

PENYUSUNAN MANUAL OPERASI DAN PEMELIHARAAN WADUK SANGGEH KABUPATEN GROBOGAN PROVINSI JAWA TENGAH

Nur Rendra Kusumardi Wibowo, Adi Putra Rohendi, Suseno Darsono ^{*)}, Hari Nugroho ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Waduk Sanggeh pasca rehabilitasi pada tahun 2015 belum diketahui kondisi terkini dan belum dapat dioperasikan. Kondisi terkini waduk Sanggeh dapat diketahui dari evaluasi kelayakan. Kegiatan operasi dan pemeliharaan waduk membutuhkan suatu pedoman/manual. Pada waduk Sanggeh belum mempunyai manual operasi dan pemeliharaan. Manual tersebut digunakan sebagai dasar dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh. Evaluasi kelayakan yang dilakukan pada waduk Sanggeh meliputi evaluasi terhadap hidrologi waduk, hidrolika bendungan, serta stabilitas bendungan Sanggeh. Hidrologi waduk Sanggeh dianalisis dengan metode Hydrology Synthetic untuk mendapatkan debit banjir pada waduk. Hidrolika bendungan dianalisis dari muka air banjir maksimum. Muka air banjir maksimum nantinya dijadikan dasar dalam evaluasi bendungan dan bangunan pelengkap. Manual operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh disusun berdasarkan Pedoman Operasi, Pemeliharaan, dan Pemantauan Bendungan. Pola operasi waduk Sanggeh dibuat sebagai acuan pengaturan air untuk dapat memenuhi kebutuhan air. Pembuatan pola operasi tersebut menggunakan metode simulasi. Evaluasi hidrologi pada waduk Sanggeh didapatkan debit 100 tahunan sebesar 29,0 m³/s. Elevasi muka air banjir mencapai +47,5 m. Evaluasi hidrolika bendungan Sanggeh didapatkan bahwa bendungan Sanggeh aman untuk dilakukan kegiatan operasi dan pemeliharaan. Stabilitas bendungan Sanggeh mencapai angka keamanan stabilitas bendungan dengan nilai 3,906 pada kondisi steady state. Pola operasi waduk Sanggeh mengikuti pola tanam daerah irigasi Sanggeh yang berdasar pada SK Bupati Grobogan Tahun 2013. Pola operasi yang dihasilkan dievaluasi kinerjanya berupa keandalan dengan nilai 71,4%, kelentingan dengan press index 0,0011 dan kerawanan sebesar 21,3%. Kegiatan operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh membutuhkan biaya pada tahun pertama yaitu sebesar Rp. 934.816.214,00.

Kata kunci: *Evaluasi kelayakan waduk Sanggeh, Pola operasi waduk Sanggeh, Manual operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh*

ABSTRACT

Reservoir Sanggeh after rehabilitation in 2015 latest condition is not known and can't be operated. Latest conditions Sanggeh reservoir can be seen from the feasibility evaluation. Operation and maintenance of reservoirs need a guide / manual. Sanggeh reservoir does not have the operation and maintenance manual. The manual is used as a basic for

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

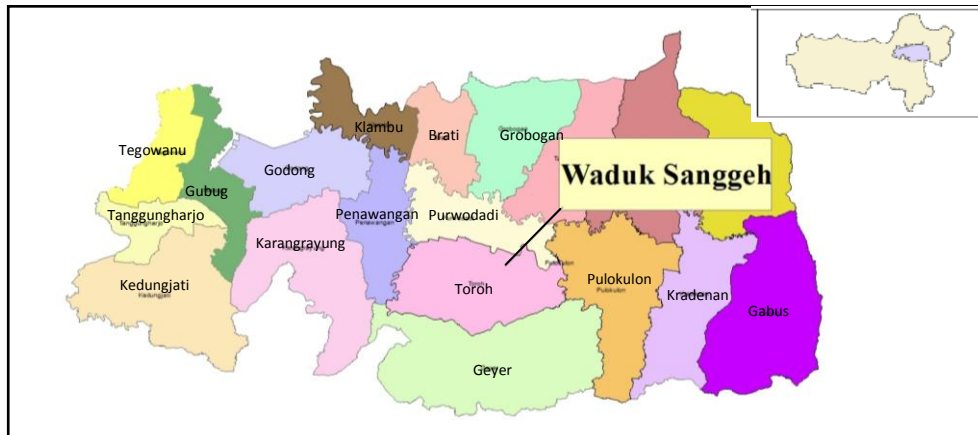
operation and maintenance of Sanggeh reservoir. Evaluation of feasibility Sanggeh reservoir include an evaluation of the reservoir hydrology, hydraulics dams, as well as the stability of the dam Sanggeh. Hydrology of Sanggeh reservoir analyzed with Hydrology Synthetic methods to get debit flooding in reservoirs. Hydraulics dam analyzed from maximum flood water level. Maximum flood water level will be used as the basic for the evaluation of the dam and ancillary buildings. Manual operation and maintenance prepared by the Operations Manual, Maintenance and Monitoring Dam. Sanggeh reservoir rule curve created as a reference regulation of water to meet water needs. Development of rule curve using simulation method. Evaluation of hydrological Sanggeh reservoir 100 annual discharge obtained was 29.0 m³/s. Flood water level reached + 47.5 m. Evaluation of the Sanggeh dam hydraulics found that the dam is safe to do operations and maintenance. The stability of the dam Sanggeh reached dam safety stability to the value of 3,906 at steady state conditions. Sanggeh reservoir operation pattern following the cropping pattern Sanggeh irrigation area based on the SK Regent Grobogan 2013. Operating patterns are evaluated in the form of reliability performance with a value of 71.4%, resilience to press 0.0011 and vulnerability index by 21.3%. Operation and maintenance of reservoirs Sanggeh costs in the first year is Rp. 934,816,214.00.

