e-ISSN 2720-9199
p-ISSN 2541-0148

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

Efektivitas Pengoperasian Bendungan dalam Pengendalian Banjir (Studi Kasus Bendungan Bili-Bili)

Nasaruddin[1], Ratna Musa[2], Hanafi Ashad[3]

[1)]Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia
Jalan Urip Sumohardjo No.225 Makassar (0411)454534
Email: achmad.rizaldhy@gmail.com
[2,3)]Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, 90231, Indonesia
Email: [2)]ratmus_tsipil@ymail.com, [3)]hanafi.ashad@umi.ac.id

ABSTRAK

Waduk sebagai pengendali banjir merupakan bangunan yang memiliki fungsi sebagai menahan air banjir di dalam tampungan dan mengalirkannya sesuai dengan kapasitas sungai. Banjir yang tidak dapat ditampung pada waduk akan dilepaskan oleh suatu bagian dari waduk yaitu sistem spillway. Salah satu fungsi utama Waduk Bili-Bili adalah sebagai pengendali banjir, mulai tanggal 19 Januari 2019 sampai kejadian banjir tersebut telah dilaksanakan operasi pengendalian banjir di bendungan Bili-Bili dengan operasi pembukaan pintu *spillway* sesuai dengan SOP dan pola operasi waduk bendungan Bili-Bili, tetapi hal tersebut oleh sebagian masyarakat justru dianggap sebagai penyebab terjadinya banjir di bagian hilir bendungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas pintu pelimpah waduk Bili-Bili berdasarkan debit aktual yang masuk ke waduk, akibat adanya perubahan volume tampungan di waduk Bili-Bili dan untuk mengevaluasi pola operasi waduk Bili-Bili. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dan primer. Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian deskriptif. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas pelimpah Bendungan Bili-Bili masih memenuhi ketentuan yang disyaratkan dan efektif sebagai pengendalian banjir.

Kata Kunci: Waduk, banjir, debit, hilir bendungan

ABSTRACT

Reservoir as flood control is a building that has a function to hold flood water in the reservoir and drain it according to the capacity of the river. Floods that cannot be accommodated in the reservoir will be released by a part of the reservoir, namely the spillway system. One of the main functions of the Bili-Bili Reservoir is as flood control, starting on January 19, 2019 until the flood event has carried out flood control operations at the Bili-Bili dam with the operation of opening the spillway door in accordance with the SOP and the operating pattern of the Bili-Bili dam reservoir. This is considered by some people to be the cause of flooding downstream of the dam. The purpose of this studi was to analyze the overflow gate capacity of the Bili-Bili reservoir based on the actual discharge entering the reservoir, due to changes in the reservoir volume in the Bili-Bili reservoir and to evaluate the operating pattern of the Bili-Bili reservoir. The data used in this studi in the form of secondary and primary data. This type of research is a type of descriptive research. The results of this studi indicate that the overflow capacity of the Bili-Bili Dam still meets the required conditions and is effective as flood control.

Keywords: Reservoir, flood, discharge, downstream of dam

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Waduk sebagai pengendali banjir merupakan bangunan yang memiliki fungsi sebagai penahan banjir di dalam tampungan dan mengalirkannya sesuai dengan kapasitas sungai. Banjir yang tidak dapat ditampung pada waduk akan dilepaskan oleh suatu bagian dari waduk yaitu sistem spillway. Tampungan puncak banjir dalam waduk akan mengurangi elevasi muka air dab debit banjir di bagian hilir.

Bendungan Bili-Bili merupakan bendungan terbesar yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan tepatnya di bagian tengah DAS Jeneberang dan terletak ± 30 km di sebelah timur Kota Makassar yang dibanguan mulai tahun 1992 dan diresmikan tahun 1999. Waduk ini membendung aliran Sungai Jeneberang dan merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan utamanya adalah untuk pengendalian banjir kota Makassar, pemenuhan kebutuhan air irigasi seluas ±23,000 Ha, suplai air baku sebesar 3,3 m3/dtk dan pembangkit listrik tenaga air sebesar 20,1 MW.

