



# Pengaruh Tampung Awal Waduk Dolog Terhadap Retensi Debit Banjir Kota Semarang Timur

H Heru

Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diterima 11 Februari 2022

Direvisi 16 Maret 2022

Diterbitkan 24 Juni 2022

## ABSTRAK

Debit Banjir Kota Semarang salah satunya berasal dari DAS yang ada di hulunya, salah satunya adalah DAS Sungai Dolog melalui bendung Pucanggading. Debit banjir bendung Pucang Gading berasal dari limpaan DAS Sungai Pucang Gading, Sungai Penggaron dan Sungai Dolog. Kondisi ketiga sungai menyumbang debit banjir pada waktu puncak yang hampir bersamaan, sehingga debit di bendung Pucang Gading menjadi gabungan dari ketiga sungai tersebut. Upaya untuk mengurangi terjadinya debit puncak di bendung Pucang Gading, adalah dengan cara pengatur waktu terjadinya debit puncak dari masing-masing sungai dengan pembuatan Waduk di Sungai Dolog salah satunya. Besarnya retensi dari waduk yang telah ditentukan.

### Kata kunci:

Debit

DAS

Bendung

## 1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah selain kebutuhan-kebutuhan lainnya. Pada musim kemarau air merupakan permasalahan yang belum seluruhnya dapat dipecahkan oleh pemerintah dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat yang makin lama semakin meningkat antara lain disebabkan oleh karena sumber air yang makin langka akibat penggundulan hutan dan penggunaan air yang tidak terkontrol.

Sungai Dolog mengalir diantara dua lembah Gunung Pertapan dan Gunung Girikusuma. Luas DAS Dolog  $\pm 35,4 \text{ km}^2$  yang merupakan hutan jati. Waduk Dolog direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku yang merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah selain kebutuhan-kebutuhan lainnya yang diperoleh dari pengelolaan sumber daya alam.

Waduk Dolog direncanakan untuk mengairi irigasi, suplay air baku Kabupaten Demak, dan pengendalian banjir. (Balai Besar, 2013)

## 2. Gambaran Daerah Kajian

Waduk Dolog berlokasi di Desa Banyumeneng, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1. Lokasi Kajian

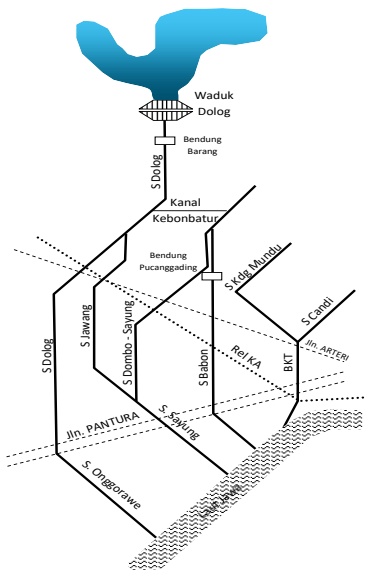
## 3. Pembahasan

### 3.1. Data Teknis

Sistem pengendalian banjir Kota Semarang Timur dipengaruhi oleh beberapa sungai yaitu : S. Mundu, S. Candi, S. Babon, S. Sayung dan S. Dolog. Lihat Gambar 2.

\*Penulis korespondensi.

E-mail: 55heru@gmail.com.



**Gambar 2.** Sistem Pengendali Banjir Semarang Timur

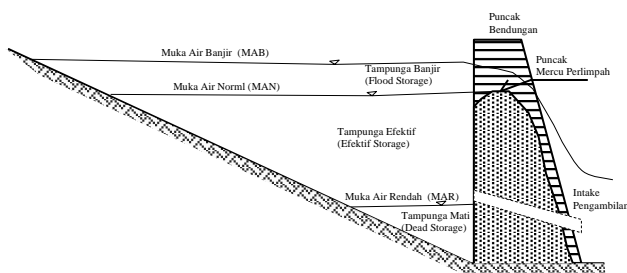
Sungai Dolog sebagai salah satu penyumbang debit banjir di Wilayah Kota Semarang Timur melalui Canal Kebon Batur menuju Bendung Pucang Gading dan masuk ke BKT lewat S. Babon ke Sal Pelayaran di Jalan Pantura.

Pengendalian debit banjir dapat dilakukan dengan mengendalikan pencapaian debit oucak dengan mengendalikan debit di masing-masing sungai, salah satunya adalah S. Dolog dengan pembuatan Waduk yang multiguna.

Dengan adanya Waduk di S. Dolog, diharapkan dapat menurunkan tinggi debit puncaknya dengan sistem retensi.

Fungsi Waduk sebagai retensi adalah tampungan yang berfungsi untuk menampung debit banjir sementara waktu pada daerah genangan.

Waduk sebagai kolam retensi buatan memiliki ruang terdiri atas 3 bagian yaitu : 1. Tampungan Mati (Dead Storage), 2. Tampungan Efektif (Efektif Storage) dan Tampungan Banjir (Flood Storage)



**Gambar 3.** Bagian Dari tampungan Waduk

Dalam simulasi tampungan waduk Dolog ditentukan data teknis sebagai berikut :

- Tampungan mati = 6.16 juta m<sup>3</sup>.
- Tampungan efektif = 36. juta m<sup>3</sup>.
- Total tampungan Waduk = 42.70 juta m<sup>3</sup>.
- Elevasi Muka Air Normal = +102 m
- Elevasi Tampungan Mati = +78,3 m
- Lebar Pelimpah = 60,0 m

### 3.2. Landasan Teori

Analisis retensi banjir pada waduk ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

#### 3.2.1. Kapasitas tampungan waduk

Data kapasitas tampungan merupakan data hasil pengukuran daerah rencana genangan (sebagaimana tersaji di Sub Bab sebelumnya.

#### 3.2.2. Kapasitas Debit Limpasan

Lengkung kapasitas debit limpasan adalah hubungan antara tinggi muka air dari puncak mercu dengan debit yang melimpas di atasnya. Hubungan ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{out} = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (1)$$

Dimana :

- $Q_{out}$  = Debit limpasan spillway.
- $C$  = Koefisien Limpasan ( $C=2,2$ )
- $L$  = lebar efektif pelimpah
- $H$  = tinggi muka air di hulu pelimpah.