Keywords: *Evaluation of the feasibility Sanggeh dam, Rule curve Sanggeh reservoir, Operation and maintenance manual Sanggeh reservoir,*

PENDAHULUAN

Waduk merupakan suatu tampungan yang digunakan untuk menampung air berlebih pada saat musim hujan supaya kemudian dapat dimanfaatkan pada saat musim kemarau (Sudjarwadi, 1987). Waduk Sanggeh terletak di Desa Tambirejo, Kecamatan Toroh, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Bendungan Sanggeh merupakan bendungan urugan tanah homogen dengan perlindungan rip-rap pada lereng hulu bendungan. Bendungan Sanggeh berfungsi sebagai tampungan air di musim hujan dan mengairi irigasi teknis areal persawahan seluas ± 46 ha (SK Bupati Grobogan, 2013) dan sumber airnya berasal drainase lokal. Pada tubuh bendungan terpasang instrumentasi-instrumentasi untuk mencatat perilaku/perubahan bendungan mulai dari pergeseran, deformasi, rembesan, data pencatatan hujan setempat, serta pengamatan tinggi muka air waduk.

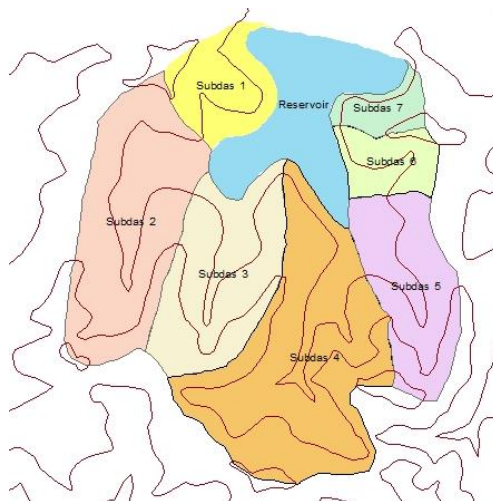
Bendungan Sanggeh direhabilitasi total pada tahun 2015, karena itu diperlukan evaluasi kelayakan waduk Sanggeh. Waduk Sanggeh belum mempunyai manual operasi dan pemeliharaan sehingga waduk belum dapat dioperasikan. Untuk mengambil manfaat yang sebesar-besarnya, maka waduk harus dioperasikan secara optimal (Soetopo Widandi, 2010). Sebagai dasar pelaksanaan operasi dan pemeliharaan waduk dibutuhkan manual operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh. Manual tersebut harus rinci, jelas, dan mudah dimengerti bagi petugas pelaksana OP (operasi dan pemeliharaan) serta mencakup semua kegiatan yang harus dilakukan dalam rangka OP (operasi dan pemeliharaan) waduk. Dalam operasi waduk terdapat pola operasi yang digunakan sebagai acuan dalam menjaga volume waduk Sanggeh sehingga air dapat dimanfaatkan secara optimal. Sebagai bahan evaluasi, waduk Sanggeh perlu dilakukan survey kondisi bagian-bagian waduk seperti bendungan, bangunan *intake*, *spillway*, instrumentasi, kantor pengelola, kantong lumpur dan pagar hijau di sekitar waduk. Selain itu diperlukan analisa kebutuhan biaya operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh. Lokasi waduk Sanggeh dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Waduk Sanggeh
(Sumber : Peta Rupa Bumi Indonesia, 2004)

METODOLOGI

Waduk Sanggeh dilakukan evaluasi kelayakan terhadap hidrologi, hidrolika, dan stabilitas bendungan. Evaluasi hidrologi waduk Sanggeh menggunakan metode *Hydrology Synthetic* dengan curah hujan maksimum harian yang dapat dilihat pada Gambar 3. Hidrolika waduk menggunakan desain banjir dari hasil analisis HEC-HMS yang digunakan dalam perhitungan dimensi bendungan dan dimensi *spillway*. Pada waduk Sanggeh dilakukan analisis kelayakan pada bendungan. Pada DAS waduk Sanggeh hanya ditunjang sebuah stasiun hujan sehingga data hujan waduk Sanggeh hanya mengandalkan dari stasiun tersebut. Peta DAS waduk Sanggeh dapat dilihat pada Gambar 2.