Luas daerah tangkapan air sebesar 384,40 km^2 dengan umur perencanaan operasi 50 tahun (JRBDP,2004), akan tetapi berdasarkan perkembangan terakhir terjadi penurunan pemanfaatan fungsi layanan waduk yang diakibatkan oleh perubahan kondisi daerah tangkapan waduk karena adanya erosi akibat perubahan pemanfaatan lahan dan juga terjadinya longsoran dinding kaldera gunung Bawakaraeng pada tahun 2004 yang merupakan hulu DAS Jeneberang sebagai sumber utama air waduk Bili-Bili.

Banjir terjadi di wilayah sungai Jeneberang hilir yang meyebabkan puluhan rumah tergenang terutama yang ada di bantaran sungai. Upaya pengendalian banjir di wilayah Sungai Jeneberang hulu adalah dengan pengoperasian bendungan Bili-Bili. Salah satu fungsi utama Waduk Bili-Bili adalah sebagai pengendali banjir, mulai tanggal 19 Januari 2019 sampai kejadian banjir tersebut, telah dilaksanakan operasi pengendalian banjir di bendungan Bili-Bili dengan operasi pembukaan pintu spillway sesuai dengan SOP dan pola operasi waduk bendungan Bili-Bili, tetapi hal tersebut oleh sebagian masyarakat justru dianggap sebagai penyebab terjadinya banjir di bagian hilir bendungan.

Penelitian mengenai studi aturan lepasan untuk operasi waduk di bendungan pengga kabupaten lombok tengah diketahui bahwa operasi waduk berdasarkan aturan lepas meningkat daripada sebelumnya (Samantha & Almalik, 2019).

Penelitian tentang perencanaan waduk desel guna penanggulangan banjir pada sungai beringin, semarang dikemukakan bahwa debit banjir Q100 sebesar 116,0 m^3/s. Untuk perencanaan menggunakan Q20 sebesar 108.4 m^3/s (Wibowo et al., 2017).

Penelitian tentang perencanaan spillway dan optimasi pengoperasian waduk pada bendungan Desa Bandungharjo Kecamatan Toroh Kabupaten Gribogan diketahui bahwa elevasi muka air banjir akibat piping lebih tinggi daripada akibat *overtopping* (Spillway et al., 2014).

Dari simulasi desain kontrol pintu bendungan otomatis untuk mencegah banjir menggunakan VHDL didapatkan bahwa pintu bendungan otomatis dapat bekerja sesuai dengan desain (Ikawanty, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

1) Apakah kapasitas pintu pelimpah waduk Bili-Bili masih aman untuk kondisi banjir dan kondisi PMF?
2) Apakah pola operasi waduk Bili-Bili yang di pedomani mulai tahun 2013

sampai tahun 2019 baik pada saat kondisi normal ataupun dalam kondisi banjir masih sesuai dengan kondisi waduk saat ini?