#### 3.2.3. Curah Hujan Rancangan

Analisis frekuensi dilakukan untuk mencari distribusi dengan data yang tersedia dari pos-pos hujan yang ada. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data hujan maupun data debit. Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah : (Sosrodarsono, 1993)

- Distrbusi Gumbel
- Distrbusi Log Pearson tipe III
- Distribusi log Normal
- Distrbusi Normal

Urutan yang lazim dilakukan dalam analisis frekuensi :

- a) Hitung besaran statistic data yang bersangkutan, yaitu: nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ), simpangan baku  $S$ , koefisien asimetri/skewness  $C_s$ , koefisien variasi  $C_v$  dan koefisien kurtosis  $C_k$ , , perkiraan distribusi yang sesuai berdasarkan besaran statistic diatas.
- b) Urutkan data dari yang kecil ke besar atau sebaliknya
- c) Gambarkan data di atas berbagai kertas probabilitas
- d) Tarik garis teoritik di atas gambar tersebut dan lakukan pemeriksaan kecocokan (goodness of fit) dengan uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov

Persamaan-persamaan dari masing-masing Distribusi adalah sebagai berikut :

- Persamaan Gumbel untuk kala ulang  $T$  tahun.

$$X = \bar{x} + S_x (0,78y - 0,45) \quad (2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

$$Y = -\ln \left( -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right) \quad (4)$$

Dimana :

- $\bar{x}$  = rata tahunan
- $S_x$  = simpangan baku
- $Y$  = perubahan reduksi
- $N$  = jumlah data

Bentuk lain dari persamaan Gumbel adalah :

$$X_t = \bar{x} + K S_x \quad (5)$$

Dimana :

$X_t = x$  yang terjadi pada kala ulang t (tahun).

$\bar{x}$  = rata tahunan

$S_x$  = simpangan baku

K = konstanta yang dapat dibaca dari tabel Gumbel.

Nilai K dapat diperoleh dari persamaan :

$$K = \frac{yt - yn}{Sn} \quad (6)$$

Dimana :

Yn dan Sn = besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan (n)

Yt = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas, besaran K, Sn, Yn, Yt (lihat tabel sampai dengan tabel)

- Persamaan Log Pearson Tipe III untuk kala ulang T tahun.

$$X_{Tr} = \text{Log } x + K_{Tr} S_{\text{Log } x} \quad (6)$$

Dimana:

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } xi}{N} \quad (7)$$

$$S_{\text{Log } x} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } xi - \text{Log } \bar{x})^2}{N - 1} \quad (8)$$

$$Cs_{\text{Log } x} = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } xi - \text{Log } \bar{x})^3}{(N - 1) \cdot (N - 2) \cdot (S_{\text{Log } x})^3} \quad (9)$$

Dimana :

Kr = koefisien asimetris untuk suatu kala ulang tertentu, tergantung nilai Cslog x.

- Persamaan Log Normal untuk kala ulang T tahun.

$$X_{Tr} = \text{Log } x + K_{Tr} S_{\text{Log } x} \quad (10)$$

Dimana :

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } xi}{N} \quad (11)$$

$$S_{\text{Log } x} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } xi - \text{Log } \bar{x})^2}{N - 1} \quad (12)$$

$$Cs_{\text{Log } x} = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } xi - \text{Log } \bar{x})^3}{(N - 1) \cdot (N - 2) \cdot (S_{\text{Log } x})^3} = 0 \quad (13)$$

- Persamaan Distribusi Normal untuk data di Indonesia pada .

Berikut sajian secara umum beberapa sifat khas masing-masing distribusi.

Distribusi Normal

Memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (skewness) hampir sama dengan nol ( $Cs \approx 0$ ) dengan kurtosis = 3

Distribusi Log Normal

Memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (skewness)  $Cs$  hampir sama dengan 3 dan bertanda positif, atau dengan nilai  $Cs$  kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien variansi  $Cv$ .

Distribusi Gumbel Tipe I

Memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (skewness)  $Cs \approx 1,1396$

Distribusi Log Pearson Tipe III

Tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini.

### 3.2.4. Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf satuan sintetis ini dikembangkan oleh Sri Harto yang diturunkan berdasarkan teori hidrograf satuan sintetis yang dikemukakan oleh Sherman. Hidrograf satuan sintetis Gama-I merupakan persamaan empiris yang diturunkan dengan mendasarkan pada parameter-parameter DPS terhadap bentuk dan besaran hidrograf satuan parameter-parameter DPS tersebut yaitu faktor sumber (SF), frekuensi sumber (SN), faktor lebar (WF), luas relatif (RUA), faktor simetris (SIM) dan jumlah pertemuan sungai. (Wilson, E. M., 1993)

Satuan hidrograf sintetis Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut :

Waktu naik TR dinyatakan dalam persamaan :

$$TR = 0.43 (L/100 SF)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775 \quad (14)$$

Dimana :

- TR = waktu naik (jam)
- L = panjang sungai (km)
- SF = faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat I dengan panjang sungai semua tingkat.
- SIM = faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA).
- WF = faktor lebar yaitu perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak 3/4 L dan lebar DPS yang diukur dari titik yang berjarak 1/4 L dari tempat pengukuran.

Debit Puncak (QP) dinyatakan dengan rumus :

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1457} \cdot S^{-0,0956} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2574} \quad (15)$$

Dimana :

- TB = waktu dasar
- TR = waktu naik
- S = landai sungai rata-rata
- SN = frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat I dengan jumlah sungai semua tingkat.
- RUA = luas relatif DAS hulu.

Koefisien Penampungan (K) dinyatakan dengan rumus :

$$K = 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0697} \cdot D^{0,0452} \quad (16)$$

Dimana :

K	=	Koefisien penampungan
A	=	Luas DAS (km <sup>2</sup> )
S	=	Landai sungai rata-rata
SF	=	Faktor Sumber
D	=	Kerapatan drainase

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-(L/K)} \quad (17)$$

Dimana :

Q <sub>t</sub>	=	Debit pada waktu t (m <sup>3</sup> /det)
Q <sub>p</sub>	=	Debit puncak (m <sup>3</sup> /det)
t	=	Waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam)
K	=	Koefisien tampungan.

### 3.2.5. Penelusuran Aliran di Waduk

Metode penelusuran banjir di waduk ini digunakan untuk menghitung hidrograf aliran ke luar dari waduk dengan muka air datar, jika diketahui hidrograf aliran masuk dan karakteristik tampungan aliran keluar. (Van Te Chow, 1984)

Tampungan disini mempunyai pengertian isi atau volume air dalam waduk. Dengan berubahnya bentuk hidrograf aliran masuk maka adanya isi tampungan akan berubah pula.

