Terdapat 2 Kondisi Batas dalam metode “*Unsteady flow*”. Kondisi batas atas (*upper boundary condition*), yang merupakan *hydrograph inflow* PMF yang menyebabkan keruntuhan bendungan (sejak terjadi rekahan sampai dengan hancur total). Kondisi batas bawah (*lower boundary condition*), merupakan *channel control* atau *rating curve* $H=f(Q)$, tinggi gelombang pasang di muara sungai, bangunan struktur lainnya, misalnya tanggul, jalan kereta api, bukit, dan lain-lain tergantung sampai batas mana banjir yang ditimbulkan oleh keruntuhan bendungan terjadi. Namun pada pe-nelitian kali ini kondisi batas bawah merupakan gelombang pasang surut air laut.

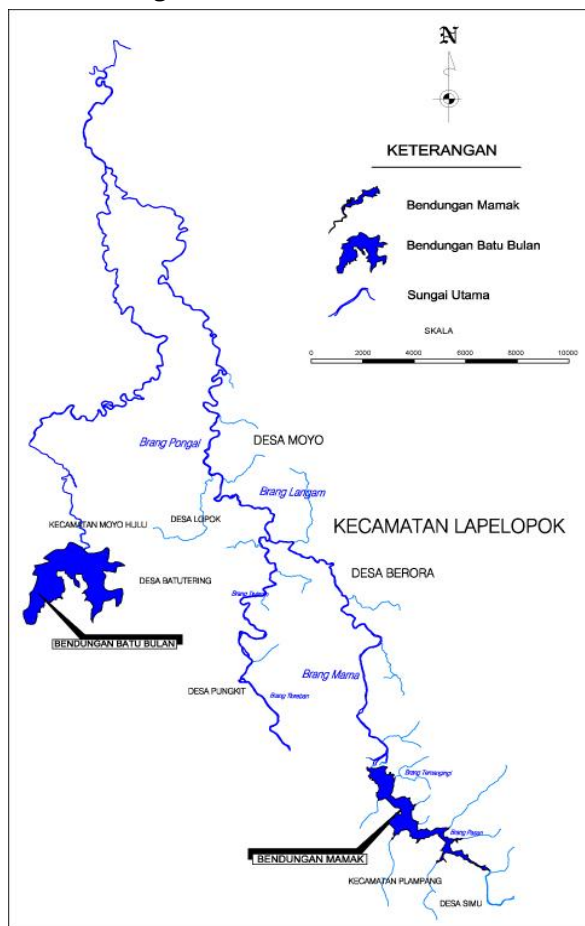
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Pengaliran

Bendungan Mamak dan Batu Bulan secara teknis masuk di dalam pengelolaan dan pembinaan Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I.

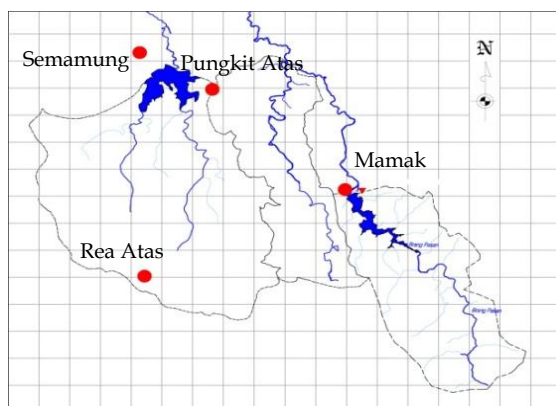
Sungai utama dari Bendungan Mamak adalah Brang Mamak. Dalam perjalanannya ke arah Laut Flores, ada 2 anak sungai penting yang masuk ke sungai utama adalah Brang

Tiujaran dan Brang Tiuhaji. Dimana Brang Tiuhaji merupakan *outflow* dari bendungan Batu Bulan yang berada ± 3 km Barat Laut dari Bendungan Mamak.



Gambar 3. Sistem Pengaliran Bendungan Mamak dan Batu Bulan

Peta Daerah Tangkapan Air (DTA)



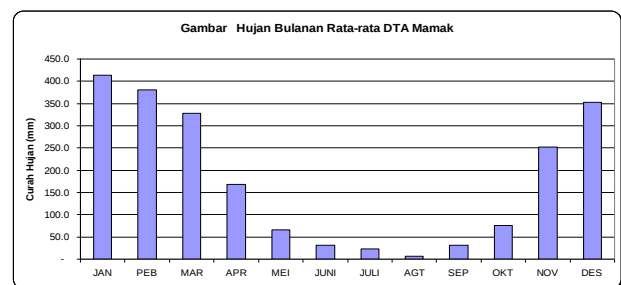
Gambar 4. Peta Daerah Tangkapan Air Bendungan Mamak dan Batu Bulan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, Luas DTA Mamak adalah 101,00 km² dan terdapat 1 stasiun hidroklimatologi (St.Mamak). Sedangkan luas DTA Batu Bulan adalah 194 km² dengan 3 stasiun hidroklimatologi (St.Rea Atas, St. Semamung, St.Pungkit Atas)

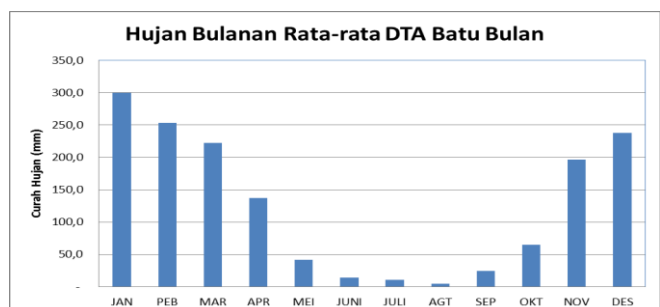
Hujan Wilayah

Setelah dilakukan uji konsistensi dan normalisasi terhadap data hujan harian serta setelah mempertimbangkan faktor koreksi terhadap luas wilayah DTA, maka hujan tahunan rata-rata DTA Mamak diperkirakan sebesar 2.401 mm.

Sementara itu dikarenakan terdapat 3 stasiun pencatat hujan harian yang terdapat di DTA Bendungan Batu Bulan dengan kualitas dan kuantitas yang cukup baik, maka hujan rata-rata wilayah didapat dengan cara Poligon Thiesen dengan curah hujan tahunan rata – rata sebesar 1.505,7 mm.