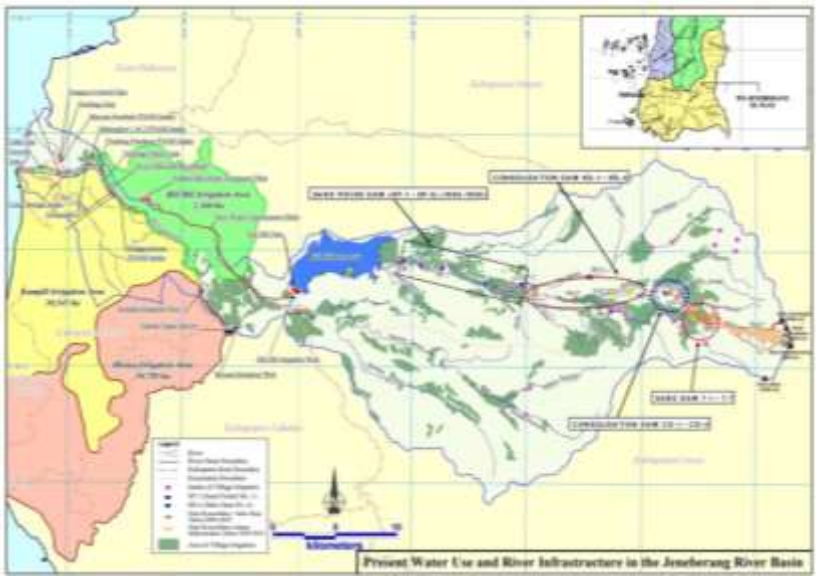
1.3Tujuan Penelitian

1) Untuk menganalisis kapasitas pintu pelimpah waduk Bili-Bili berdasarkan debit aktual yang masuk ke waduk, akibat adanya perubahan volume tampungan di waduk Bili-Bili pada kondisi normal, kondisi banjir dan kondisi Banjir PMF.
2) Untuk mengevaluasi pola operasi waduk Bili-Bili pada saat kondisi normal maupun dalam kondisi banjir sesuai dengan kondisi waduk saat ini.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Bendungan Bili-Bili terletak ± 30 km sebelah timur Kota Makassar pada jalan poros Makassar-Malino. Posisi geografis Waduk Bili-bili terletak pada 5º15' LS dan 119 º 37' BT. Bendungan ini membendung sungai Jeneberang yang terletak di Desa Bili-Bili Kecamatan Bontomarannu Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan dan menggenangai dua kelurahan di kecamatan parangloe yaitu kelurahan Bontoparang dan kelurahan Lanna.



Gambar 1. Peta lokasi bendungan Bili-Bili dan DAS Jeneberang

2.2 Tahapan Penelitian

1.2.1. Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam peneloitian ini adalah data sekunder dan data primer. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

1) Data perencanaan waduk Bili-bili
2) Volume Tampungan
3) Pola operasi
4) Data Teknik

1.2.2. Analisis Data

Tahapan dalam analisis data sebagai berikut:

1) Analisis curah hujan wilayah
2) Analisis curah hujan rancangan
3) Distribusi kala ulang
4) Menghitung debit banjir dengan menggunakan metode Weduwen, Haspers, FSR Jawa Sumatera, Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama l, dan metode Passing Capacity.
5) Membandingkan debit banjir dengan menggunakan data curah hujan dan data debit.
6) Analisis banjir maksimum boleh jadi (PMF)
7) Penulusuran banjir untuk mengetahui air yang keluar.
8) Evaluasi pola operasi waduk pada musim banjir.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Curah hujan Rencana

Tabel 1. Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log pearson III

Periode ulang (T)	Log Xr	K	S Log Xr	Log Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)
2	1,932	-0,153	1,973	16,309	42,124
5	1,932	0,336	1,973	25,955	44,142
10	1,932	0,743	1,973	33,986	45,313
25	1,932	1,324	1,973	45,441	46,570
50	1,932	1,790	1,973	54,641	47,375
100	1,932	2,276	1,973	64,222	48,076
200	1,932	2,777	1,973	74,119	48,699

3.2 Analisis Debit Banjir Rancangan

Tabel 2. Debit banjir rancangan Waduk Bili-Bili

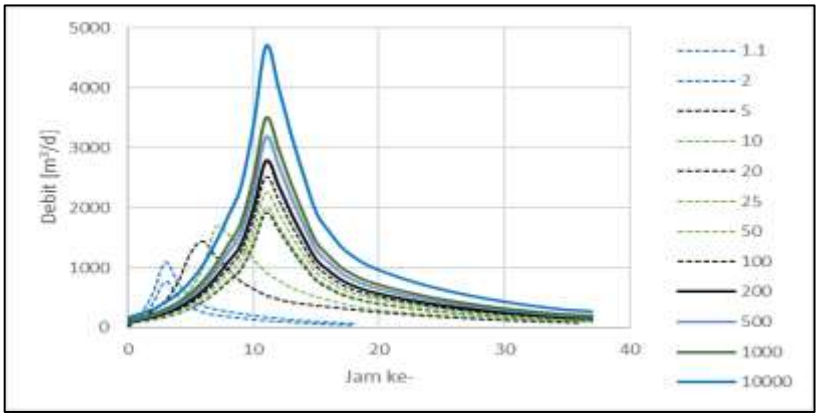
Kala Ulang [Tahun]	1.1	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000	10000
Debit [m^3/d]	763	1.091	1.433	1.674	1.916	1.996	2.243	2.513	2.791	3.183	3.5	4.705

Berdasarkan data debit yang masuk ke Waduk Bili-Bili selama 20 tahun periode operasi waduk, debit banjir terbesar yang pernah tercatat adalah kejadian banjir 22 Januari 2019, dimana debit puncaknya mencapai 3.326 m^3/detik, sesuai hasil perhitungan besarnya debit tersebut melebihi kala ulang 500 tahun.