Persamaan dasar yang digunakan adalah persamaan kesinambungan dimana :

$$\text{Volume Rata2 Aliran masuk} - \text{Vol. Rata2 Aliran Keluar} = \text{Perubahan Vol. Tampungan} \quad (18)$$

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] \cdot t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] \cdot t = S_2 - S_1 \quad (19)$$

$$2(I_n + I_{n-1})t - 2(O_n - O_{n-1})t = S_{n-1} - S_n \quad (20)$$

Dimana :

I <sub>n</sub>	=	Aliran Masuk pada interval waktu n
O <sub>n</sub>	=	Aliran Keluar pada interval waktu n
S <sub>n</sub>	=	Storage / Volume tampungan di waduk pada interval waktu n

Selisih aliran masuk dan aliran keluar merupakan pertambahan tampungan jika bernilai positif dan pengurangan tampungan bila bernilai negatif.

Sehingga persamaan tersebut di atas dapat ditulis menjadi:

$$\left( 2 \frac{S_{n+1}}{\Delta t} \right) + O_{n+1} - \left( 2 \frac{S_n}{\Delta t} \right) - O_n = (I_n + I_{n+1}) \quad (21)$$

Supaya O<sub>n+1</sub> dapat dihitung dari persamaan tersebut, maka fungsi tampungan vs aliran keluar yang berhubungan dengan (2S/Δt) + O dan O merupakan hal yang sangat penting untuk ditentukan.

Cara yang dapat digunakan untuk menentukan hubungan tersebut adalah melalui hubungan elevasi – tampungan (vol. waduk) disebut lengkung Kapasitas Waduk. dan hubungan anatar elevasi – aliran keluar disebut lengkung kapasitas limpasan.

Pada mulanya S<sub>n</sub> dan O<sub>n</sub> perlu diketahui sehingga semua besaran di ruas kanan diketahui sehingga besaran (2 S<sub>n+1</sub>)/Δt +

O<sub>n+1</sub> dapat dihitung. Nilai besaran O<sub>n+1</sub> dapat dicari melalui kurva hubungan O dan (2 S/Δt) + O seperti pada Gambar 4 atau melalui interpolasi nilai-nilai yang ada dalam tabel. Untuk mencari nilai S<sub>n</sub> dan O<sub>n</sub> pada langkah waktu berikutnya, nilai besaran (2 S<sub>n+1</sub>)/Δt - O<sub>n+1</sub> dihitung melalui persamaan berikut ini :

$$\left( \frac{2S_{n+1}}{\Delta t} - O_{n+1} \right) = \left( \frac{2S_{n+1}}{\Delta t} + O_{n+1} \right) - 2O_{n+1} \quad (22)$$

Pada ruas kanan pada persamaan 3 terdiri dari 2 anu yang telah diketahui besarnya sebelumnya, (2 S<sub>n+1</sub>)/Δt + O<sub>n+1</sub> dan O<sub>n+1</sub>, sehingga ruas kiri dapat dihitung. Prosedur perhitungan ini diulangi setiap urutan penelusuran.

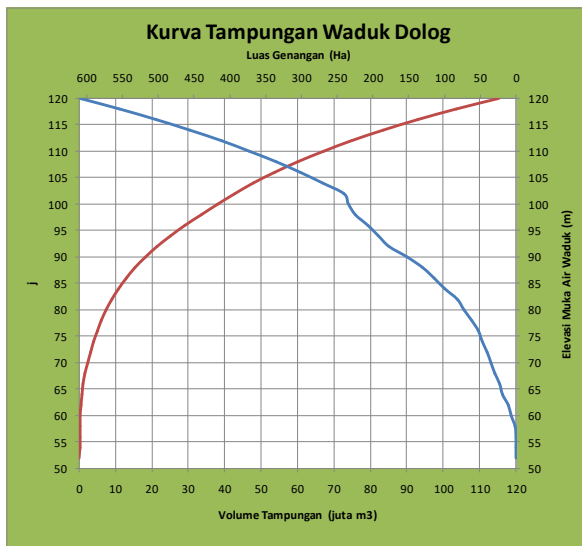
### 3.3 Hasil Pembahasan

#### 3.3.1. Lengkung Kapasitas Tampungan Waduk.

Kapasitas tampungan rencana waduk Dolog di dasarkan pada hasil pengukuran topografi yang dilaksanakan oleh PT. METTANA pada tahun 2016. Dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Kapasitas Tampungan Waduk Dolog

Elevasi (m)	Luas area (ha)	Volume	
		Segmen (jt m3)	Kumulatif (jt m3)
52	0	0	0
54	0,168	0,003	0,003
56	0,601	0,008	0,011
58	1,601	0,022	0,033
60	6,784	0,084	0,117
62	11,324	0,181	0,298
64	19,130	0,305	0,603
66	22,810	0,419	1,022
68	29,347	0,522	1,544
70	34,886	0,642	2,186
72	40,065	0,750	2,935
74	47,415	0,875	3,810
76	52,476	0,999	4,809
78	61,811	1,143	5,952
80	72,899	1,347	7,299
82	81,590	1,545	8,844
84	99,518	1,811	10,655
86	114,735	2,143	12,798
88	130,441	2,452	15,249
90	152,266	2,827	18,076
92	177,430	3,297	21,373
94	191,748	3,692	25,065
96	207,105	3,989	29,054
98	224,147	4,313	33,366
100	234,503	4,587	37,953
102	240,393	4,749	42,702
104	270,735	5,111	47,813
106	301,602	5,723	53,536
108	335,309	6,369	59,905
110	372,061	7,074	66,979
112	412,067	7,841	74,820
114	455,551	8,676	83,497
116	502,745	9,583	93,079
118	553,895	10,566	103,646
120	609,255	11,631	115,277