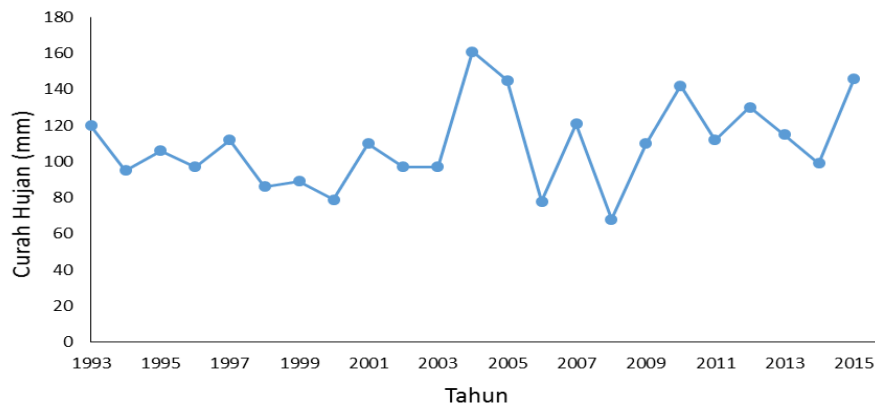


Gambar 2. Peta DAS dan Sub DAS Waduk Sanggeh

Perhitungan volume tampungan waduk didasarkan pada dua metode yaitu metode topografi dan metode *ripple*, dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan sehingga mendapatkan volume tampungan waduk. Stabilitas bendungan dianalisis dengan aplikasi *Plaxis 8.2* untuk mendapatkan nilai rembesan dan angka keamanan bendungan Sanggeh.

Pada bendungan Sanggeh terdapat dua lapisan tanah yaitu lapisan tanah urugan lama dan lapisan tanah urugan baru. *Properties* tanah pada bendungan merupakan tanah homogen yang didominasi oleh tanah lempung. Data tanah bendungan Sanggeh dapat dilihat pada Tabel 1. Pola operasi dibuat berdasarkan *inflow* waduk Sanggeh yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan pola tanam daerah irigasi yang berdasar dari SK Bupati Grobogan Tahun 2013. Pola tanam daerah irigasi waduk Sanggeh dapat dilihat pada Tabel 2.

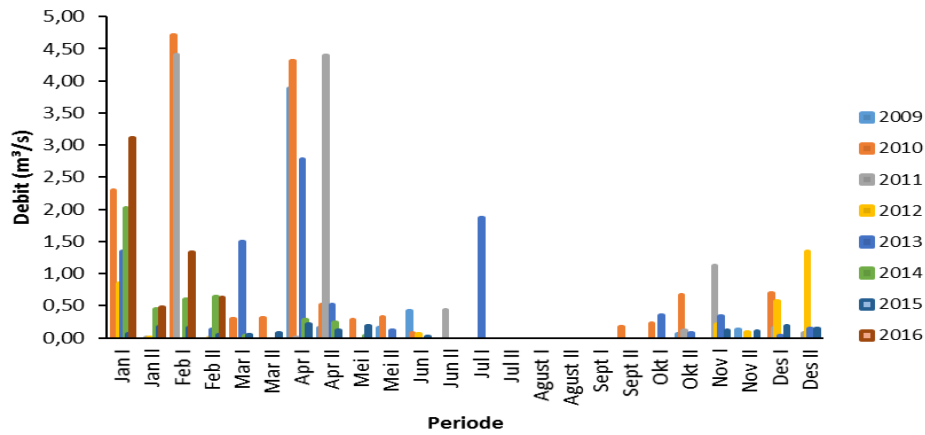
Pola operasi dibuat dengan metode simulasi yang berdasarkan pola tanam pertanian di daerah irigasi waduk Sanggeh. Pola operasi tersebut kemudian dievaluasi kinerjanya untuk mengetahui keandalan, kelentingan dan kerawanan waduk tersebut. Bendungan juga membutuhkan pemeliharaan sehingga antara pola operasi dan pemeliharaan dijadikan sebuah pedoman berupa manual operasi dan pemeliharaan waduk dimana penyusunannya berdasarkan Pedoman Operasi, Pemeliharaan, dan Pengamatan Bendungan, DIRJEN SDA tahun 2003. Penunjang berjalannya operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh tidak lepas dari biaya pertahun yang dibuat berdasarkan harga satuan aktual.



Gambar 3. Curah Hujan Maksimal Harian

Tabel 1. Data Tanah Bendungan Sanggeh

Kedalaman	Jenis tanah	γ_{dry} (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	v	E (KN/m ²)	c (KN/m ²)	ϕ (°)	ψ (°)	k_v (m/hari)	k_x (m/hari)
Timbunan Baru	Lempung	12,220	16,710	0,35	7000	18,300	16,410	0	3,000E-08	3,150E-08
Timbunan Lama	Lempung	11,660	17,460	0,35	10000	27,000	15,093	0	2,100E-08	2,700E-08
0 – 8.5 m	Lanau kelempungan	14,850	17,320	0,35	14000	28,540	7,650	0	4,520E-07	9,030E-07
8.5- 18.5 m	Lanau kelempungan	15,700	17,540	0,35	17000	31,460	8,450	0	2,010E-07	4,040E-07



