

# Evaluasi Pemanfaatan Waduk Wonorejo Sebagai Pengendali Banjir Kota Balikpapan

## *Evaluation of the Utilization Wonorejo Reservoir as Flood Control in Balikpapan City*

Ezra. H. Pongtuluran<sup>1)</sup>, Hadi Hermansyah<sup>2)</sup>  
Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan  
Jl. Soekarno Hatta Km.08 Balikpapan, Indonesia

<sup>1)</sup>ezra.hartarto@poltekba.ac.id, <sup>2)</sup>hadi.hermansyah@poltekba.ac.id

### ABSTRAK

Saat ini telah dilakukan pembangunan beberapa waduk pada beberapa titik kawasan dengan tujuan sebagai pengendali banjir yang selama ini melanda Kota Balikpapan. Namun ternyata alternatif tersebut masih belum mampu mengurangi terjadinya genangan air di beberapa lokasi, termasuk pada kawasan Wonorejo, sehingga masih perlu dilakukan evaluasi terkait fungsionalnya sebagai bangunan pengendali atau hanya sekedar menjadi kolam tampungan air yang tidak memiliki sistem kontrol pelepasan air. Dalam menyelesaikan masalah tersebut, dilakukan analisis karakteristik waduk yang merupakan hubungan antara elevasi, luas dan kapasitas tampungan waduk dimana didapatkan menggunakan persamaan regresi polinomial orde 3. Kemudian, dilakukan proyeksi jumlah komulatif volume aliran masuk dalam waduk menggunakan persamaan program linear terhadap kapasitas tampungan waduk. Dalam mengetahui kinerja daya tampung saluran keluaran (outflow) maka dilakukan perbandingan terhadap debit masukan (inflow) pada waduk sebagai evaluasi mengetahui saluran outflow tidak akan terjadi luapan ke kawasan sekitar. Berdasarkan kurva karakteristik didapatkan kapasitas tampungan dalam waduk Wonorejo adalah sebesar 0,795 MCM atau 794.900,45 m<sup>3</sup> dengan total keseluruhan volume yang masuk dalam waduk sebesar 1.795.034 m<sup>3</sup> yang menunjukkan bahwa kinerja waduk saat ini telah kurang efektif. Sedangkan pada kapasitas saluran pembuang (outflow) waduk didapatkan 57,90 m<sup>3</sup>/s, apabila dibandingkan dengan besaran debit yang masuk (inflow) sebesar 33,00 m<sup>3</sup>/s maka dapat dikatakan dimensi saluran outflow masih cukup memiliki kapasitas dalam menampung debit banjir dari dalam waduk.

**Kata kunci:** banjir, kinerja waduk, kapasitas saluran.

### ABSTRACT

Several reservoirs have been built at several points in the area to control the floods that have been hitting Balikpapan City. However, it turns out that this alternative is still not able to reduce the occurrence of standing water in several locations, including in the Wonorejo area, so it still needs to be evaluated regarding its function as a control building or merely being a water storage pool that does not have a water release control system. In solving this problem, an analysis of the reservoir's characteristics is carried out, which is the relationship between elevation, area, and reservoir capacity, which is obtained using the 3<sup>rd</sup> order polynomial regression equation. Then, the cumulative volume of inflow volume projection in the reservoir is carried out using a linear program equation to the reservoir capacity. In knowing the output channel capacity (outflow) performance, a comparison is made to the input discharge (inflow) in the reservoir as an evaluation to find out that the outflow channel will not overflow into the surrounding area. Based on the characteristic curve, it is found that the storage capacity in the Wonorejo reservoir is 0.795 MCM or 794,900.45 m<sup>3</sup> with the total volume entering the reservoir of 1,795,034 m<sup>3</sup>, which indicates that the current performance of the reservoir has been less effective. Whereas in the reservoir outflow capacity, it was found 57.90 m<sup>3</sup>/s, when compared to the amount of input discharge (inflow) of 33.00 m<sup>3</sup>/s, it can be said that the dimensions of the outflow channel still have sufficient capacity to accommodate flood discharge from within reservoir.

**Keywords:** flood, reservoir performance, channel capacity

## 1. PENDAHULUAN

Dalam 10 tahun terakhir, peningkatan frekuensi kejadian banjir di Kota Balikpapan semakin meningkat dari waktu ke waktu diikuti dengan peningkatan jumlah lokasi titik genangan air.