Gambar 5. Hujan Bulanan DTA Mamak



Gambar 6. Hujan Bulanan DTA Batu Bulan

Berikut di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan hujan harian maksimum tahunan rata-rata di DTA Mamak dan DTA Batu Bulan.

Tabel 2. Hujan Harian Maksimum Tahunan DTA Mamak

No	Tahun	Xi (mm)	No	Tahun	Xi (mm)
1	1988	103,52	14	2001	92,26
2	1989	115,78	15	2002	79,37
3	1990	116,96	16	2003	131,61
4	1991	99,05	17	2004	109,90
5	1992	75,98	18	2005	88,60
6	1993	122,59	19	2006	141,11
7	1994	115,74	20	2007	109,09
8	1995	153,80	21	2008	81,41
9	1996	105,83	22	2009	93,35
10	1997	115,33	23	2010	94,98
11	1998	127,95	24	2011	149,93
12	1999	138,39	25	2012	121,57
13	2000	141,11	26	2013	128,90
			27	2014	85,48

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Hujan Harian Maksimum Tahunan DTA Batu Bulan

No	Tahun	Xi (mm)	No	Tahun	Xi (mm)
1	1995	45.20	11	2005	58.40
2	1996	108.10	12	2006	73.70
3	1997	45.70	13	2007	77.90
4	1998	48.20	14	2008	84.70
5	1999	48.50	15	2009	45.40
6	2000	83.50	16	2010	89.30
7	2001	101.20	17	2011	58.10
8	2002	92.40	18	2012	55.50
9	2003	75.00	19	2013	49.00
10	2004	62.50	20	2014	53.30

Sumber: Hasil Perhitungan

Hujan Rancangan

Hujan rancangan pada penelitian ini dihitung berdasarkan 3 analisis distribusi frekuensi di masing – masing DTA, yaitu Distribusi Gumbel, Log Pearson Type III (Applied Hidrology. Ven Te Chow, 1988), dan Log Normal Iwai Kedoya. Dan dari ketiga distribusi tersebut memberikan hasil yang secara statistik tidak berbeda nyata.

Maka untuk menetapkan distribusi frekuensi yang mana yang paling tepat dipilih dan dijadikan dasar analisis perhitungan hujan rancangan diperlukan pengujian terhadap ketiga distribusi tersebut di atas, yang mana akan dipilih distribusi yang memberikan kontribusi deviasi terhadap rata-ratanya terkecil. Dilakukan 2 uji distribusi pada masing– masing DTA, yaitu uji distribusi Smimov-Kolmogorof dan uji distribusi Chi-Square (X^2).

Distribusi Log Normal pada DTA Mamak dan distribusi Gumbel pada DTA Batu Bulan memberikan hasil simpangan terkecil serta konsisten pada uji distribusi Smirnov-Kolmogorof (Hidrologi Teknik, CD. Soemarto, 1987) dan uji distribusi Chi-Square (X^2) (Applied Hidrology. Ven Te Chow, 1988).

Hujan Rancangan Maksimum Boleh Jadi (PMP)

Pada Bendungan Mamak dengan menggunakan Metode Hersfield didapatkan PMP Basin Rainfall sebesar 360.23 mm, sedangkan dengan Metode Isohyet didapatkan hasil PMP Basin Rainfall sebesar 447.37 mm. Sehingga PMP Isohyet yang dipilih sebagai hujan rancangan maksimum boleh jadi.

Hasil yang berbeda didapatkan pada Bendungan Batu Bulan. Metode Hersfield menghasilkan PMP yang lebih besar dibandingkan dengan Metode Isohyet, yaitu 321.31 mm dibanding 313.84 mm.

Dengan demikian PMP Hersfield dipilih sebagai dasar perencanaan debit banjir maksimum boleh jadi (PMF) untuk Bendungan Batu Bulan.

Hujan Efektif

Berdasarkan hujan rancangan yang telah terpilih, distribusi hujan jam–jaman dan koefisien limpasan, maka hujan efektif yang diperkirakan akan menjadi limpasan permukaan pada DTA Mamak dan DTA Batu Bulan adalah:

Tabel 4. Hujan Efektif DTA Mamak

Uraian	Jam Ke-				
	1	2	3	4	5
Hujan QPMF : 447.37 mm	229.33	46.45	32.65	26.89	23.38
Hujan Q1000th : 179.5 mm	72.68	5.73	4.09	4.15	4.18
Hujan Q500th : 170.61 mm	67.48	4.38	3.15	3.39	3.54
Hujan Q100th : 156.82 mm	59.42	2.28	1.68	2.22	2.55
Hujan Q50th : 150.21 mm	55.55	1.28	0.97	1.66	2.08
Hujan Q25th : 142.13 mm	50.83	0.05	0.11	0.98	1.50
Hujan Q10th : 132.22 mm	45.03	0.00	0.00	0.14	0.79
Hujan Q5th : 127.11 mm	42.04	0.00	0.00	0.00	0.42

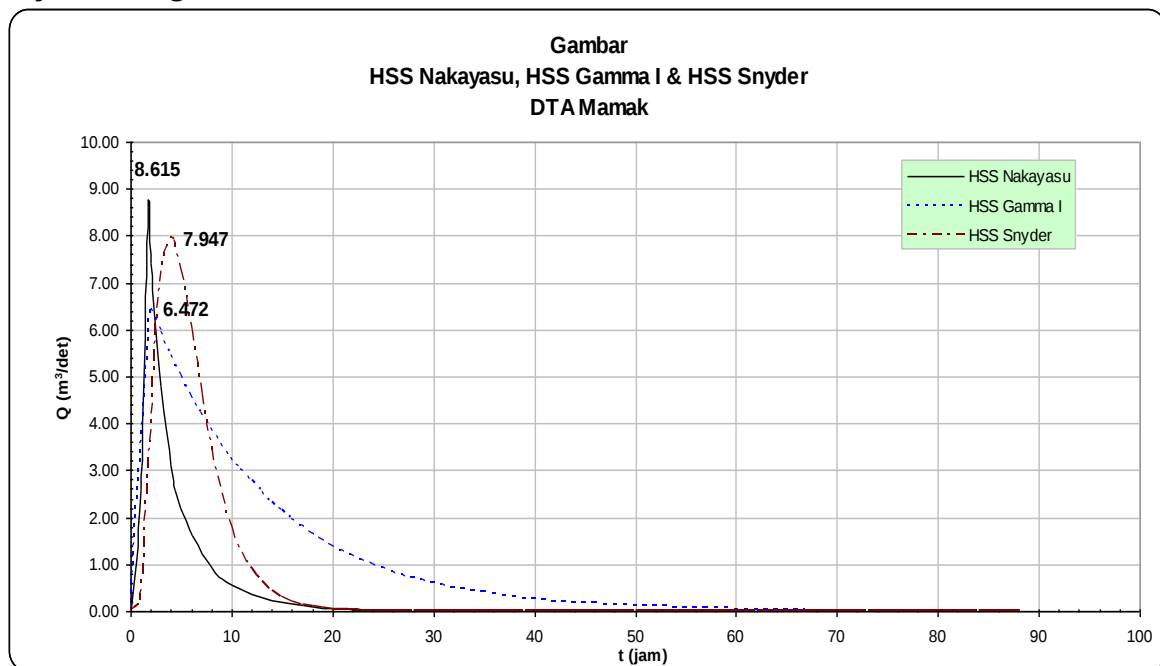
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. Hujan Efektif DTA Batu Bulan