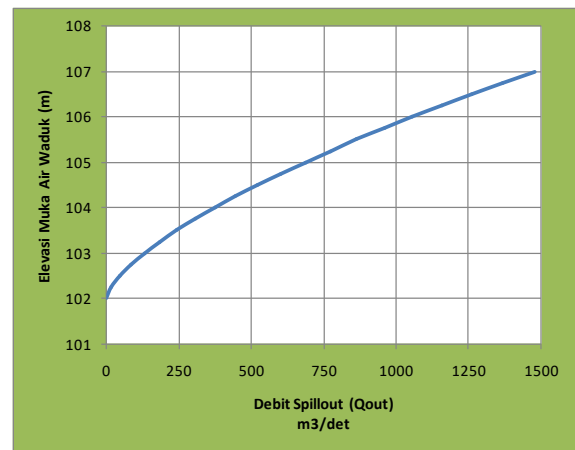
**Gambar 4** Lengkung Kapasitas Waduk Dolog

### 3.3.2. Lengkung Kapasitas Pelimpah

**Tabel 2** Lengkung Kapasitas Pelimpah

No	Elevasi (m)	Debit (m3/det)
1	102,00	0,0
2	102,25	16,5
3	102,50	46,7
4	102,75	85,7
5	103,00	132,0
6	103,25	184,5
7	103,50	242,5
8	103,75	305,6
9	104,00	373,4
10	104,25	445,5
11	104,50	521,8
12	104,75	602,0
13	105,00	685,9
14	105,25	773,4
15	105,50	864,3
16	105,75	958,6
17	106,00	1056,0
18	106,25	1156,5
19	106,50	1260,1
20	106,75	1366,5
21	107,00	1475,8

Sumber : Data Sekunder, Tahun 2016



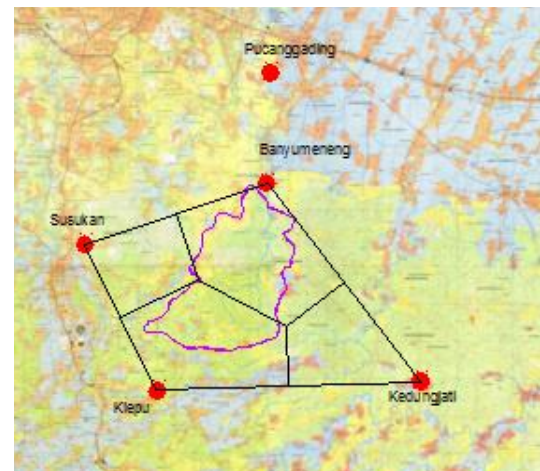
**Gambar 5** Lengkung Kapasitas Pelimpah Waduk Dolog

### 3.3.3. Ketersediaan Data Curah Hujan

Pada lokasi tidak terdapat data debit, untuk mendapatkan debit banjir digunakan pembangkitan dari data hujan. Adapun data curah hujan yang digunakan adalah :

Dari peta isohyet tersebut dapat diketahui bahwa daerah-daerah dengan hujan yang besar ada terdapat di daerah pegunungan seperti di Kabupaten Semarang, Kota Salatiga dan Kabupaten Jepara (Pegunungan Muria).

Didalam DAS rencana Bendungan Dolog dipilih stasiun hujan yang terdekat dan mewakili DAS. Adapun Data hujan tersebut terdiri dari



**Gambar 6** Peta Poligon Theissen DAS Waduk Dolog

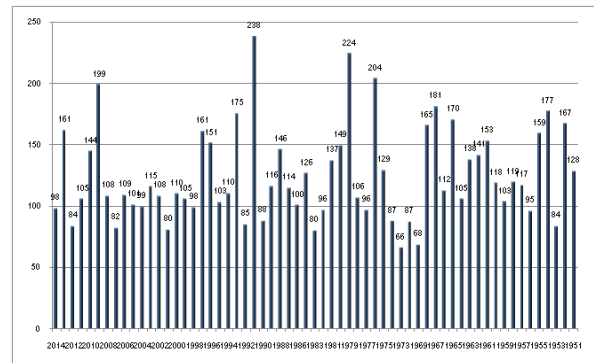
**Tabel 3.** Koef Theissen DAS waduk Dolog

Stasiun	Area	faktor koreksi	Luas Daerah Pengaruh
Banyumeneng	19865565,64	0,594	59,361
Klepu	14600326,85	0,406	40,639
Jumlah	34465892,49	1,000	100

**Tabel 4.** Data Curah Hujan Harian Maksimum DAS wadukDolog

No	Tahun	Stasiun		R max
		Klepu	Banyumeneng	
1	2014	48	50	98
2	2013	74	87	161
3	2012	46	38	84
4	2011	55	50	105
5	2010	55	89	144
6	2009	104	95	199
7	2008	49	59	108
8	2007	35	47	82
9	2006	52	56	109
10	2005	37	64	101
11	2004	43	56	99
12	2003	39	76	115
13	2002	51	57	108
14	2001	42	38	80
15	2000	48	62	110
16	1999	43	63	105
17	1998	39	59	98
18	1997	89	71	161
19	1996	102	49	151
20	1995	37	66	103
21	1994	46	64	110
22	1993	93	82	175
23	1992	35	50	85
24	1991	133	105	238
25	1990	43	45	88
26	1989	53	63	116
27	1988	105	41	146
28	1987	29	85	114
29	1986	37	63	100
30	1985	36	90	126
31	1983	31	49	80
32	1982	31	65	96
33	1981	30	107	137
34	1980	59	90	149
35	1979	111	113	224
36	1978	32	74	106
37	1977	31	65	96
38	1976	58	145	204
39	1975	36	93	129
40	1974	27	61	87
41	1973	21	45	66
42	1970	43	45	87
43	1969	39	29	68
44	1968	91	75	165
45	1967	111	70	181
46	1966	35	78	112
47	1965	84	86	170
48	1964	45	61	105
49	1963	61	77	138
50	1962	55	86	141
51	1961	91	61	153
52	1960	61	57	118
53	1959	43	61	103
54	1958	47	72	119
55	1957	37	80	117
56	1956	47	49	95
57	1955	85	74	159
58	1954	77	100	177
59	1953	31	52	84
60	1952	76	91	167
61	1951	42	86	128

Sumber : Analisis Data Sekunder

**Gambar 7.** Grafik Curah Hujan Maksimum DAS Waduk Dolog

### 3.3.4. Analisis Curah Hujan Rancangan

Distribusi hujan (agihan hujan) jam-jaman ditetapkan dengan cara pengamatan langsung terhadap data pencatatan hujan jam-jaman pada stasiun yang paling berpengaruh pada DAS. Pada lokasi kajian data hujan agihan tidak tersedia, maka dilakukan optimasi durasi untuk hujan 6 jam sampai 24 jam, misal 6,9,15 dan 24 (PSA-007). (ABI, R., 2022).