Manajemen atau pengelolaan limpasan air hujan yang baik sangat dibutuhkan untuk menekan terjadinya bencana maupun kerugian ekonomi yang lebih tinggi akibat banjir. Pengelolaan pemanfaatan ruang dan limpasan air hujan perlu dilakukan dengan keseriusan

dan konsistensi terhadap target dan tujuan yang ingin dicapai (Heri Susanto).

Dalam hal ini, Pemerintah Kota Balikpapan telah melakukan beberapa pembangunan bendungan pengendali (Bendali) pada beberapa titik kawasan dengan tujuan genangan aliran dapat masuk pada bendali tersebut. Namun ternyata alternatif tersebut masih belum mampu mengurangi terjadinya genangan air di beberapa lokasi, termasuk pada kawasan Wonorejo, sehingga masih perlu dilakukan evaluasi terkait fungsionalnya sebagai bendungan pengendali atau hanya sekedar menjadi kolam tampungan air yang tidak memiliki sistem kontrol pelepasan air.

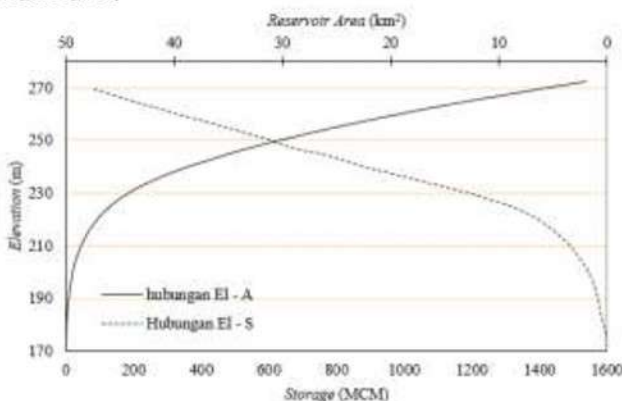
Dengan meninjau uraian di atas dan permasalahan yang terjadi maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menelusuri kondisi kapasitas tampungan waduk,
2. Mengetahui kemampuan waduk dalam pengendalian banjir,
3. Mengevaluasi kinerja saluran waduk dalam pembuangan air berlebihan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menghasilkan informasi dan rekomendasi sebagai bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan dalam pengelolaan waduk berkelanjutan terkait dengan kinerja kapasitas tampungan, saluran *inflow* dan *outflow* pada waduk.

## 2. KARAKTERISTIK WADUK

Prinsip dalam pengoperasian waduk membutuhkan banyak informasi tentang karakteristik fisik yang diperlukan. Salah satunya adalah hubungan antara elevasi dan volume tampungan serta luas permukaan genangan (Sudjarwadi, 2008). Hubungan ini ditentukan berdasarkan pengukuran topografi. Contoh bentuk Kurva karakteristik Waduk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva karakteristik tampungan waduk

Fungsi hubungan antara elevasi dan volume waduk umumnya terdiri dari dua atau tiga bagian. Bagian awal sifat umumnya sangat berbeda dengan bagian akhir dengan bentuk cekungan embung tidak teratur

(Sri Harto, 2009). Simulasi tampungan waduk memerlukan persamaan yang menggambarkan pengaruh elevasi terhadap luas genangan. Dalam menentukan persamaan tersebut, diperlukan analisis regresi dengan bantuan pada program Microsoft Excel.

Hasil regresi dengan bantuan *Microsoft Excel* didapatkan persamaan hubungan antara elevasi dengan volume tampungan waduk dan elevasi dengan luas genangan waduk. Hubungan antara elevasi dan volume tampungan digunakan untuk mengetahui fluktuasi elevasi muka air waduk sedangkan hubungan antara elevasi dengan luas genangan waduk digunakan untuk mengetahui besarnya penguapan yang terjadi.

## 3. DEBIT ALIRAN

Debit aliran merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat di tampung dalam suatu tempat tiap satuan waktu. Dalam menghitung debit aliran, dapat menggunakan metode rasional. Namun penggunaan metode rasional masih terdapat beberapa kekurangan antara lain: daya tampung daerah penangkapan hujan tidak diperhitungkan, hujan diperkirakan merata pada seluruh daerah tangkapan hujan, hidrograf dari aliran tidak bisa digambarkan.