Uraian	Jam Ke-				
	1	2	3	4	5
Hujan QPMF : 321,31 mm	111,44	28,97	20,31	16,18	13,66
Hujan Q1000th : 188,78 mm	65,48	17,02	11,94	9,51	8,03
Hujan Q500th : 175,63 mm	60,92	15,83	11,10	8,84	7,47
Hujan Q100th : 145,05 mm	50,31	13,08	9,17	7,30	6,17
Hujan Q50th : 131,82 mm	45,72	11,88	8,33	6,64	5,61
Hujan Q25th : 118,43 mm	41,08	10,68	7,49	5,96	5,04
Hujan Q10th : 100,51 mm	34,86	9,06	6,35	5,06	4,27
Hujan Q5th : 95,65 mm	33,18	8,62	6,05	4,82	4,07

Sumber: Hasil Perhitungan

Banjir Rancangan

**Gambar 7.** HSS Nakayasu, Snyder, Gamma I DTA Mamak

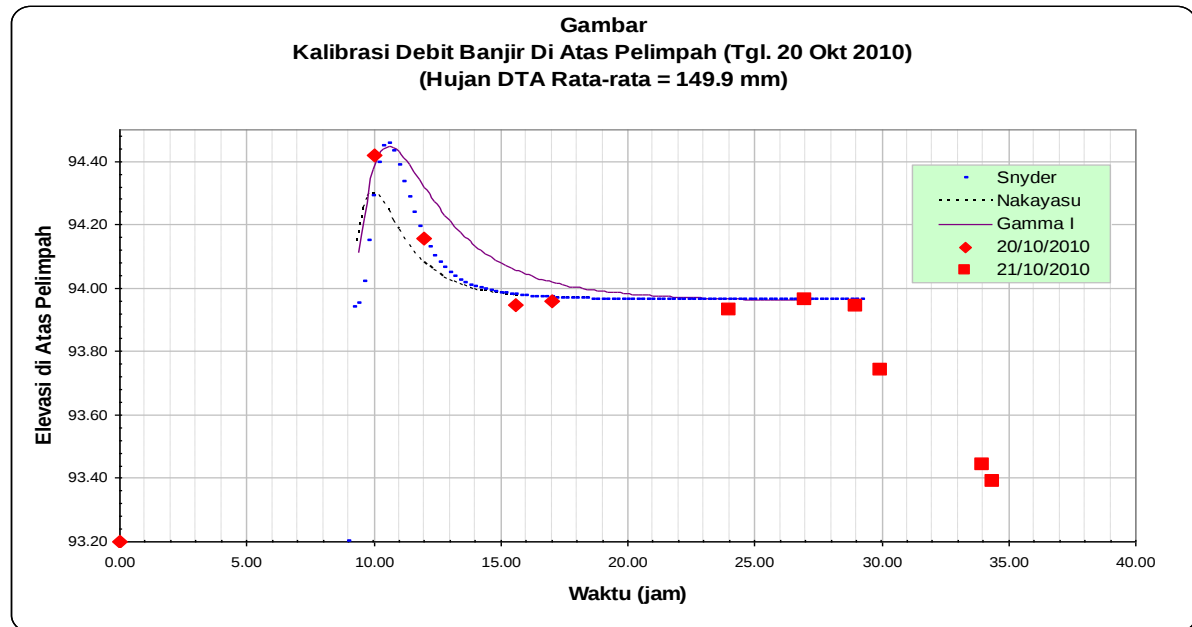
Sehubungan tidak adanya data pencatatan debit di DTA Mamak dan DTA Batu Bulan, maka untuk merubah hujan rancangan menjadi banjir rancangan

diperlukan hidrograf satuan sintesis (HSS). Tiga HSS yang biasa digunakan di Indonesia, yaitu HSS Nakayasu, HSS Snyder dan HSS Gamma I memberikan hasil yang berbeda pada