**Tabel 5.** Durasi Hujan DAS Waduk Dolog

Kala Ulang	Durasi Hujan 6 jam dalam (mm)					
	1	2	3	4	5	6
5	2,45	4,08	42,82	6,93	2,45	2,45
10	3,03	6,06	51,49	9,09	3,03	3,03
20	3,63	7,65	61,03	11,08	3,63	3,63
25	3,75	8,14	62,89	11,58	3,75	3,75
50	4,29	10,72	69,71	13,94	4,29	4,29
100	4,82	12,85	77,10	16,06	4,82	4,82
200	5,35	14,56	85,15	17,98	5,35	5,35
1000	6,59	20,87	100,52	23,62	6,59	6,59
CMB	12,14	48,56	169,95	48,56	12,14	12,14

Pemilihan distribusi hujan berdasarkan 3 metode yang dilakukan dan diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 6** Parameter Pemilihan Distribusi

Metode	$\alpha$	X tabel	X kritis		
			Log Pearson III	Gumbel	Log Normal
Smirnov	1	0,209	0,08	0,56	0,1
	%				
	5	0,174	0,08	0,56	0,1
	%				
Chi-square	Keterangan		Diterima	Ditolak	Diterima
	1%	13,277	6,3	9,03	4,19
	5%	9,488	6,3	9,03	4,19
	Keterangan		Diterima	Diterima	Diterima

Dari hasil perbandingan diatas, metode yang paling mendekati dengan persyaratan adalah metode Log Person Type III. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa distribusi data yang digunakan adalah distribusi Log Person Type III.

### 3.3.5. Analisis Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf satuan sintetis yang dipakai dalam analisis ini adalah Hidrograf satuan sintetis Gama-1 merupakan persamaan empiris yang diturunkan dengan mendasarkan pada parameter-parameter DPS terhadap bentuk dan besaran hidrograf satuan parameter-parameter DPS tersebut yaitu faktor sumber (SF),

frekuensi sumber (SN), faktor lebar (WF), luas relatif (RUA), faktor simetris (SIM) dan jumlah pertemuan sungai.

1	Jumlah pangsa sungai tingkat 1 (N1)	=	40 buah
2	Jumlah pangsa sungai semua tingkat (Nt)	=	102 buah
3	Panjang pangsa sungai tingkat 1 (L1)	=	21.885 km
4	Panjang pangsa sungai semua tingkat (Lt)	=	65.186 km
5	Jumlah pertemuan sungai (JN)	=	85 buah
6	Luas DTA (A)	=	35.000 km <sup>2</sup>
7	Luas DTA hulu (AU)	=	25.000 km <sup>2</sup>
8	Panjang sungai utama (L)	=	26.000 km
9	0.75 L	=	19.500 km
10	0.25 L	=	6.500 km
11	Kemiringan sungai rata-rata (S)	=	0.019
12	Faktor sumber (SF)	=	0.336
13	Frekuensi sumber (SN)	=	0.382
14	Kerapatan jaringan kuras (D)	=	1.862 km/km <sup>2</sup>
15	B . 0.75 L (Wu)	=	26.25 km
16	B . 0.25 L (Wt)	=	8.750 km
17	Faktor lebar (WF)	=	3.000
18	Perbandingan DTA hulu dan DTA (RUA)	=	0.714
19	SIM = RUA * WF	=	2.143

Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut :

Waktu naik TR dinyatakan dalam persamaan :

$$TR = 0.43(L/100SF)^{0.3} + 1.066 \cdot SIM + 1.278$$

Debit Puncak (QP) dinyatakan dengan rumus :

$$QP = 0,184 \cdot A^{0,589} \cdot TR^{-0,401} \cdot JN^{0,238}$$

Waktu dasar (TB) dinyatakan dengan rumus :

$$TB = 27,413 \cdot TR^{0,146} \cdot S^{-0,096} \cdot SN^{0,734} \cdot RUA^{0,257}$$

Koefisien Penampungan (K) dinyatakan dengan rumus :

$$K = 0,562 \cdot A^{0,180} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,070} \cdot D^{0,045}$$

Recession Curve

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-(L/K)}$$

Dengan memasukkan parameter DAS Waduk Dolog, maka diperoleh nilai :

$$TR = 3,76 \text{ jam}$$

$$QP = 2.520 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$TB = 22,347 \text{ jam}$$

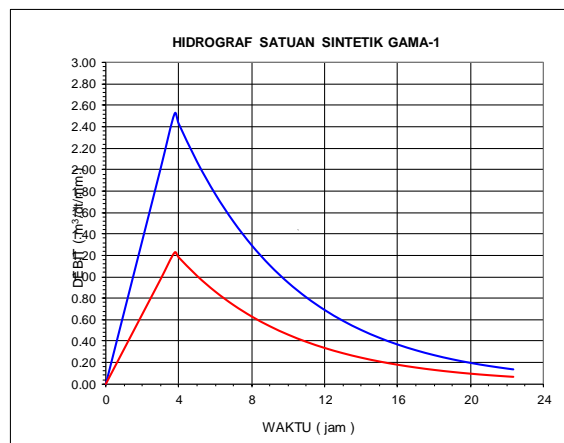
$$K = 6,258$$

$$QB = 8,443 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Tabel 7.** Hidrografi Satuan Sintetis Gamma I

t (Jam)	Qt m <sup>3</sup> /dt/mm	Qt terkoreksi (m <sup>3</sup> /dt/mm)
0	0,00	0,00

1	0,67	0,33
2	1,34	0,65
3	2,01	0,98
3,8	2,52	1,23
4	2,43	1,18
5	2,07	1,01
6	1,77	0,86
7	1,51	0,74
8	1,29	0,63
9	1,11	0,54
10	0,94	0,46
11	0,81	0,39
12	0,69	0,34
13	0,59	0,29
14	0,50	0,24
15	0,43	0,21
16	0,37	0,18
17	0,31	0,15
18	0,27	0,13
19	0,23	0,11
20	0,20	0,10
21	0,17	0,08
22	0,14	0,07



**Gambar 8.** Hidrografi Satuan Sintetik Gamma-I

## HIDROGRAF BANJIR RANCANGAN

Hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_t = U_1 R_i + U_2 R_{i-1} + U_3 R_{i-2} + \dots + U_n R_{i-n+1} + B_f$$

Dimana :

$Q_k$  = Ordinat hidrograf banjir pd jam ke t.