3.3 Hidrograf Banjir Rancangan

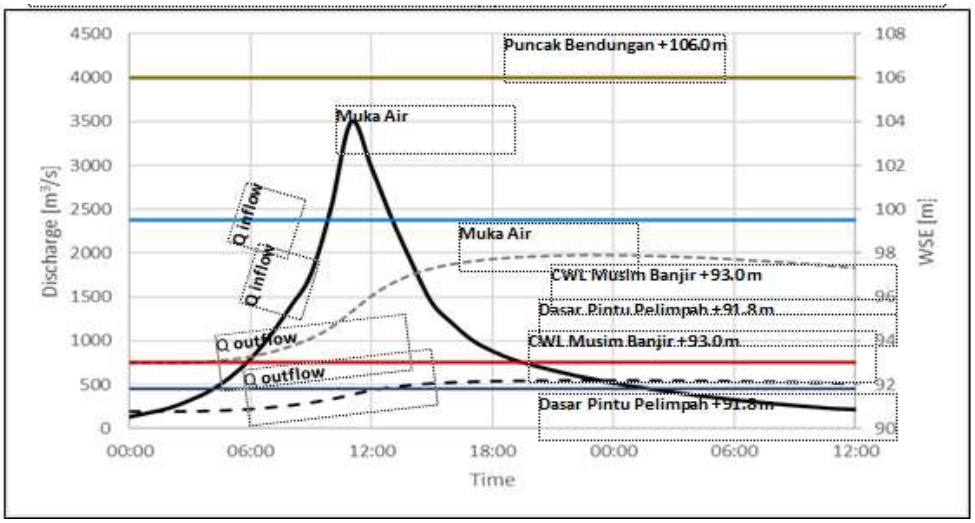
Tabel 3. Karakteristik bentuk hidrograf banjir

Tipe Hidrograf	Waktu Naik [jam]	Waktu Dasar [jam]	Rasio Debit Puncak dan Aliran Dasar	Digunakan untuk Kala Ulang [tahun]
Tipe I	3	18	0,02	≤2
Tipe II	6	18	0,02	5
Tipe III	7	36	0,06	10
Tipe IV	11	37	0,04	≥20



Gambar 2. Hidrograf banjir rancangan (*inflow*) Waduk Bili-Bili

Simulasi penelusuran banjir dilakukan dengan bantuan *software* HEC-HMS versi 4.2.1. Data-data yang dibutuhkan adalah data hidrograf debit *inflow* ke waduk, karakteristik tampungan dan data karakteristik pelimpah.



Gambar 3. Hasil simulasi penelusuran PMF Waduk Bili-Bili

Tabel 4 Resume hasil penelusuran banjir Waduk Bili-Bili

Kala Ulang	Q_{inflow} Max [m^3/d]	$Q_{outflow}$ Max [m^3/d]	Muka Air Max [m]
50 Tahun	2.248	425	95,88
100 Tahun	2.513	453	96,31
1.000 Tahun	3.5	551	97,89
PMF	5.814	2.926	104,74