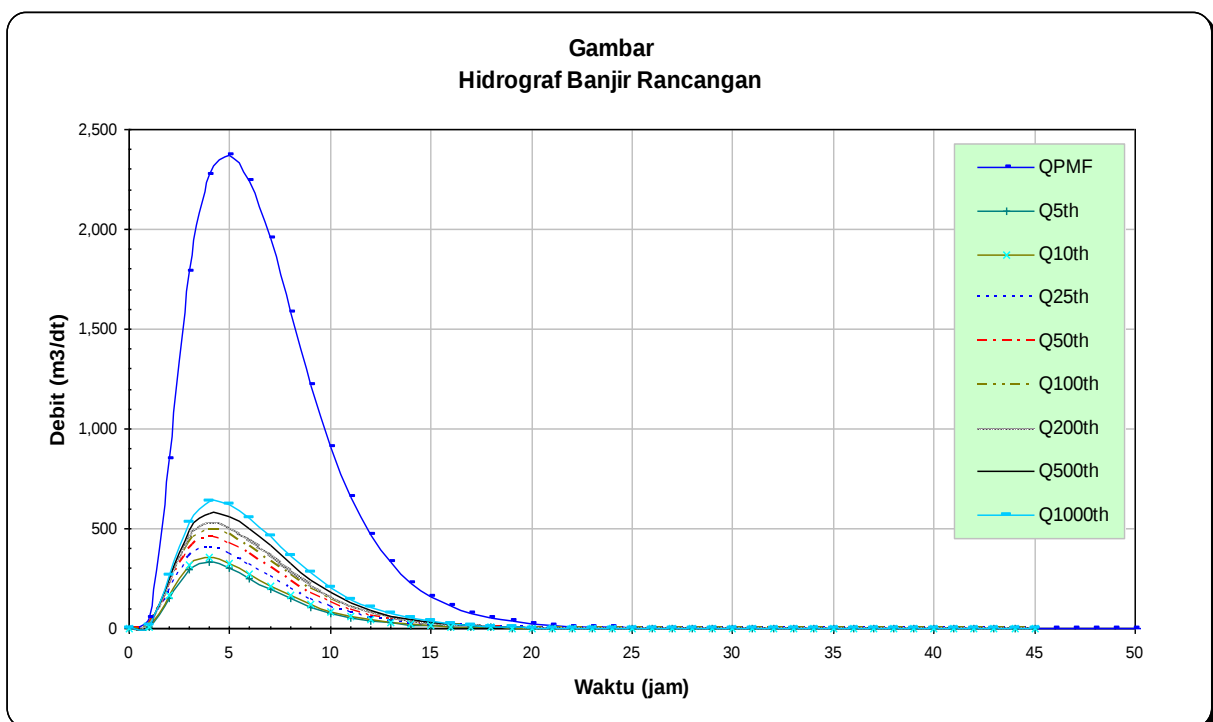
DTA Mamak dan DTA Batu Bulan. Dimana di DTA Mamak HSS Nakayasu memberikan dan HSS Snyder yang masing-masing memiliki puncak sebesar $6.472 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $7.947 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Untuk memilih HSS yang tepat bagi DTA Mamak telah dilakukan kalibrasi terhadap perhitungan banjir rancangan yang dihasilkan oleh ketiga HSS, dimana pencatatan terhadap elevasi muka air di atas pelimpah

puncak yang lebih besar ($8.615 \text{ m}^3/\text{dt}$) dibandingkan dengan HSS Gamma I Bendungan Mamak yang digunakan dan hujan yang terjadi di DTA Mamak disajikan pada tabel berikut di bawah ini. Yang mana banjir rancangan yang dihasilkan oleh HSS Snyder memberikan hasil yang cukup mendekati, sehingga dipilih untuk dijadikan dasar perhitungan banjir rancangan



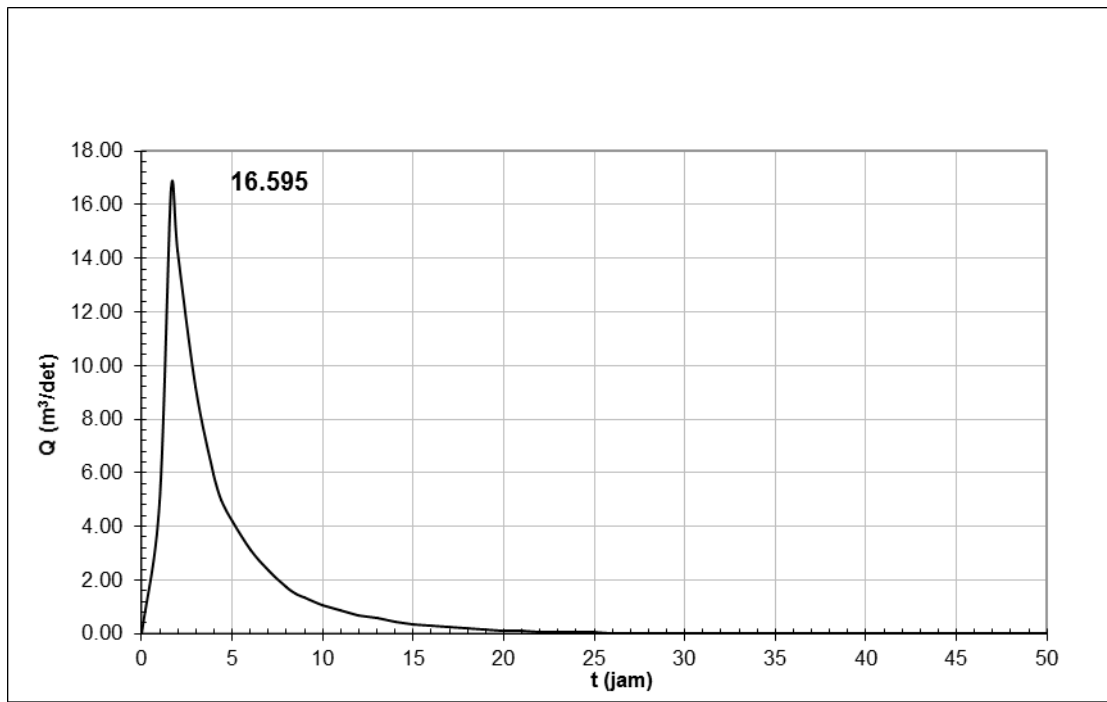
Gambar 8. Kalibrasi Banjir di Atas Pelimpah Bendungan Mamak