$U_n$  = Ordinat hidrograf satuan

$R_i$  = Hujan netto (efektif) pada jam ke I

$B_f$  = Aliran dasar (base flow)

Rumus di atas dalam bentuk tabel dapat disajikan sebagai berikut :

Hidrograf Satuan (m <sup>3</sup> /dt/mm)	R1 (mm)	R2 (mm)	Rn	Rm (mm)	Aliran Dasar (m <sup>3</sup> /dt)	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
Q1	q1.R1	-	-	-	B	Q1
Q1	q2.R1	q1.R2	-	-	B	Q2
Q3	q3.R1	q2.R2	...	-	B	Q3
Q4	q4.R1	q3.R2	...	q1.Rm	B	Q4
Q5	q5.R1	q4.R2	...	q2.Rm	B	Q5
...	...	q5.R2	...	q3.Rm	B	Qn
Qn	qn.R1	...	...	q4.Rm	B	Qn + 1
		qn.R2	...	q5.Rm	B	Qn + 2
			...	...	B	Qn + 3
			...	qn.Rm	B	Qn + m - 1



**Tabel 8.** Hidrograf Banjir Rancangan Gama-1 distribusi hujan 6 jam.

t	Unit	Kala Ulang 50 tahun						
Jam	Hidrogr	1	2	3	4	5	6	Q banjir
0	0	0,0						8,4
1	0,67	2,9	0,0					12,0
2	1,34	5,7	7,2	0,0				22,7
3	2,01	8,6	14,4	46,7	0,0			80,1
3,8	2,52	10,8	21,5	93,4	9,3	0,0		146,1
4	2,43	10,4	27,0	140,1	18,7	2,9	0,0	210,0
5	2,07	8,9	26,0	175,7	28,0	5,7	2,9	257,8
6	1,77	7,6	22,2	169,4	35,1	8,6	5,7	258,9
7	1,51	6,5	19,0	144,3	33,9	10,8	8,6	233,0
8	1,29	5,5	16,2	123,4	28,9	10,4	10,8	204,9
9	1,11	4,8	13,8	105,3	24,7	8,9	10,4	177,4
10	0,94	4,0	11,9	89,9	21,0	7,6	8,9	152,8
11	0,81	3,5	10,1	77,4	18,0	6,5	7,6	132,2
12	0,69	3,0	8,7	65,5	15,5	5,5	6,5	113,8
13	0,59	2,5	7,4	56,5	13,1	4,8	5,5	98,8
14	0,5	2,1	6,3	48,1	11,3	4,0	4,8	85,6
15	0,43	1,8	5,4	41,1	9,6	3,5	4,0	74,3
16	0,37	1,6	4,6	34,9	8,2	3,0	3,5	64,5
17	0,31	1,3	4,0	30,0	7,0	2,5	3,0	56,5
18	0,27	1,2	3,3	25,8	6,0	2,1	2,5	49,7
19	0,23	1,0	2,9	21,6	5,2	1,8	2,1	43,3
20	0,2	0,9	2,5	18,8	4,3	1,6	1,8	38,5
21	0,17	0,7	2,1	16,0	3,8	1,3	1,6	34,2
22	0,14	0,6	1,8	13,9	3,2	1,2	1,3	30,6
23	0,14	0,6	1,5	11,9	2,8	1,0	1,2	27,5
24	0,14	0,6	1,5	9,8	2,4	0,9	1,0	24,7
25	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,7	0,9	24,0
26	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,7	23,7
27	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
28	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
29	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
30	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
31	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
32	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
33	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
34	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6
35	0,14	0,6	1,5	9,8	2,0	0,6	0,6	23,6

Sumber : Analisis Data Sekunder

4,0	210,0	165,7	231,8	397,4	19,2	102,27
4,5	233,9	221,9	378,2	600,1	35,4	102,41
5,0	257,8	245,8	564,7	810,5	53,6	102,54
5,5	258,3	258,0	756,9	1015,0	74,1	102,68
6,0	258,9	258,6	940,9	1199,5	93,7	102,79
6,5	246,0	252,4	1105,8	1358,2	112,2	102,89
7,0	233,0	239,5	1246,0	1485,5	127,0	102,97
7,5	219,0	226,0	1358,6	1584,5	139,3	103,03
8,0	204,9	212,0	1445,3	1657,2	148,7	103,08
8,5	191,2	198,0	1508,6	1706,6	155,1	103,11
9,0	177,4	184,3	1551,5	1735,8	158,9	103,13
9,5	165,1	171,2	1576,9	1748,1	160,5	103,14
10,0	152,8	158,9	1587,6	1746,6	160,3	103,13
10,5	142,5	147,6	1586,3	1733,9	158,6	103,13
11,0	132,2	137,4	1575,3	1712,6	155,9	103,11
11,5	123,0	127,6	1556,8	1684,4	152,2	103,10
12,0	113,8	118,4	1532,2	1650,6	147,8	103,08
12,5	106,3	110,0	1502,8	1612,8	142,9	103,05
13,0	98,8	102,6	1469,9	1572,5	137,7	103,03
13,5	92,2	95,5	1434,8	1530,3	132,2	103,00
14,0	85,6	88,9	1398,1	1487,0	127,2	102,97
14,5	80,0	82,8	1359,8	1442,6	122,0	102,95
15,0	74,3	77,1	1320,6	1397,8	116,8	102,92
15,5	69,4	71,9	1281,0	1352,9	111,5	102,89
16,0	64,5	67,0	1241,3	1308,3	106,4	102,86
16,5	60,5	62,5	1202,0	1264,5	101,3	102,83
17,0	56,5	58,5	1163,2	1221,7	96,3	102,81
17,5	53,1	54,8	1125,4	1180,2	91,5	102,78
18,0	49,7	51,4	1088,7	1140,1	86,8	102,76
18,5	46,5	48,1	1053,3	1101,4	82,8	102,73
19,0	43,3	44,9	1018,6	1063,5	79,0	102,71
19,5	40,9	42,1	984,6	1026,7	75,3	102,68
20,0	38,5	39,7	951,4	991,1	71,7	102,66
20,5	36,4	37,5	919,4	956,9	68,3	102,64
21,0	34,2	35,3	888,6	923,9	65,0	102,62
21,5	32,4	33,3	858,9	892,3	61,8	102,60
22,0	30,6	31,5	830,5	862,0	58,8	102,58
22,5	29,1	29,8	803,2	833,1	55,9	102,56
23,0	27,5	28,3	777,2	805,5	53,1	102,54
23,5	26,1	26,8	752,4	779,2	50,4	102,52
24,0	24,7	25,4	728,7	754,1	47,9	102,51
24,5	24,3	24,5	706,2	730,6	45,8	102,49
25,0	24,0	24,2	684,8	709,0	44,1	102,48
25,5	23,9	23,9	664,9	688,8	42,5	102,47
26,0	23,7	23,8	646,4	670,2	41,0	102,45
26,5	23,7	23,7	629,2	652,9	39,6	102,44
27,0	23,6	23,6	613,3	636,9	38,3	102,43
27,5	23,6	23,6	598,6	622,2	37,2	102,42
28,0	23,6	23,6	585,0	608,6	36,1	102,41
28,5	23,6	23,6	572,5	596,1	35,1	102,40
29,0	23,6	23,6	561,1	584,7	34,2	102,40
29,5	23,6	23,6	550,5	574,1	33,3	102,39
30,0	23,6	23,6	540,8	564,4	32,5	102,38
30,5	23,6	23,6	531,8	555,4	31,8	102,38
31,0	23,6	23,6	523,6	547,2	31,2	102,37
31,5	23,6	23,6	516,0	539,6	30,6	102,37
32,0	23,6	23,6	509,0	532,6	30,0	102,36
32,5	23,6	23,6	502,6	526,2	29,5	102,36