Gambar 4. Inflow Waduk Sanggeh
Tabel 2. Pola Tanam Bendungan Sanggeh

Uraian	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	Jan-01	Jan-02	Feb-01	Feb-02	Mar-01	Mar-02	Apr-01	Apr-02	Mei-01	Mei-02	Jun-01	Jun-02
Luas = 46 ha	Padi				Panen		Pengolahan Tanah		Padi			
Kebutuhan air :												
- Padi	0,70	0,80	0,80	0,52	0,02	1,20	1,20	0,70	0,70	0,80	0,80	0,52
- Palawija (Jagung)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah :	0,032	0,037	0,037	0,024	0,001	0,055	0,056	0,033	0,032	0,037	0,037	0,024
Uraian	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Jul-01	Jul-02	Agu-01	Agu-02	Sep-01	Sep-02	Okt-01	Okt-02	Nov-01	Nov-02	Des-01	Des-02
Luas = 46 ha	Padi		Palawija		Masa Pengerangan		Palawija		Pengolahan Tanah		Padi	
Kebutuhan air :												
- Padi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04	1,40	1,40	1,40	0,70
- Palawija (Jagung)	0,00	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah :	0,000	0,012	0,012	0,012	0,001	0,001	0,012	0,013	0,064	0,064	0,064	0,032

Sumber: SK Bupati Grobogan Tahun 2013

HASIL DAN PEMBAHASAN

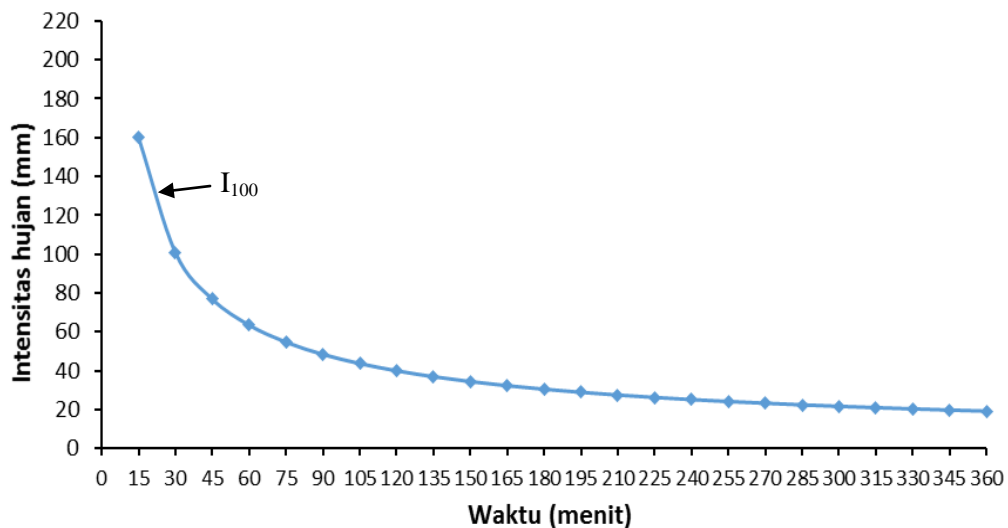
Setelah dihitung data curah hujan secara maksimum setiap tahun kemudian dimasukkan dalam program analisis frekuensi data hidrologi APROB yang menghasilkan bahwa tipe sebaran yang digunakan adalah gumbel dengan kala ulang 100 tahun didapatkan hujan areal maksimal sebesar 183 mm. Pada aplikasi APROB terdapat beberapa jenis sebaran data yang digunakan untuk menentukan sebaran data yang akan dipakai. Penentuan sebaran data menggunakan uji kecocokan data yang meliputi parameter statistik dan *Smirnov-Kolmogorov*. Hasil dari aplikasi APROB kemudian dilakukan perhitungan intensitas hujan pada masing-masing subdas dengan durasi waktu per 15 menit didapat seperti Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Intensitas Hujan DAS Sanggeh

Nama SUB-DAS	Q	Hujan Areal Max	tc	Intensitas	Intensitas
		(mm)	(jam)	(mm/jam)	(mm/15menit)
SubBasin 1	100	183	0,05	462,94	115,74
SubBasin 2		183	0,16	213,07	53,27

Nama SUB-DAS	Q	Hujan Areal Max	tc	Intensitas	Intensitas
		(mm)	(jam)	(mm/jam)	(mm/15menit)
SubBasin 3		183	0,12	258,57	64,64
SubBasin 4		183	0,25	160,18	40,05
SubBasin 5		183	0,16	214,24	53,56
SubBasin 6		183	0,06	438,33	109,58
SubBasin 7		183	0,01	1095,86	273,96
SubBasin 8		183	0,12	261,97	65,49