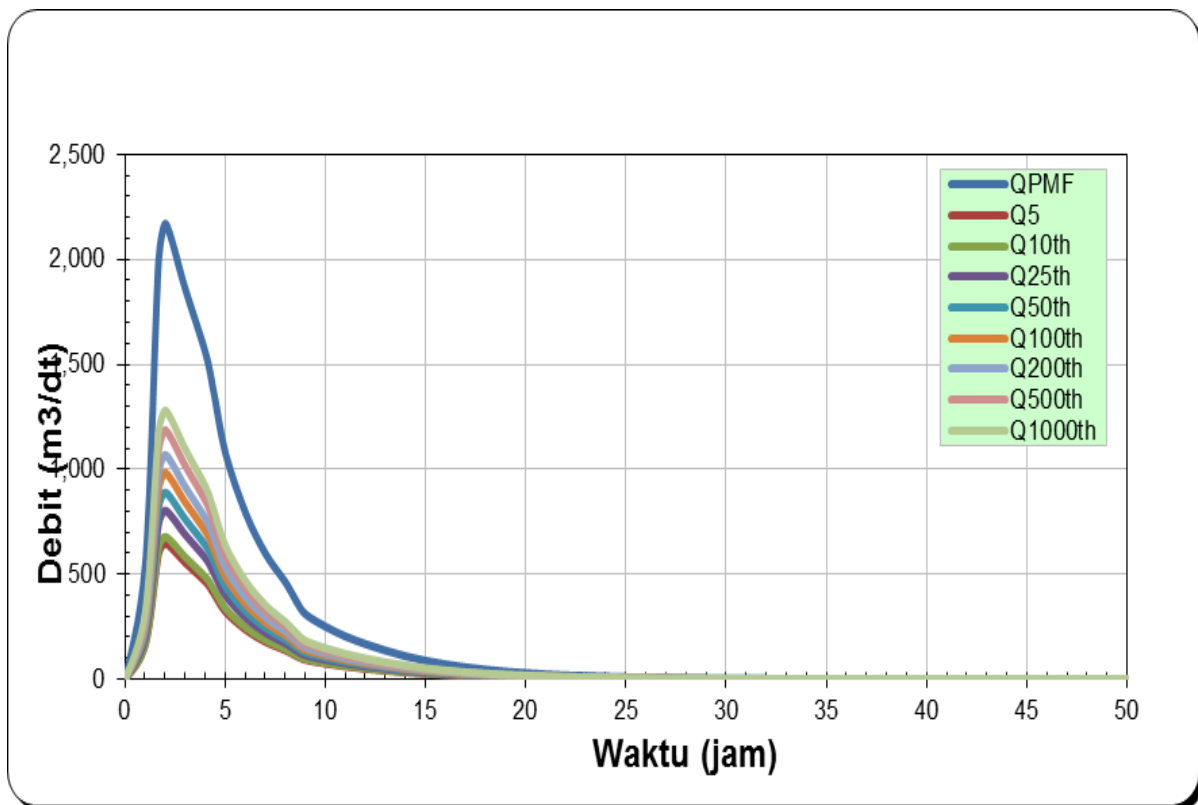
Gambar 9. Hidrograf Banjir Rancangan Berbagai Kala Ulang Bendungan Mamak

Sementara itu sehubungan di pelim-pah Bendungan Batu Bulan tidak terdapat data pencatatan elevasi banjir yang cukup memadai,

maka HSS Nakayasu dipilih sebagai dasar perhitungan hidrograf banjir rancangan seperti yang terdapat di dalam desain tahun 2000.