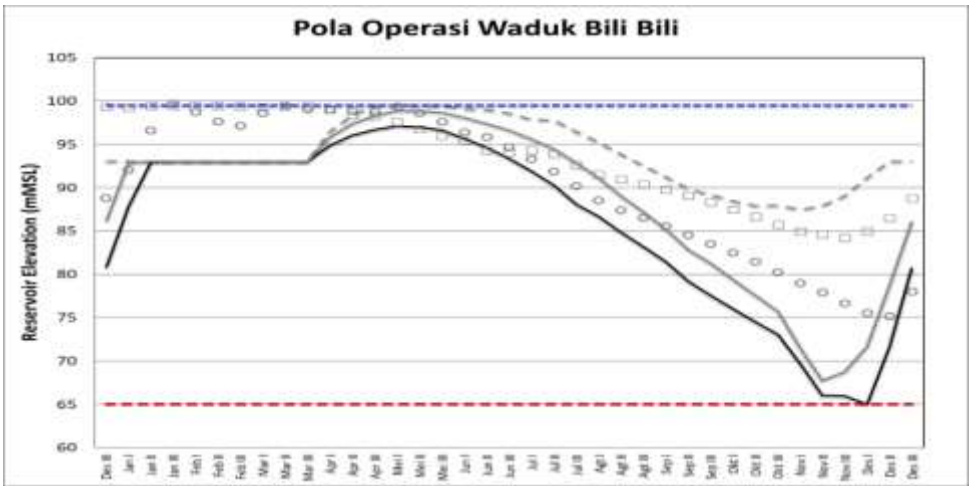
3.4 Evaluasi Kapasitas Limpasan

Bendungan Bili Bili memiliki dua jenis pelimpah, yaitu pelimpah berpintu dan pelimpah bebas. Pelimpah berpintu dengan elevasi dasar +91,8 m sebanyak 2 unit. Masing-masing pintu memiliki ukuran lebar 7,0 m dan tinggi 7,7 m. Pada praktiknya, selama ini pintu dibuka maksimum setinggi 7,0 m. Adapun untuk pelimpah bebas, jumlahnya 2 unit dengan masing-masing panjang mercu pelimpah 35 m dan elevasi mercu pada +99,5 m.

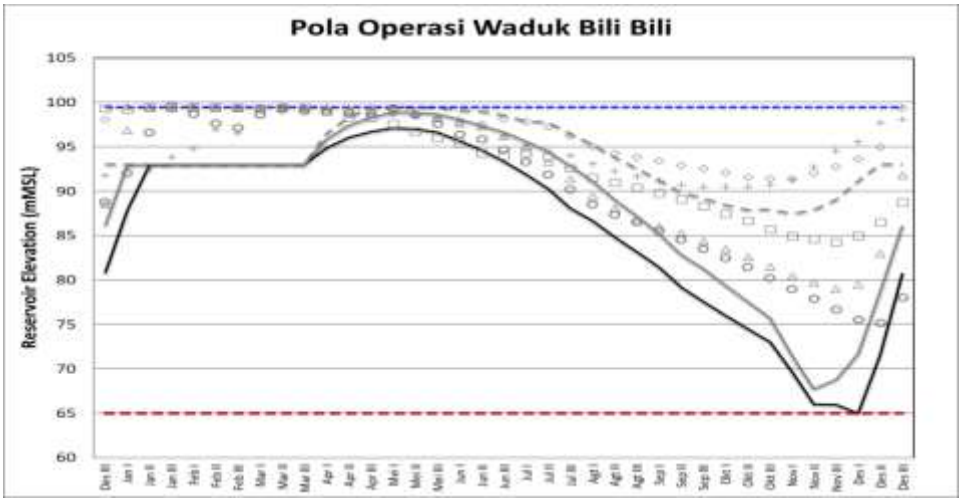
Berdasarkan data perencanaan (1988), muka air maksimum direncanakan pada elevasi +103,0 m dengan debit *outflow* sebesar 2.000 m^3/detik. Berdasarkan hasil penelusuran banjir, muka air maksimum PMF mencapai elevasi +104,74 m dengan debit *outflow* sebesar 2.926 m^3/detik. Dengan demikian, nilai muka air maksimum dan debit *outflow* maksimum hasil perhitungan tahun 2020 ini, disimpulkan di atas nilai-nilai pada data perencanaan.