Mengurangi kelemahan tersebut, maka metode ini kemudian dimodifikasi yang disebut sebagai "Modifikasi Rasional". Debit saluran yang akan diperiksa kapasitasnya, dihitung sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A \quad (1)$$

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d} \quad (2)$$

Keterangan:

Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/jam)

C = koefisien pengaliran rata-rata

C<sub>s</sub> = Koefisien penyimpanan

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

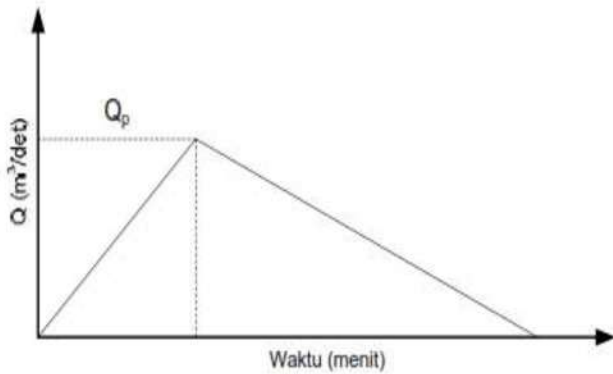
A = luas daerah layanan (km<sup>2</sup>)

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi, untuk daerah saluran drainase terdiri dari t<sub>0</sub> dan t<sub>d</sub> (menit)

t<sub>0</sub> = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)

t<sub>d</sub> = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir dalam saluran ke tempat waktu yang direncanakan (menit)

Berdasarkan kolerasi antara waktu aliran puncak dan waktu kosentrasi aliran dapat dibuat suatu hidrograf aliran masuk dengan menggunakan persamaan linear seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik unit hidrograf

#### 4. PENELUSURAN ALIRAN

Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu. Apabila aliran tersebut adalah banjir, maka prosedur tersebut dikenal dengan penelusuran banjir.

Penelusuran aliran dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas, yaitu:

$$I - O = \Delta S / \Delta t \quad (3)$$

Keterangan:

I = aliran masuk (*inflow*) ke ruas sungai ( $m^3/detik$ )

O = aliran keluar (*outflow*) dari sungai ( $m^3/detik$ )

$\Delta S$  = perubahan tampungan (*storage*) sungai ( $m^3$ )

$\Delta t$  = interval waktu penelusuran (detik, jam, hari)

#### 5. KINERJA OPERASI WADUK

Waduk adalah fasilitas tampungan yang dibuat untuk menampung air selama debit tinggi dan mengeluarkannya pada saat dibutuhkan, sehingga fungsi waduk secara prinsip ialah menampung air pada saat-saat debit tinggi sehingga dapat digunakan pada saat-saat debit sangat rendah. Beberapa indikator untuk menilai besarnya *performance* operasi waduk dapat meliputi keandalan (*reliability*), kelentingan (*resiliency*) dan kerawanan (*vulnerability*).

#### 6. EVALUASI KINERJA SALURAN WADUK

Kinerja sistem saluran waduk melayani penerimaan dan pembuangan kelebihan air dari suatu kawasan dengan cara mengalirkannya ke pembuangan akhir, seperti sungai, danau, atau laut baik melalui permukaan tanah maupun bawah permukaan tanah untuk menghindari terjadinya genangan air. Kelebihan air tersebut berasal tidak hanya dari buangan air hujan, tetapi juga dari air limbah domestik dan industri, namun yang paling dominan adalah air hujan (Suripin, 2004).