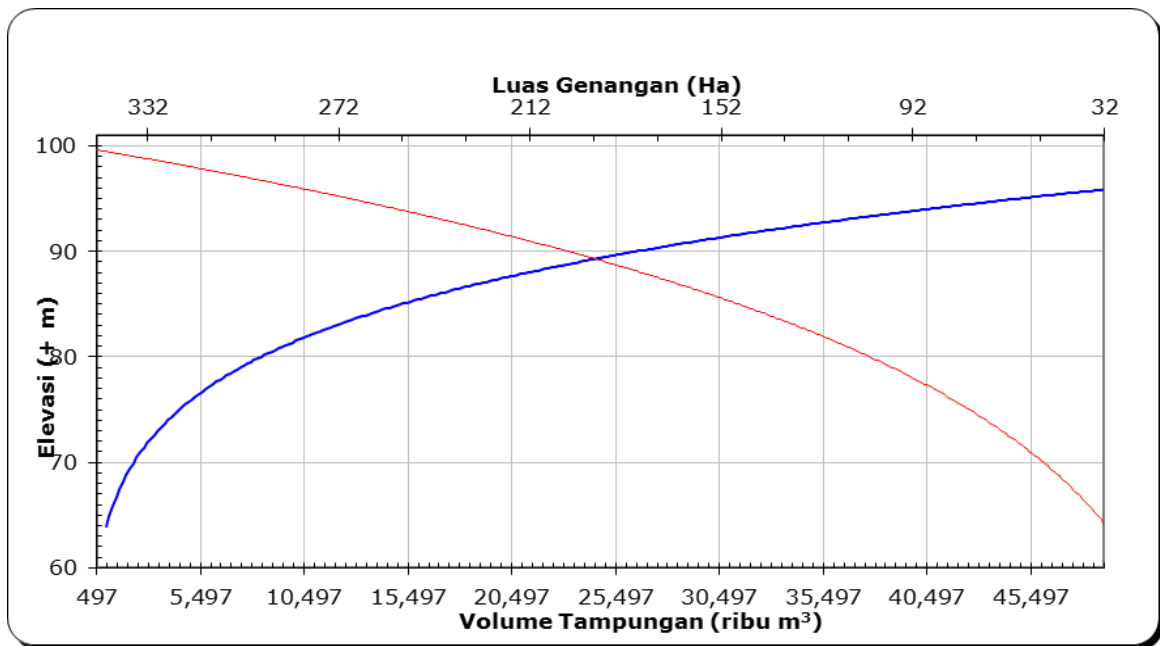


Gambar 10. HSS Nakayasu DTA Batu Bulan

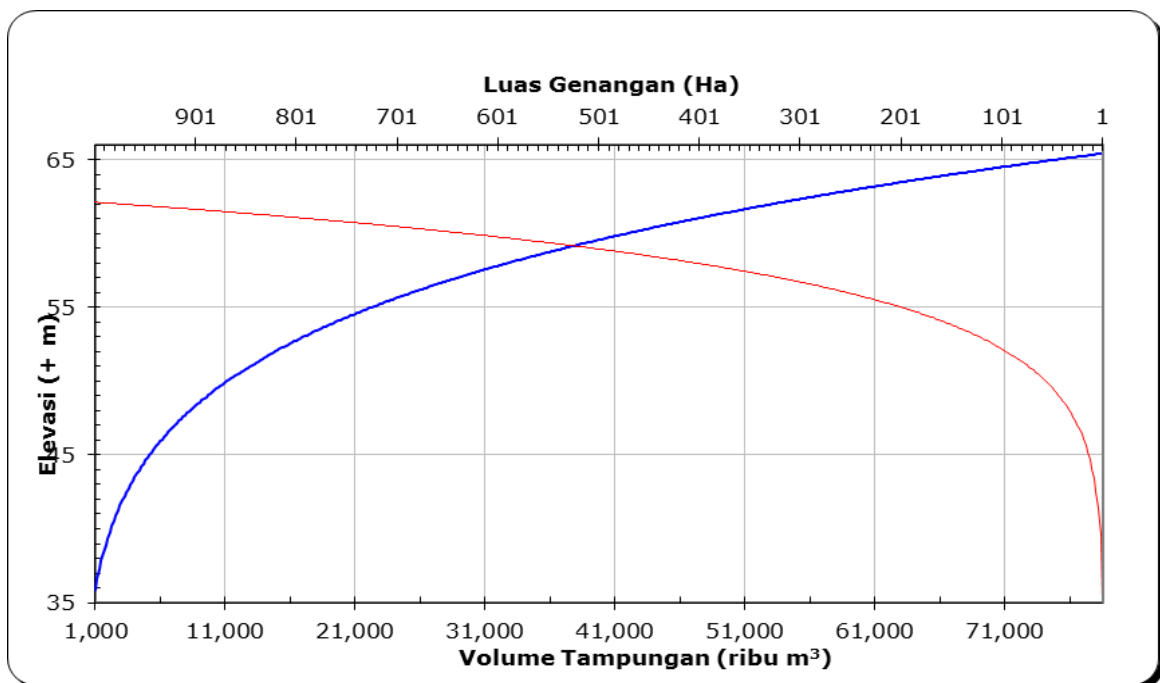


Gambar 11. Hidrograf Banjir Rancangan Berbagai Kala Ulang Bendungan Batu Bulan

Lengkung Kapasitas Waduk



Gambar 12. Lengkung Kapasitas Waduk Mamak



Gambar 13. Lengkung Kapasitas Waduk Batu Bulan

Skenario Keruntuhan Bendungan

Dengan lateral inflow dari DTA Tiujan, skenario keruntuhan bendungan yang dilakukan di dalam simulasi ini adalah keruntuhan bendungan secara simultan pada

sistem sungai dendritik dengan tahapan sebagai berikut di bawah ini.

1. Keruntuhan Tunggal Bendungan Mamak akibat *Overtopping*

2. Keruntuhan Bendungan Mamak akibat *Piping Atas*
3. Pemilihan hidrograf *outflow* keruntuhan terbesar
Keruntuhan Tunggal Bendungan Batu Bulan

1. Keruntuhan Bendungan Batu Bulan akibat *Overtopping*
2. Keruntuhan Bendungan Batu Bulan akibat *Piping Atas*
3. Pemilihan hidrograf *outflow* keruntuhan terbesar

Tabel 6. Skenario Keruntuhan Tunggal Bendungan Mamak

No	Item	Piping Atas	Overtopping
1	El. Puncak DAM (m)	99.50	99.50
2	Panjang Puncak Bendungan (m)	550.00	550.00
3	Initial Water Surface (m)	98.75	99.60
4	Lebar Ambang Spillway (m)	70.00	70.00
5	El. Ambang Spillway (m)	93.20	93.20
6	Lebar Rekahan (m)	75.00	75.00
7	El.Dasar Rekahan (m)	62.00	62.00
8	El. MAW Waktu Mulai Merekah (m)	98.75	99.60
9	El. Pusat Rekahan (m)	93.20	-
10	Waktu Keruntuhan (dt)	2700	2700

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Skenario Keruntuhan Tunggal Bendungan Batu Bulan

No	Item	Piping Atas	Overtopping
1	El. Puncak DAM (m)	65.50	65.50
2	Panjang Puncak Bendungan (m)	580.00	580.00
3	Initial Water Surface (m)	63.50	65.60
4	Lebar Ambang Spillway (m)	60.00	60.00
5	El. Ambang Spillway (m)	60.00	60.00
6	Lebar Rekahan (m)	75.00	75.00
7	El.Dasar Rekahan (m)	28.60	28.60
8	El. MAW Waktu Mulai Merekah (m)	63.50	65.60
9	El. Pusat Rekahan (m)	60.00	-
10	Waktu Keruntuhan (dt)	3000	3000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8. Skenario Keruntuhan Bendungan Secara Simultan

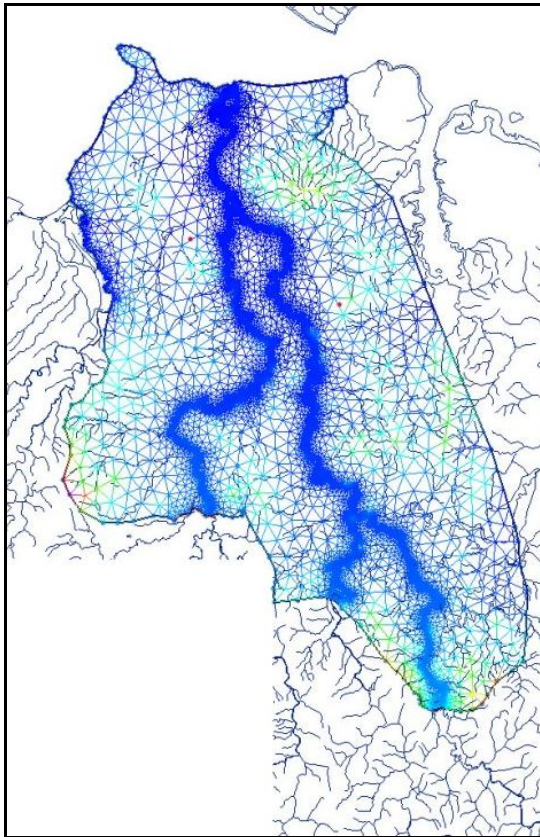
No	Item	Mamak	Batu bulan
		Overtopping	Overtopping
1	El. Puncak DAM (m)	99.5	65.5
2	Panjang Puncak Bendungan (m)	550	580
3	Initial Water Surface (m)	99.6	65.6
4	Lebar Ambang Spillway (m)	70	60
5	El. Ambang Spillway (m)	93.2	60
6	Lebar Rekahan (m)	75	75
7	El.Dasar Rekahan (m)	62	28.6
8	El. MAW Waktu Mulai Merekah (m)	99.6	65.6
9	El. Pusat Rekahan (m)	-	-
10	Waktu Keruntuhan (dt)	2700	3000

Sumber: Hasil Perhitungan

Penetapan Jaring Kerja (Mesh)

Kerapatan jaring-jaring sangat berpengaruh terhadap tingkat ketelitian hasil penelusuran banjir di hilir. Pada penelitian kali ini kerapatan jaring-jaring di alur sungai dibuat lebih rapat daripada bagian di luar alur sungai utama. Dengan asumsi sebelum banjir menggenangi wilayah bantaran, banjir terlebih dahulu akan memenuhi alur sungai utama.