Berdasarkan grafik dan persamaan *rating curve* pelimpah berpintu dan pelimpah bebas hasil model tes fisik Bendungan Bili-Bili, kapasitas pelimpah total pada elevasi +106,0 m (sama dengan elevasi puncak bendungan) adalah sebesar 3.864 m^3/detik (tinggi pintu pelimpah maksimum terbuka 7 m). Nilai Q_{PMFin} sebesar 5.814 m^3/d (25%nya sebesar 1.454 m^3/d) dan Q_{PMFout} sebesar 2.926 m^3/d. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kapasitas pelimpah Bendungan Bili-Bili telah memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

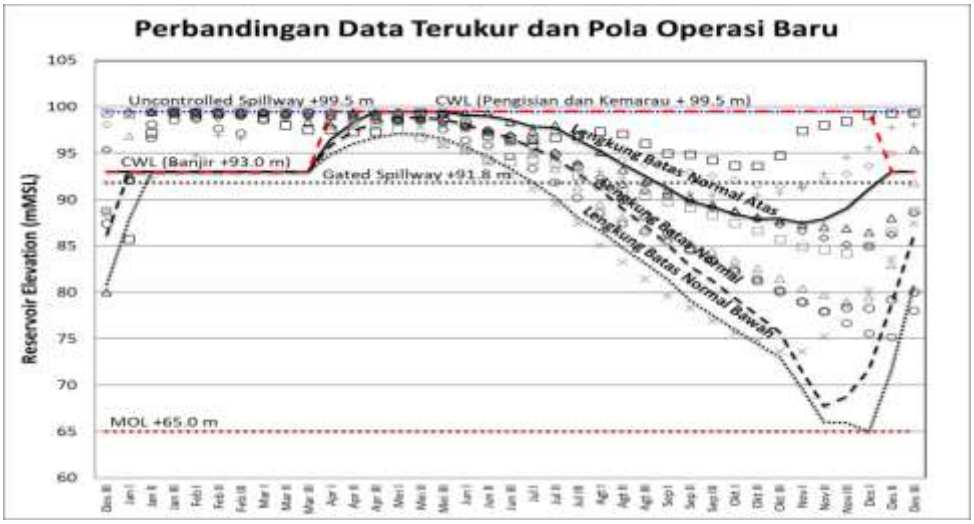
3.5 Evaluasi Pola Operasi Waduk pada Musim Dingin