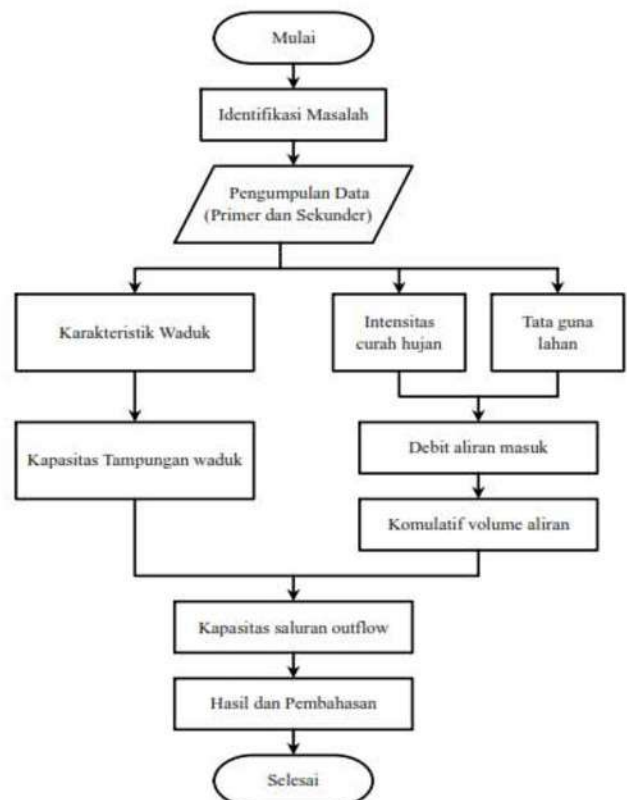
#### 7. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian akan dilaksanakan di Kota Balikpapan dimana objek penelitian difokuskan pada kawasan Waduk Wonorejo seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dengan luas DAS sebesar  $3,5 \text{ km}^2$



Gambar 3. Peta DAS waduk Wonorejo

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa tahap yang dapat digambarkan dalam bagan alir penelitian pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan alir penelitian

#### 8. KARAKTERISTIK TAMPUNGAN WADUK

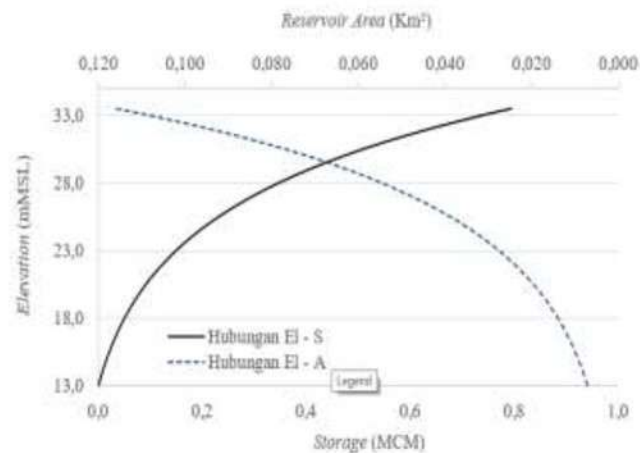
Nilai elevasi didasarkan dari ketinggian kontur waduk yaitu 13 m dari atas permukaan laut dan dalam

perencanaan tampungan pengendalian banjir digunakan elevasi ketinggian muka air banjir sehingga total berdasarkan elevasi waduk sebesar 33,46 m seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Elevasi, kapasitas tampungan dan luas genangan Waduk Wonorejo

No	Elevasi Kontur (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Interval (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Total Volume	
					(m <sup>3</sup> )	(MCM)
1	13	7.000,00		0	0	0,000
2	14	8.026,50	1,00	7.513,25	7.513,25	0,008
3	15	9.206,86	1,00	8.616,68	16.129,93	0,016
4	16	10.560,80	1,00	9.883,83	26.013,76	0,026
5	17	12.113,84	1,00	11.337,32	37.351,08	0,037
6	18	13.895,27	1,00	13.004,56	50.355,64	0,050
7	19	15.938,68	1,00	14.916,98	65.272,61	0,065
8	20	18.282,58	1,00	17.110,63	82.383,24	0,082
9	21	20.971,17	1,00	19.626,88	102.010,12	0,102
10	22	24.055,14	1,00	22.513,16	124.523,28	0,125
11	23	27.592,63	1,00	25.823,89	150.347,16	0,150
12	24	31.650,34	1,00	29.621,48	179.968,65	0,180
13	25	36.304,76	1,00	33.977,55	213.946,19	0,214
14	26	41.643,64	1,00	38.974,20	252.920,39	0,253
15	27	47.767,66	1,00	44.705,65	297.626,05	0,298
16	28	54.792,25	1,00	51.279,95	348.906,00	0,349
17	29	62.849,86	1,00	58.821,06	407.727,06	0,408
18	30	72.092,41	1,00	67.471,14	475.198,19	0,475
19	31	82.694,14	1,00	77.393,28	552.591,47	0,553
20	32	94.854,94	1,00	88.774,54	641.366,01	0,641
21	33	108.804,07	1,00	101.829,51	743.195,51	0,743
22	33,46	116.000,00	0,46	51.704,94	794.900,45	0,795