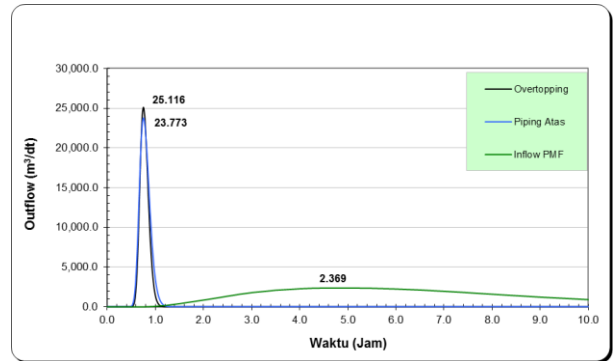
Sehingga pada penelitian ini di alur sungai dibuat jaring-jaring kerja dengan kerapatan 500 m² per jaring. Sedangkan di luar alur sungai utama dibuat 20.000m² per jaring. Yang perlu diketahui adalah makin rapat jaring-jaring kerja yang dibuat, maka waktu proses analisa yang dibutuhkan juga makin lama.



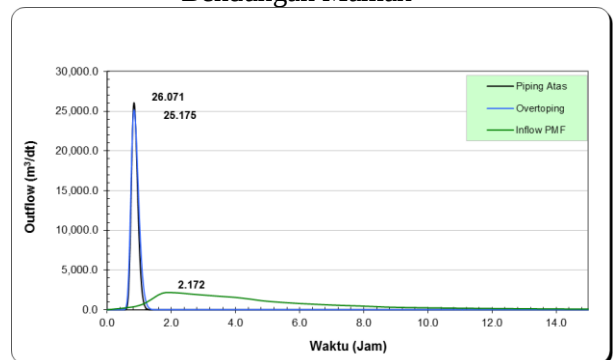
Gambar 14. Jaring-Jaring Kerja

Peta Banjir Keruntuhan Bendungan

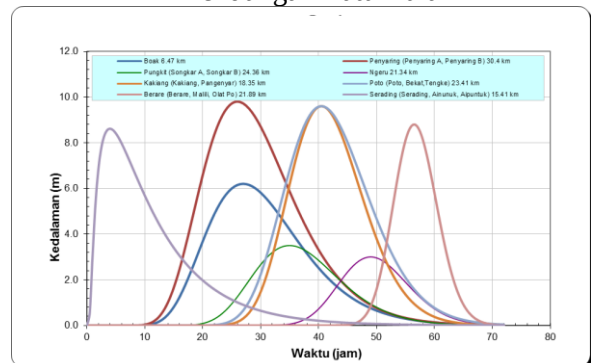
Dari skenario keruntuhan di atas, skenario keruntuhan akibat *overtopping* memberikan dampak terbesar seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut di bawah ini.



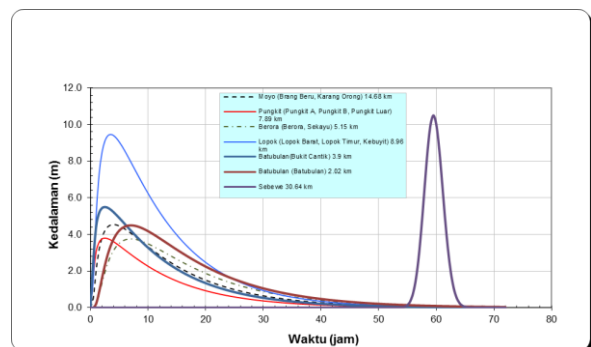
Gambar 15. Inflow-Outflow Keruntuhan Bendungan Mamak



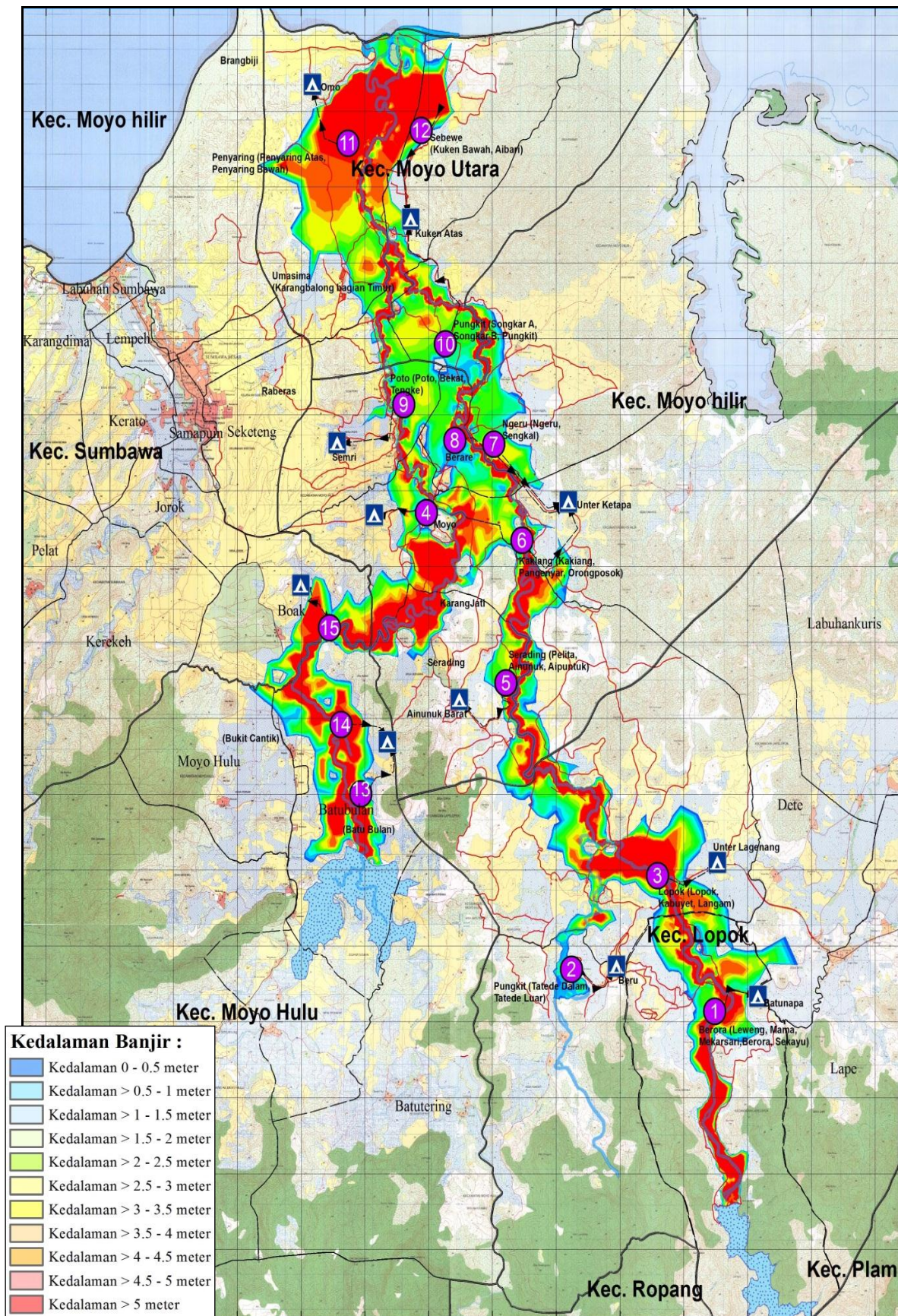
Gambar 16. Inflow-Outflow Keruntuhan Bendungan Batu Bulan