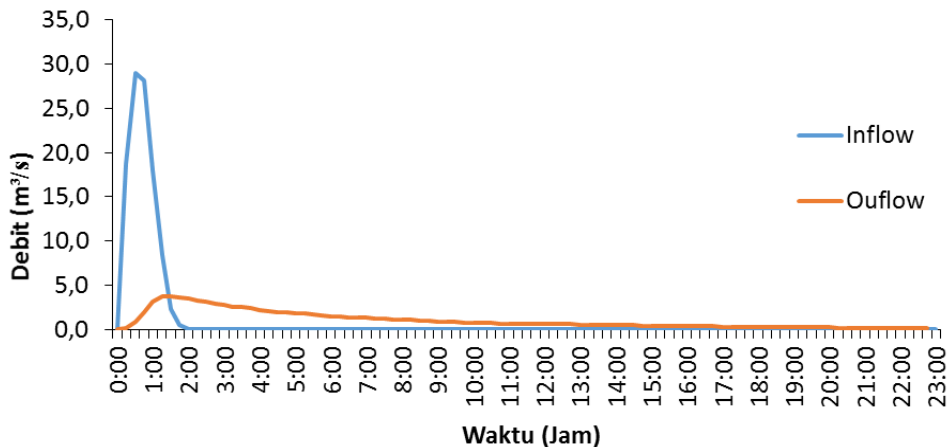
Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Intensitas hujan menentukan nilai dari debit banjir di suatu DAS. Dikarenakan tidak adanya waktu dan tidak tersedianya alat maka nilai intensitas dapat dicari dengan cara empiris, salah satunya dengan metode *Mononobe*. Berikut hasil perhitungan intensitas hujan DAS Sanggeh dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Intensitas Hujan dengan Kala Ulang 100 tahun
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Dari grafik intensitas hujan dapat diambil kesimpulan pembagian hujan per 15 menit dan semakin singkat durasi hujan berlangsung maka intensitasnya cenderung makin tinggi atau sebaliknya.

Pemodelan HEC-HMS menghasilkan elevasi maksimum pada saat debit banjir. Hasil perhitungan menunjukkan elevasi banjir maksimal dengan kala ulang 100 tahun berada pada elevasi +47,5. Hasil perhitungan tersebut terdapat pada Gambar 7. Hasil elevasi banjir tersebut kemudian digunakan untuk analisis hidrolika bendungan, seperti pada dimensi bendungan, *spillway* dan stabilitas bendungan Sanggeh.



Gambar 7. Grafik Hasil Run Configuration HEC HMS Periode 100 Tahun

Dari analisis perhitungan tinggi jagaan didapat dari tinggi jangkauan ombak, tinggi puncak gelombang diatas permukaan air, kenaikan permukaan air waduk yang disebabkan oleh ketidaknormalan operasi pintu bangunan dan angka tambahan tinggi jagaan.

$$H_f = h_w + h_e + h_a + h_i$$

Sumber: Sosrodarsono & Takeda, 1989

$$= 0,16 + 0,104 + 0 + 1,0$$

$$= 1,26 \text{ meter}$$

Karena tinggi bendungan kurang dari 50 meter maka tinggi jagaan diambil 2 meter

Tinggi bendungan = Elevasi muka air banjir + H_f – Elevasi dasar

Sumber: Sosrodarsono & Takeda, 1989

$$= 47,5 + 2,00 - 42,00$$

$$= 7,5 \text{ meter}$$

Perhitungan mercu bendungan digunakan untuk menahan hempasan ombak diatas permukaan lereng dan tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui bagian mercu tubuh bendungan.

$$B = 3,60 (H)^{1/3} - 3,00$$

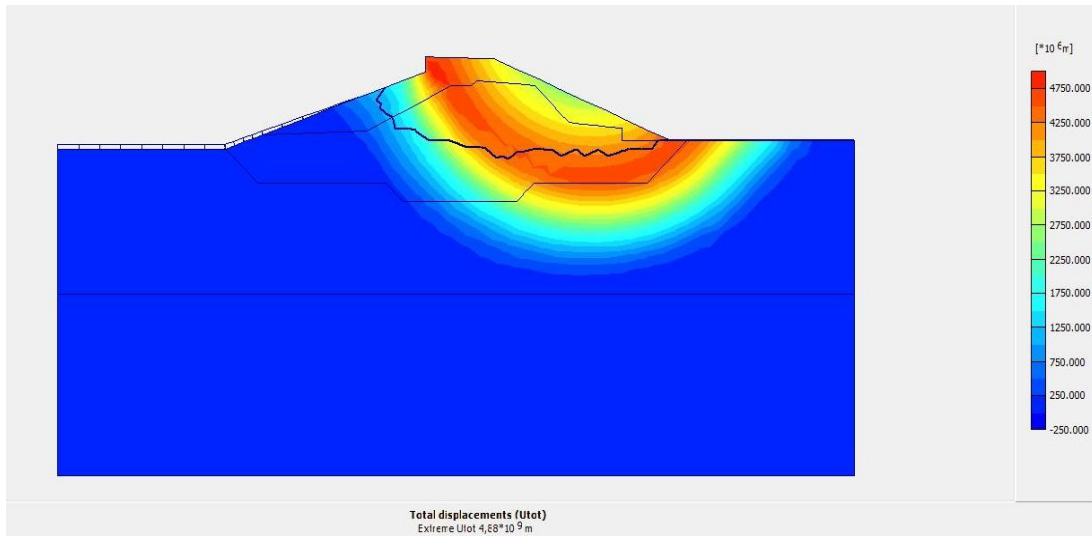
Sumber: Sosrodarsono & Takeda, 1989

$$= 3,60 \times 7,5^{1/3} - 3,00 = 4,05 \text{ m} \approx 4,2 \text{ m}$$

Perhitungan stabilitas lereng bendungan terhadap filtrasi dilakukan dengan pemodelan menggunakan aplikasi *Plaxis 8.2*. Analisis tersebut menghasilkan kecepatan ekstrim sebesar $61,58 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ dan debit total sebesar $166,70 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s/m}$.