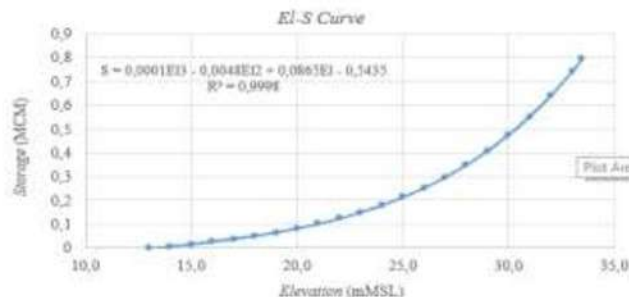
Kemudian dibentuk kurva karakteristik tampungan waduk diperlukan untuk mengetahui hubungan antara elevasi (*elevation*), luas genangan (*area*) dan volume (*storage*) waduk. Kurva karakteristik tampungan waduk Wonorejo dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva karakteristik Waduk Wonorejo

Pada karakteristik waduk didapatkan total volume tampungan waduk sebesar 0,795 MCM atau 794.900,45 m<sup>3</sup>.

Kurva elevasi-volume genangan dapat dibuat persamaan yang menghubungkan keduanya, sehingga hasil pengukuran lapangan dapat dikontrol menggunakan suatu persamaan yang terbentuk dengan menggunakan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva elevasi-volume Waduk Wonorejo

Dengan mengetahui elevasi air, kita dapat mengetahui seberapa besar volume tampungan waduk berdasarkan elevasi dimana didapatkan menggunakan persamaan regresi polinomial orde 3 sebagai berikut:

$$S = 0,0001Ei^3 - 0,0048Ei^2 + 0,0865Ei - 0,5435$$

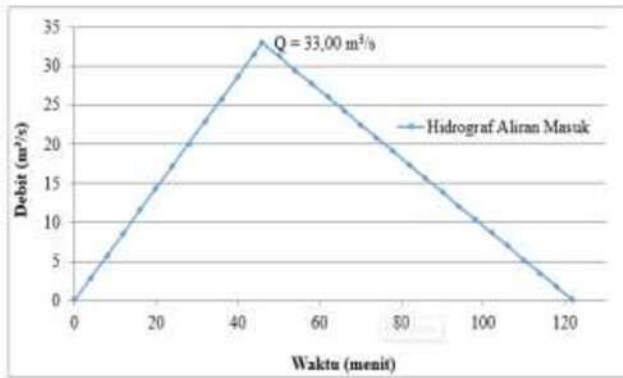
## 9. DEBIT ALIRAN MASUK

Dalam memperhitungkan debit aliran yang akan masuk dalam suatu waduk, perlu dilakukan analisis waktu konsentrasi aliran dimana didapatkan dari akumulasi dari aliran permukaan dan aliran dalam saluran.

Berdasarkan persamaan linear maka dapat dihitung komulatif volume aliran yang masuk dalam waduk seperti pada Tabel 2 dan membentuk suatu hidrograf aliran masuk pada waduk seperti Gambar 7.

Tabel 2. Total volume aliran masuk pada waduk

Kumulatif waktu (menit)	Aliran masuk (m <sup>3</sup> /det)	Rata-rata aliran masuk (m <sup>3</sup> /det)	Kumulatif waktu (detik)	Volume (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume (m <sup>3</sup> )
0	0		0		
4	2,87	1,43	240	344	344
8	5,74	4,30	480	2.066	2.410
12	8,61	7,17	720	5.165	7.576
16	11,48	10,04	960	9.642	17.218
20	14,35	12,91	1200	15.496	32.713
24	17,22	15,78	1440	22.727	55.441
28	20,09	18,65	1680	31.356	86.777
32	22,96	21,52	1920	41.322	128.099
36	25,83	24,39	2160	52.686	180.785
40	28,70	27,26	2400	65.427	246.212
44	31,57	30,13	2640	79.545	325.757
46	33,00	32,28	2760	89.101	414.858
50	31,26	32,13	3000	96.396	511.254
54	29,53	30,40	3240	98.482	609.735
58	27,79	28,66	3480	99.733	709.468
62	26,05	26,92	3720	100.150	809.618
66	24,32	25,19	3960	99.733	909.351
70	22,58	23,45	4200	98.483	1.007.835
74	20,84	21,71	4440	96.400	1.104.234
78	19,11	19,97	4680	93.482	1.197.716
82	17,37	18,24	4920	89.731	1.287.447
86	15,63	16,50	5160	85.146	1.372.593
90	13,90	14,76	5400	79.728	1.452.321
94	12,16	13,03	5640	73.476	1.525.797
98	10,42	11,29	5880	66.390	1.592.187
102	8,69	9,55	6120	58.470	1.650.657
106	6,95	7,82	6360	49.717	1.700.374
110	5,21	6,08	6600	40.131	1.740.505
114	3,48	4,34	6840	29.710	1.770.215
118	1,74	2,61	7080	18.456	1.788.671
122	0,00	0,87	7320	6.363	1.795.034