Gambar 4. Pola Operasi Waduk Bili-Bili 2 Tahunan



Gambar 5. Pola Operasi Waduk Bili-Bili 5 Tahunan



Gambar 6. Pola Operasi Waduk Bili-Bili 10 Tahunan

3.5 Pembahasan

1) Data debit banjir yang masuk ke waduk tersedia mulai tahun 2000 sampai dengan tahun 2019 dengan debit banjir yang terbesar terjadi pada tahun 2019 sebesar 3.326 m^3/detik, sedangkan debit banjir yang pernah terjadi pada tanggal 22 Januari tahun 2019 pada elevasi 101,87 m adalah sebesar 3.464 m^3/detik. Dimana besarnya debit tersebut melebihi kala ulang 500 tahun.
2) Analisis banjir maksimum PMF dilakukan dengan menggunakan peta issoheet PMP. Berdasarkan peta isohyet PMP rata-rata DTA waduk Bili-Bili sebesar 1.023 mm, setelah dikoreksi dengan faktor reduksi luas seperti ditunjukkan pada gambar 4.8 diperoleh faktor reduksi sebesar 0,836, dengan demikian nilai PMP terkoreksi untuk DTA Bili-Bili sebesar 855 mm.
3) Penelusuran banjir waduk Bili-Bili pada kondisi banjir maksimum (PMF) pada elevasi 104,74 m dengan tinggi jagaan 1,26 m. Untuk pintu pelimpah tinggi jagaan minimal 1,25 m cukup aman dari bahay over topping.
4) Evaluasi pola operasi waduk pada musim banjir jika dihubungkan dengan ketersidaan air dan kebutuhan air yang diperhitungkan untuk analisa meliputi kebutuhan air baku, kebutuhan air irigasi, dan aliran pemeliharaan sungai. Dengan kapasitas 3,3 m^3/detik kebutuhan air belum dapat dimanfaatkan seluruhnya karena kapasitas terpasang pengambilan untuk air bersih hanya 1,87 m^3/detik, sehingga pengeluaran air yang dimanfaatkan untuk mensuflai kebutuhan air baku adalah 1,98 m^3/detik, sedangkan kebutuhan untuk pemeliharaan sungai sebesar 1 m^3/detik.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Berdasar uraian pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1) Berdasarkan grafik dan persamaan *rating curve* pelimpah berpintu dan pelimpah bebas hasil simulasi banjir Bendungan Bili-Bili, kapasitas pelimpah total pada elevasi +106,0 m (sama dengan elevasi puncak bendungan) adalah sebesar 3.864 m^3/detik (tinggi pintu pelimpah maksimum terbuka 7 m). Nilai Q_{PMFin} sebesar 5.814 m^3/d (25%nya sebesar 1.454 m^3/dtk) dan Q_{PMFout} sebesar 2.926 m^3/dtk .Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kapasitas pelimpah Bendungan Bili-Bili masih memenuhi ketentuan yang disyaratkan dan efektif sebagai pengendalian banjir.
2) Pada operasi waduk Bili-Bili pada saat kondisi normal yang tercatat pada muka air +99,50 m, volume tampungan waduk mengalami perubahan dari 347,812 juta m^3 menjadi 248,091 juta m^3 ini dikarenakan adanya sedimen yang mengendap di dasar waduk. Operasi waduk pada saat kondisi banjir maksimum yang masuk ke waduk adalah 3464 m^3/detik yang tercatat pada muka air +101,87 m, dengan kondisi banjir ini masih aman dengan tinggi jagaan 1,25 m berdasarkan perhitungan elevasi tinggi jagaan Bendungan Bili-Bili.

4.2. Saran

1) Pengoperasian pintu pelimpah waduk Bili-Bili pada kondisi normal di sesuaikan dengan SOP waduk Bili-Bili pada saat Perencanaan, sedangkan pada kondisi banjir pintu pelimpah di buka pada elevasi 93,00m secara bertahap untuk mengurangi kenaikan tinggi muka air di waduk.
2) Perlu ada SOP pembukaan pintu pelimpah pada saat kondisi banjir.
3) Pada saat ingin menguragi tampungan waduk Bili-Bili pada kondisi banjir, petugas waduk harus memperhitungkan kondisi debit sungai Jenelata.
4) Pola operasi waduk Bili-Bili seharusnya di Update setiap tahun

sesuai dengan perubahan tampungan akibat sedimentasi.

5) Perlu di lakukan Pengerukan sedimentasi dengan menyedot endapan di apron intake dan sekitarnya agar sedimen 'bed-load' tidak masuk ke intake.
6) Sangat diperlukan pengendalian sedimentasi di hulu waduk, antara lain dengan penataan konservasi DAS dan pembangunan check dam.

Daftar Pustaka

Arsyad, S. (2012). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.

Asdak, C. (2001). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.

Ikawanty, B. A. (2013). Desain Kontrol Pintu Bendungan Otomatis Untuk Mencegah Banjir Menggunakan Vhdl. *Jurnal ELTEK*, *11*(01), 1693–4024.

Samantha, R., & Almalik, D. (2019). Pengaruh Dimensi Kualitas Layanan dan Kepuasan Pelanggan Terhadap Loyalitas Pelanggan Dongle Internet Di 3 Store Semarang. Tjyybjb. Ac. Cn, 3(2), 58-66. http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987

Spillway, P., Pengoperasian, O., Desa, W., Kecamatan, B., Kabupaten, T., Gunawan, P., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2014). *Perencanaan Spillway dan Optimasi Pengoperasian Waduk Desa Bandungharjo Kecamatan Toroh Kabupaten Grobogan.....(Pekik Gunawan) 2014*. 1–16.

Wibowo, A. K., Widodo, C. T., Darsono, S., & ... (2017). Perencanaan Waduk Desel Guna Penanggulangan Banjir pada Sungai Beringin, Semarang. ... *Karya Teknik Sipil*, *6*, 226–235. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/18363