Aplikasi *Plaxis 8.2*. menghasilkan skema warna seperti Gambar 8. Dari Gambar 8 dapat dibaca bahwa apabila bendungan mengalami *sliding*, bagian dengan warna merah menunjukkan bagian tersebut mengalami *sliding* dengan volume paling besar.

Tahap perhitungan stabilitas lereng bendungan terhadap longsor sama dengan tahap perhitungan stabilitas rembesan. Stabilitas lereng dalam tinjauan kondisinya antara lain kondisi awal bendungan, kondisi bendungan terisi dan kondisi *rapid drawdown*. Hasil perhitungan dalam bentuk *safety factor* seperti tabel 4.

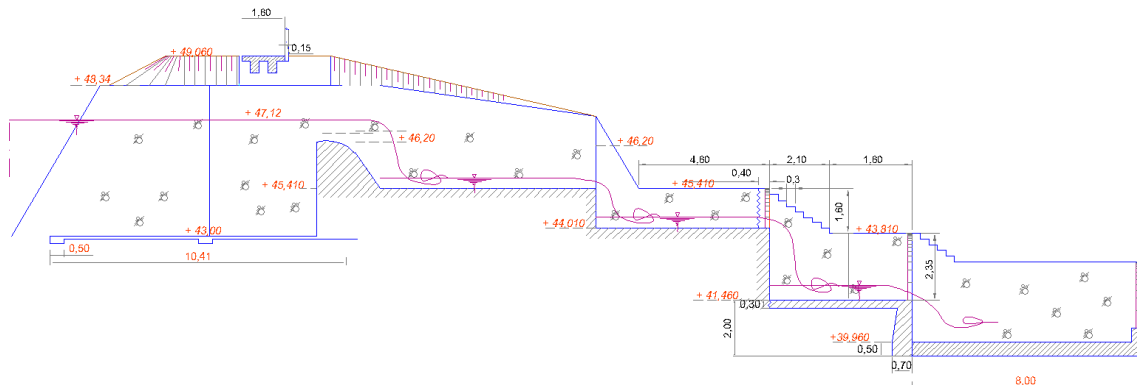


Gambar 8. Regangan Geser Kondisi *Steady State*

Tabel 4. Hasil Stabilitas Lereng dengan Menggunakan *Plaxis*

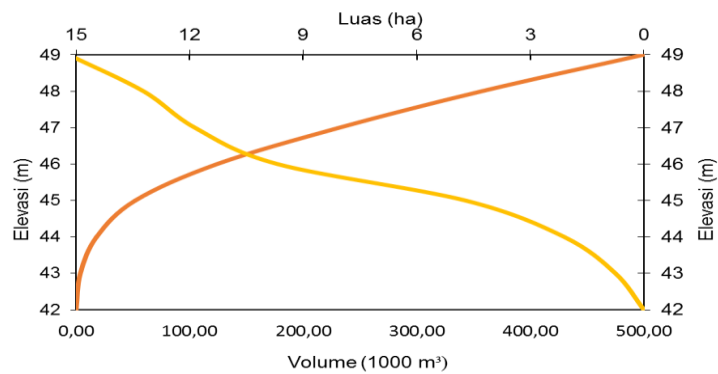
No	Kondisi yang dianalisis	SF	Syarat Minimum SF	Keterangan
1	Kondisi <i>Long Storage</i> awal	3,813	1,5	Aman
2	Kondisi muka air normal	3,906	1,5	Aman
3	Kondisi <i>rapid drawdown</i>	3,639	1,3	Aman

Waduk Sanggeh memiliki pelimpah dengan tipe ogee tanpa pintu dengan lebar 5 meter, hasil perhitungan menunjukkan *spillway* yang ada masih memenuhi kriteria perencanaan *spillway*. Berikut potongan memanjang *spillway* beserta kolam olaknya yang dapat dilihat pada Gambar 9.