Gambar 17. Hidrograf Kedalaman (1/2)



Gambar 18. Hidrograf Kedalaman (2/2)



Gambar 19. Peta Resiko Daerah Genangan Keruntuhan Bendungan Mamak dan Batu Bulan Secara Simultan akibat *Overtopping*

Penduduk Terkena Resiko

Overlay antara peta banjir hasil simulasi keruntuhan secara simultan dan peta administrasi menghasilkan peta wilayah oenduduk terkena resiko apabila terjadi keruntuhan Bendungan Mamak dan Batu Bulan Secara Simultan.

Terdapat 15 desa di 4 kecamatan yang mengalami dampak langsung dari keruntuhan tersebut dengan total Penris 2.561 KK atau setara dengan 12.803 jiwa. Secara rinci dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini.

Tabel 9.Skenario Keruntuhan Bendungan Secara Simultan

No.	Lokasi Terdampak				Jumlah Penris		Zona Bahaya
	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Jarak dari Bendungan (km)	Jiwa	KK	
1	Berora (Berora, Sekayu)	Lopok	SUMBAWA	5.14	834	167	1
2	Pungkit (Pungkit A, Pungkit B, Pungkit Luar)	Lopok	SUMBAWA	7.88	146	29	1
3	Lopok (Lopok Barat, Lopok Timur, Kebuyit)	Lopok	SUMBAWA	8.96	1,884	377	1
Jumlah Penris Kecamatan Lopok					2,863	573	
4	Moyo (Brang Beru, Karang Orong)	Moyo hilir	SUMBAWA	14.68	997	199	2
5	Serading (Serading, Ainunuk, Aipuntuk)	Moyo hilir	SUMBAWA	15.40	1,085	217	2
6	Kakiang (Kakiang, Pangenyar)	Moyo hilir	SUMBAWA	18.34	155	31	2
7	Ngeru	Moyo hilir	SUMBAWA	21.34	204	41	2
8	Berare (Berare, Malili, Olat Po)	Moyo hilir	SUMBAWA	21.88	2,864	573	2
9	Poto (Poto, Bekat, Tengke)	Moyo hilir	SUMBAWA	23.40	841	168	2
Jumlah Penris Kecamatan Moyo hilir					6,146	1,229	
10	Pungkit (Songkar A, Songkar B)	Moyo Utara	SUMBAWA	24.35	278	56	2
11	Penyaring (Penyaring A, Penyaring B)	Moyo Utara	SUMBAWA	30.40	824	165	2
12	Sebewe	Moyo Utara	SUMBAWA	30.63	395	79	2
Jumlah Penris Kecamatan Moyo Utara					1,498	300	
13	Batubulan (Batubulan)	Moyo Hulu	SUMBAWA	2.02	774	155	1
14	Batubulan(Bukit Cantik)	Moyo Hulu	SUMBAWA	3.89	626	125	1
15	Boak	Moyo Hulu	SUMBAWA	6.46	897	179	1
Jumlah Penris Kecamatan Moyo Hulu					2,296	459	
TOTAL PENRIS KABUPATEN SUMBAWA					12,803	2,561	

Sumber : Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

Dari analisa yang dilakukan didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :

1. Simulasi keruntuhan 2 bendungan pada sistem sungai denditrik dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ZhongXing HY21. Hal tersebut menepis keragu-raguan beberapa penulis sebelumnya yang menyatakan bahwa simulasi ke-runtuhan secara simultan sulit dilakukan.
2. Sebaran banjir yang terjadi akibat keruntuhan Bendungan Mamak dan Batu Bulan secara administratif mencakup 15 Desa, 4 Kecamatan di Wilayah Kabupaten Sumbawa. Sebaran banjir tersebut di atas telah menggunakan pendekatan kerapatan jaring-jaring kerja (mesh) yang ber-beda, antara alur sungai utama dan bantaran sungai.

3. Karakteristik banjir yang terjadi di setiap lokasi terdampak mempunyai waktu kedatangan tercepat 30 menit untuk desa - desa yang berada kurang dari 10 km dari Bendungan Mamak maupun Batu Bulan, serta waktu paling lambat terjadi pada 12.5 jam yang terjadi pada lokasi yang berjarak lebih dari 24 km dari bendungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te. 1988. Applied Hidrology. New Tork: Mc Graw – Hill International Edition
- Chow, Ven Te. 1985. Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics). Terjemahan Suyatman, VFX. Kristanto Sugiharto dan E.V. Nensi Rosalina. Jakarta : Erlangga.

Masrevaniah, Aniek., 2010. Konstruksi Bendungan Urugan 1. Malang: Penerbit IKIP Malang.
Soemarto, CD., 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya : Usaha Nasional.

Sinotech Engineering Group, 2011. User Manual Zhong Xing-HY21. Taipei: Sinotech Engineering Group