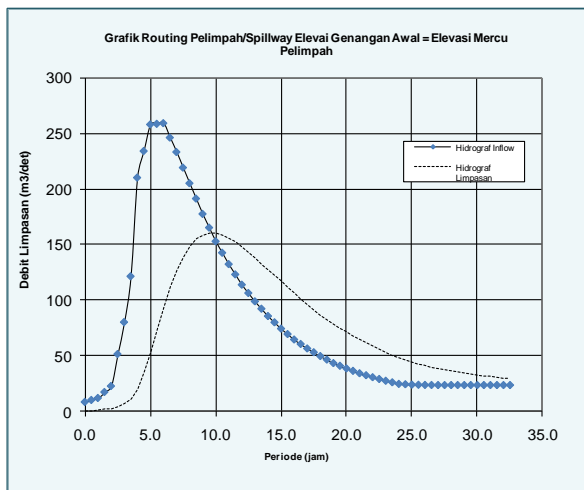
Sumber : Analisis Data Sekunder

Dari hasil penelusuran tersebut terlihat bahwa pada tampungan awal muak air pada elevasi mercu pelimpah, debit banjir teretensi dari 258.89 m<sup>3</sup>/det menjadi 160.48 m<sup>3</sup>/det, dan terjadi pergeseran waktu puncak sebesar 3,5 jam.

**Tabel 9.** Penelusuran Debit Banjir Waduk Dolog

Jam	I (m <sup>3</sup> /dt)	(I <sub>1</sub> +I <sub>2</sub> )/2 (m <sup>3</sup> /dt)	ψ (m <sup>3</sup> /dt)	φ (m <sup>3</sup> /dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Elevasi (m)
0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	102,00
0,5	10,2	9,3	0,0	9,3	0,4	102,01
1,0	12,0	11,1	8,9	20,0	0,9	102,01
1,5	17,4	14,7	19,1	33,8	1,5	102,02
2,0	22,7	20,0	32,2	52,3	2,4	102,04
2,5	51,4	37,1	49,9	87,0	4,0	102,06
3,0	80,1	65,8	83,0	148,8	6,8	102,10
3,5	121,4	100,7	142,0	242,8	11,0	102,17

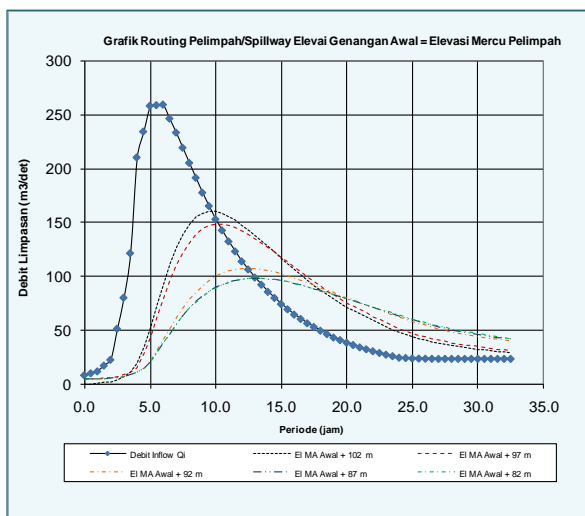




**Gambar 9.** Grafik Penelusuran Banjir pada waduk Dolog dengan Elevasi tampungan Awal sama dengan Mercu Pelimpah

Dengan debit limpasan sebesar 160,48 m<sup>3</sup>/det, kapasitas sungai Dolog di hilir bendungan masih perlu di normalisasi. untuk mengefektifkan hal tersebut, maka dilakukan simulasi penelusuran banjir dengan simulasi tampungan awal dari kondisi rata mercu sampai rata tampungan mati (dead storge).

Hasil simulasi menunjukkan seperti terlihat pada gambar berikut:



**Gambar 10.** Grafik Simulasi Penelusuran Debit Banjir dengan Variabel Muka Air Awal Penelusuran.

**Tabel 10.** Simulasi Muka Air Awal Penelusuran Waduk Dolog

Jam	Debit Inflow (Qi) (m <sup>3</sup> /dt)	Elevasi awal Penelusuran					Ket,
		+ 102 m	+ 97 m	+ 92 m	+ 87 m	+ 82 m	
0,0	8,4	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
0,5	10,2	0,4	5,0	5,0	5,0	5,0	
1,0	12,0	0,9	5,3	5,2	5,2	5,2	
1,5	17,4	1,5	5,6	5,3	5,3	5,3	
2,0	22,7	2,4	6,0	5,6	5,6	5,6	
2,5	51,4	4,0	6,8	6,1	6,1	6,1	
3,0	80,1	6,8	8,5	7,1	7,1	7,1	
3,5	121,4	11,0	11,1	8,6	8,7	8,7	
4,0	210,0	19,2	15,5	11,3	11,3	11,4	
4,5	233,9	35,4	28,6	14,8	14,8	14,9	
5,0	257,8	53,6	44,1	21,9	21,3	22,0	
5,5	258,3	74,1	62,7	32,0	30,1	31,5	
6,0	<b>258,9</b>	93,7	80,4	41,6	38,7	40,5	
6,5	246,0	112,2	96,9	51,7	46,6	49,4	
7,0	233,0	127,0	111,0	61,9	55,8	58,4	
7,5	219,0	139,3	122,4	70,9	63,9	66,3	
8,0	204,9	148,7	131,2	78,5	71,0	73,2	
8,5	191,2	155,1	138,5	85,0	77,0	79,1	
9,0	177,4	158,9	143,6	90,8	82,1	84,0	
9,5	165,1	<b>160,5</b>	146,7	95,6	86,4	88,2	
10,0	152,8	160,3	<b>148,0</b>	99,4	89,9	91,6	
10,5	142,5	158,6	148,0	102,2	92,7	94,4	
11,0	132,2	155,9	146,8	104,3	94,8	96,5	
11,5	123,0	152,2	144,7	105,7	96,4	98,0	
12,0	113,8	147,8	141,8	106,4	97,5	99,0	
12,5	106,3	142,9	138,3	<b>106,6</b>	98,1	99,5	
13,0	98,8	137,7	134,3	106,4	<b>98,3</b>	<b>99,7</b>	
13,5	92,2	132,2	130,2	105,8	98,2	99,5	
14,0	85,6	127,2	126,1	104,8	97,7	98,9	
14,5	80,0	122,0	121,8	103,5	97,0	98,2	
15,0	74,3	116,8	117,4	101,9	96,0	97,1	
15,5	69,4	111,5	112,9	100,1	94,9	95,9	
16,0	64,5	106,4	108,4	98,2	93,5	94,5	
16,5	60,5	101,3	103,8	96,0	92,0	92,9	
17,0	56,5	96,3	99,3	93,8	90,4	91,3	
17,5	53,1	91,5	94,9	91,5	88,7	89,5	
18,0	49,7	86,8	90,6	89,1	86,9	87,6	
18,5	46,5	82,8	86,4	86,7	85,0	85,7	
19,0	43,3	79,0	82,6	84,4	83,1	83,8	
19,5	40,9	75,3	79,0	82,1	81,2	81,8	
20,0	38,5	71,7	75,4	79,8	79,2	79,8	
20,5	36,4	68,3	72,0	77,5	77,2	77,8	
21,0	34,2	65,0	68,7	75,2	75,2	75,8	
21,5	32,4	61,8	65,5	72,9	73,2	73,8	
22,0	30,6	58,8	62,5	70,6	71,2	71,8	
22,5	29,1	55,9	59,5	68,4	69,3	69,8	
23,0	27,5	53,1	56,7	66,2	67,3	67,9	
23,5	26,1	50,4	54,0	64,1	65,4	65,9	
24,0	24,7	47,9	51,4	62,0	63,5	64,0	
24,5	24,3	45,8	49,0	59,9	61,6	62,2	
25,0	24,0	44,1	46,8	58,0	59,8	60,4	
25,5	23,9	42,5	45,1	56,1	58,1	58,7	
26,0	23,7	41,0	43,6	54,4	56,5	57,0	
26,5	23,7	39,6	42,2	52,7	54,9	55,4	
27,0	23,6	38,3	40,9	51,1	53,4	53,9	
27,5	23,6	37,2	39,6	49,6	52,0	52,5	
28,0	23,6	36,1	38,5	48,2	50,6	51,1	
28,5	23,6	35,1	37,4	46,9	49,4	49,8	
29,0	23,6	34,2	36,4	45,8	48,1	48,6	
29,5	23,6	33,3	35,5	44,9	47,0	47,4	
30,0	23,6	32,5	34,7	44,0	46,0	46,4	
30,5	23,6	31,8	33,9	43,1	45,2	45,4	
31,0	23,6	31,2	33,1	42,3	44,4	44,6	
31,5	23,6	30,6	32,5	41,5	43,6	43,7	
32,0	23,6	30,0	31,8	40,7	42,9	42,9	
32,5	23,6	29,5	31,2	40,0	42,1	42,2	

Sumber : Analisis Data Sekunder

Dari grafik dan tabel tersebut menunjukkan bahwa, denagn persiapan ruang tampungan awal mempengaruhi debit limpasan dan waktu puncak banjir. Hal ini berarti akan pengaruh terhadap dampak banjir di Kota Semarang Timur.

Tabel 11 Resume Pengaruh Muka Awal Penelusuran Terhadap Debit Retensi dan Pergeseran Waktu Puncak.

No	Kondisi	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /det)	Waktu Puncak Jam Ke	Ket
1	Debit Inflow	258,9	6	Konstan
	Outflow			
1	Elv, MA Awal + 102 m	160,5	9,5	
2	Elv, MA Awal + 97 m	148,0	10,0	
3	Elv, MA Awal + 92 m	106,6	12,5	
4	Elv, MA Awal + 87 m	98,3	13,0	
5	Elv, MA Awal + 82 m	98,0	13,0	

Sumber : Hasil Analisis

#### 4. Kesimpulan

Pembangunan waduk Dolog akan memberikan manfaat terhadap beban debit banjir Kota Semarang Timur. Besarnya manfaat akan lebih besar apabila operasi waduk memperhatikan kondisi awal saat penampungan. Dengan mengatur elevasi muka air waduk saat akan terjadi hujan dapat menurunkan debit banjir puncak dan menggeser waktu puncak bekisar antara 3,5 jam sampai 6,5 jam.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkenan memberikan bantuan untuk kelancaran tulisan ini..

#### Daftar Pustaka

- Balai Besar (2013) *Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, Feasibility Studi Waduk Dolog*, Semarang Jawa Tengah: PT. METTANA.
- ABI, R. (2022). Perbandingan Analisis Statistik Dan Metode AIC(Akaike Information Criterion) Dalam Pemilihan Distribusi Curah Hujan Harian Terhadap Debit Banjir Observasi Pada DAS Putih Kabupaten Lombok Timur (Doctoral dissertation, Universitas\_Muhammadiyah\_Mataram).
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku (1993) *Hidrologi untuk Pengairan*, by, Pradnya Paramita.
- Wilson, E. M. (1993) *Hidrologi Teknik Edisi 4*, Penerbit ITB Bandung.
- Van Te Chow (1984) *Hidrolika Saluran Terbuka*, ERLANGGA, SURABAYA.