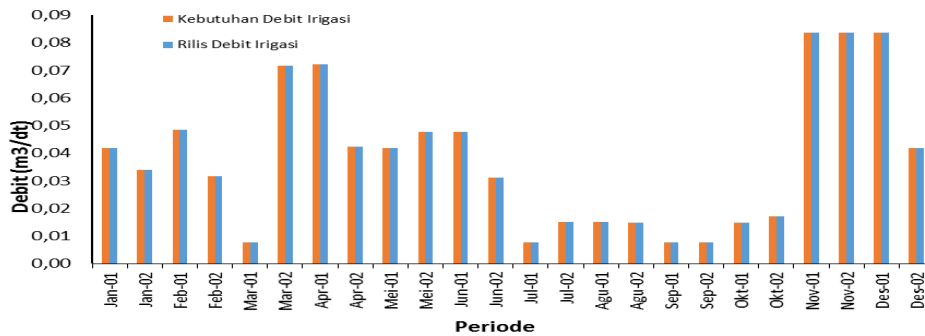
Gambar 9. Potongan Memanjang *Spillway* Beserta Kolam Olak
(Sumber : BBWS Pemali Juana, 2012)

Analisis tampungan waduk Sanggeh berdasarkan peta topografi dengan cara mencari luasan tiap elevasi kemudian dikalikan dengan antar elevasi sehingga didapatkan volume tiap elevasinya kemudian dibandingkan dengan menggunakan metode *ripple*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat hasilnya seperti Gambar 10.



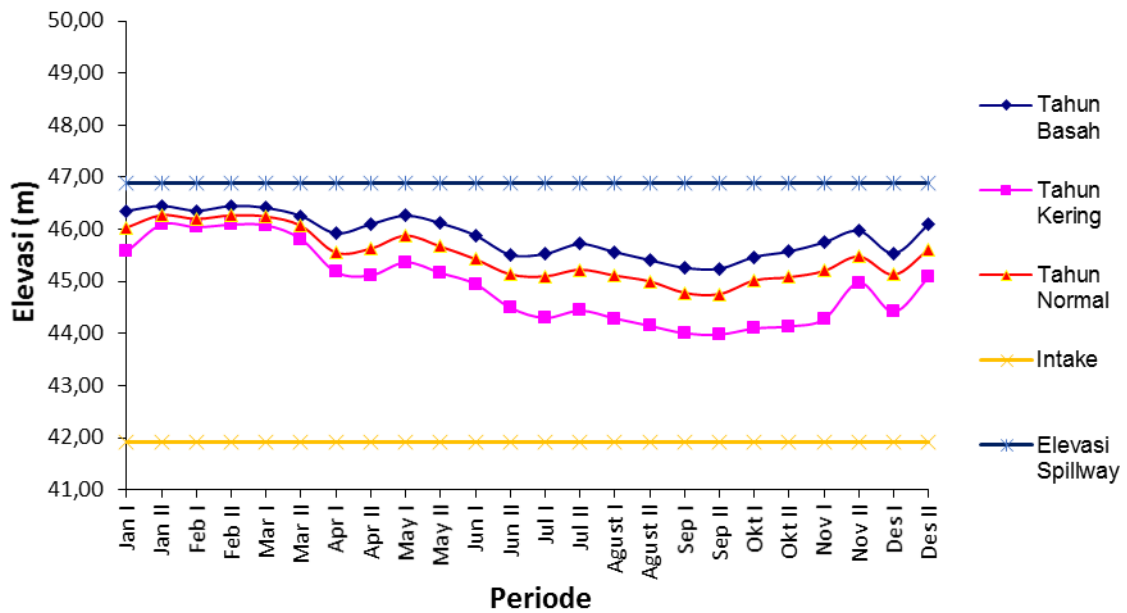
Gambar 10. Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Waduk

Neraca air dianalisis berdasarkan jumlah air yang keluar dari waduk dengan kebutuhan air yang dibutuhkan. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa waduk Sanggeh selalu dapat memenuhi kebutuhan air dari pola tanam yang dibuat berdasarkan SK Bupati Grobogan tahun 2013, dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Neraca Air Waduk Sanggeh

Rule curve pengoperasian waduk adalah kurva/grafik yang menunjukkan hubungan antara elevasi muka air waduk, debit *outflow* dan waktu dalam satu tahun (Indra Karya, 1993). Pola operasi waduk Sanggeh menunjukkan bahwa waduk Sanggeh tidak pernah mengalami kekurangan air. Hal tersebut dikarenakan pola operasi tidak pernah berada pada elevasi muka air minimum. Untuk hasil grafik pola operasi waduk Sanggeh dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pola Operasi Waduk Sanggeh

Pola operasi waduk Sanggeh tersebut kemudian dilakukan evaluasi yang menghasilkan kinerja operasi waduk Sanggeh yang berupa keandalan (*Reliability*), kelentingan (*Resiliency*), dan kerawanan (*Vulnerability*) yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Evaluasi Kinerja Operasi Waduk Sanggeh

Overall	Temporal Reliability		Resiliency	Vulnerability	
	Reliability	Keterangan	Kegagalan Terbesar	Volume Reliability	Max % Short
	71,4%		Pertahun	21,3%	
YR-1	100,0%	Sukses	16 Kali	100,0%	0,0%
YR-2	100,0%	Sukses		100,0%	0,0%
YR-3	50,0%	Gagal		69,0%	100,0%
YR-4	100,0%	Sukses	Press Index	100,0%	0,0%
YR-5	79,2%	Sukses		67,1%	100,0%
YR-6	75,0%	Sukses	0,0011	65,2%	100,0%
YR-7	33,3%	Gagal		4,8%	100,0%
YR-8	91,7%	Sukses		4,8%	100,0%