Gambar 7. Hidrograf aliran masuk metode linear

Total keseluruhan volume yang masuk dalam waduk dengan penggunaan data cuaca ekstrim/curah hujan tertinggi adalah sebesar **1.795.034 m<sup>3</sup>**. Apabila dibandingkan dengan total kapasitas tampungan waduk yang hanya sebesar **794.900,45 m<sup>3</sup>**, maka dapat dikatakan saat ini waduk masih butuh penambahan kapasitas lagi.

## 10. KAPASITAS TAMPUNGAN WADUK

Kinerja daya tampung saluran keluaran (*outflow*) waduk maka dilakukan analisis seperti pada Tabel 3 yang diperbandingkan terhadap debit masukan (*inflow*) pada waduk.

Tabel 3. Debit aliran keluaran waduk

Jenis Saluran	Dimensi			Luas (m <sup>2</sup> )	Kediringan (‰)	Kemiringan (%)	Jari-jari (m)	Kecepatan (m/s)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang (m)						
Perangi Panjang	4	2,00	214	12,00	10	0,005	1,2	4,82	57,90

Hasil menunjukkan bahwa kapasitas saluran *outflow* adalah sebesar 57,90 m<sup>3</sup>/s, apabila dibandingkan dengan besaran debit yang masuk (*inflow*) dimana bernilai 33,00 m<sup>3</sup>/s maka dapat dikatakan saluran *outflow* masih cukup memiliki kapasitas dalam menampung debit banjir dari dalam waduk.

## 11. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kurva karakteristik didapatkan kapasitas tampungan dalam waduk Wonorejo adalah sebesar 0,795 MCM atau 794.900,45 m<sup>3</sup>
2. Total keseluruhan volume yang masuk dalam waduk dengan penggunaan data cuaca ekstrim/curah hujan tertinggi adalah sebesar

1.795.034 m<sup>3</sup>, apabila dibandingkan dengan total kapasitas tampungan waduk yang hanya sebesar 794.900,45 m<sup>3</sup>, maka kinerja waduk dalam fungsi pengendalian banjir saat ini dapat menjadi kurang efektif dan butuh penambahan kapasitas lagi.

3. Kapasitas saluran pembuang (*outflow*) waduk adalah sebesar 57,90 m<sup>3</sup>/s, apabila dibandingkan dengan besaran debit yang masuk (*inflow*) dimana sebesar 33,00 m<sup>3</sup>/s maka dapat dikatakan dimensi saluran *outflow* masih cukup memiliki kapasitas dalam menampung debit banjir dari dalam waduk.

## 12. SARAN

Saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian antara lain:

1. Perhitungan nilai koefisien kawasan dapat dilakukan secara detail dengan melakukan digitasi pada setiap penggunaan lahan di lokasi penelitian.
2. Masih terdapat beberapa kerusakan termasuk pada pintu air sehingga perlu perhatian khusus dalam melakukan perawatan secara berkala.

## 13. DAFTAR PUSTAKA

- Chay Asdak. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2012). *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Drainase Perkotaan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Jayadi, R. (2012). *Analisis Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Diktat Kuliah Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Sudjarwadi. (2007). *Pengembangan Sumberdaya Air*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil UGM.
- Sri Harto Br. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suripin. (2004). *Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Susanto, H. (2018). *Ketika Melihat Banjir Di Kota Balikpapan*. Balikpapan: P3K Kalimantan.
- Triatmodjo, B. (2009). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.