Dari kegiatan operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh kemudian dianggarkan biaya operasi dan pemeliharaan waduk rutin dan berkala berdasarkan AHSP aktual yang disusun berdasarkan frekuensi kegiatan yang berbentuk rekapitulasi anggaran biaya operasi, pemeliharaan, dan pemantauan waduk sanggeh pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Anggaran Biaya Operasi dan Pemeliharaan Waduk Sanggeh

No	Item Kegiatan	Anggaran	Anggaran		
			Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018
1	Operasi dan Pemeliharaan (1 tahunan)	Rp 250.676.854,61		Rp 250.676.854,61	Rp 250.676.854,61
2	Pemeliharaan Berkala (2 tahunan)	Rp 123.231.659,44			Rp 123.231.659,44
3	Pemantauan	Rp 199.744.606,03		Rp 199.744.606,03	Rp 199.744.606,03
4	Perbaikan	Rp 1.882.947.533,67	Rp 941.473.766,84	Rp 188.294.753,37	Rp 188.294.753,37
5	Pembangunan pengadaan	Rp 2.961.000.000,00	Rp 1.480.500.000,00	Rp 296.100.000,00	Rp 296.100.000,00
Jumlah Anggaran			Rp 2.421.973.766,84	Rp 934.816.214,00	Rp 1.058.047.873,44

No	Item Kegiatan	Anggaran	Anggaran		
			Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
1	Operasi dan Pemeliharaan (1 tahunan)	Rp 250.676.854,61	Rp 250.676.854,61	Rp 250.676.854,61	Rp 250.676.854,61
2	Pemeliharaan Berkala (2 tahunan)	Rp 123.231.659,44		Rp 123.231.659,44	
3	Pemantauan	Rp 199.744.606,03	Rp 199.744.606,03	Rp 199.744.606,03	Rp 199.744.606,03
4	Perbaikan	Rp 1.882.947.533,67	Rp 188.294.753,37	Rp 188.294.753,37	Rp 188.294.753,37
5	Pembangunan pengadaan	Rp 2.961.000.000,00	Rp 296.100.000,00	Rp 296.100.000,00	Rp 296.100.000,00
Jumlah Anggaran			Rp 934.816.214,00	Rp 1.058.047.873,44	Rp 934.816.214,00

Rencana Anggaran biaya diatas terbagi menjadi lima *item* yang masing-masing yaitu:

1. Biaya operasi dan pemeliharaan rutin (1 tahunan)
2. Biaya pemeliharaan berkala (2 tahunan)
3. Biaya pemantauan (1 tahunan)
4. Biaya perbaikan
5. Biaya pembangunan pengadaan

Untuk biaya perbaikan pada tahun 2016 dianggarkan 50% dari anggaran perbaikan seluruhnya kemudian pada tahun berikutnya dianggarkan 10% dari biaya total perbaikan selama 5 tahun, begitu juga dengan biaya pembangunan pengadaan.

KESIMPULAN

Waduk Sanggeh merupakan waduk yang terletak di desa Tambirejo, kecamatan Toroh, kabupaten Grobogan yang difungsikan untuk mengairi ± 46 ha sawah irigasi teknis. Namun, adanya perbaikan bendungan sehingga belum berfungsi secara optimal yang berdampak pada masa tanam pertanian di daerah irigasi waduk Sanggeh di kabupaten Grobogan. Penyusunan operasi dan pemeliharaan waduk, evaluasi kelayakan pada waduk perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi bendungan setelah dilakukan rehabilitasi. Kegiatan operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh memerlukan biaya, sehingga biaya tersebut perlu dianggarkan.

Dari proses penyusunan manual operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Hasil analisis kelayakan dan stabilitas bendungan menunjukkan bahwa bendungan aman.
2. Dilakukan pembuatan pola operasi waduk Sanggeh dengan hitungan terkini beserta kelengkapan pengoperasian waduk lainnya.
3. Tersusunnya manual operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh yang sesuai dengan kondisi waduk Sanggeh terkini sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan operasi waduk Sanggeh.
4. Biaya operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh pertahun yang dapat digunakan sebagai dasar untuk pengajuan anggaran biaya operasi dan pemeliharaan waduk Sanggeh.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Keamanan Bendungan, 2003. *Kriteria Umum Desain Bendungan*, Direktur Jendral Sumber Daya Air, Jakarta.
- Indra Karya, P.T, 1993. *Pekerjaan Studi Sistem Operasi Waduk kedong Ombo dan Manual Pengoperasian, Laporan Akhir*, Indra Karya, P.T, Semarang.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kesanu, 1989. *Bendungan Tipe Urugan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudjarwadi, 1987. *Dasar-Dasar Teknik Irigasi*. KMTS-UGM, Yogyakarta.
- Surat Keputusan Bupati Grobogan Nomor 11 Tahun 2013 tanggal 23 Juli 2013 tentang Pola Tanam Musim Tanam Rendengan 2013 sampai dengan kemarau 2016 Kabupaten Grobogan.
- Windadi Soetopo, 2010. *Operasi Waduk Tunggal*, CV. Asrori, Malang.