

315 velauasi model efisiensi tampungan

by Puji Utomo

Submission date: 18-May-2020 12:03PM (UTC+0800)

Submission ID: 1326714002

File name: 315-1216-1-SM_utomo.docx (1.36M)

Word count: 3192

Character count: 19670



EVALUASI MODEL EFISIENSI TAMPUNGAN (TRAP EFFICIENCY) SEDIMEN DI WADUK MRICA

PUJI UTOMO¹, PRISCA FEBRIANI²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta (puji.utomo@staff.uty.ac.id)

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta (priscFebriani17@gmail.com)

Naskah diterima : xx Mei 2020. Disetujui: YY Juni 2020. Diterbitkan : 24 Februari 2020

ABSTRAK

Sedimentasi waduk merupakan permasalahan global yang sangat penting dalam perencanaan waduk karena menyebabkan penurunan kapasitas tampungan waduk. Dalam menganalisis sedimentasi waduk, biasanya meliputi sedimen yang masuk, sedimen yang keluar, dan endapan sedimen di dalam waduk, sehingga didapatkan imbalan sedimen yang terjadi. Namun dalam praktek di lapangan, tidak semua melakukan ketiga analisis tersebut, karena pertimbangan biaya pelaksanaan yang cukup mahal. Untuk mengatasi hal tersebut, analisis sedimentasi dilakukan dengan pendekatan konsep efisiensi tampungan (*trap efficiency*) sedimen. Selama ini pendekatan konsep ini didasarkan pada hasil penelitian di luar negeri dan tingkat akurasi masih belum optimal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat akurasi dari model efisiensi tampungan sedimen. Penelitian ini dilakukan di Waduk Mrica, Kabupaten Banjarnegara. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya: analisis sedimen yang masuk, sedimen yang mengendap, efisiensi tampungan, dan evaluasi dengan kriteria statistik untuk mendapatkan tingkat akurasi model. Imbalan sedimen di Waduk Mrica menunjukkan bahwa laju sedimen yang masuk sebesar 6,001 juta m³/tahun. Sedimen rerata yang mengendap sebesar 3,850 juta m³/tahun, sehingga sedimen yang dikeluarkan rerata sebesar 2,151 juta m³/tahun. Tingkat akurasi dari model efisiensi tampungan bervariasi dari sedang sampai kuat. Model efisiensi tampungan sedimen Brune, Harbor et al, dan Jothiprakash dan Garg dianggap paling representatif untuk digunakan pada Waduk Mrica.

Kata kunci : Imbalan Sedimen, *Trap Efficiency*, Sedimentasi Waduk, Tingkat Akurasi, Waduk Mrica

1. PENDAHULUAN

Sedimentasi waduk merupakan permasalahan global yang sangat penting dalam perencanaan waduk karena menentukan keberlanjutan fungsi waduk. Sedimentasi merupakan hasil akumulasi material sedimen yang tererosi di lahan DAS sampai ke waduk dan mengalami pengendapan atau deposisi, baik pengendapan permanen maupun sementara. Sedimentasi waduk yang tidak terkendali akan sangat mempengaruhi unjuk kerja waduk, karena menyebabkan usia layanan waduk tidak sesuai dengan umur perencanaan. Banyak waduk di Pulau Jawa sendiri yang mengalami degradasi volume tampungan air akibat dari sedimen yang berasal dari erosi lahan, salah satunya Waduk Mrica. Menurut Utomo (2017) laju erosi lahan rerata tahunan di DAS Waduk Mrica mencapai 5,477 juta m³/tahun.

1

DOI : 10.25077/jrs.14.2.xx-xx.2018

[Attribution-NonCommercial 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Some rights reserved

1

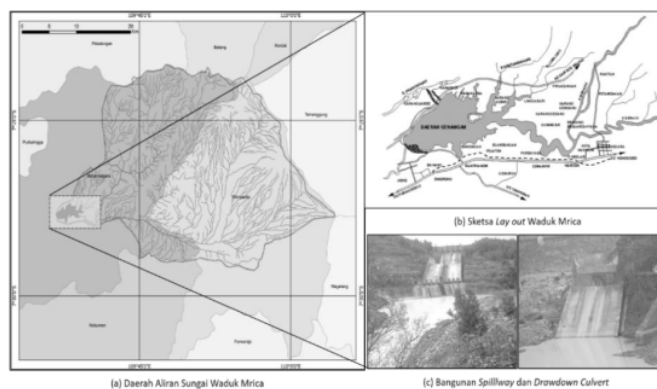
Hasil penelitian Febriani dan Utomo (2018) di Waduk Mrica sedimen yang masuk sebesar 6,543 juta m^3 /tahun dan volume sedimen yang mengendap sebesar 3,955 m^3 /tahun. Widarto (2017) menyatakan proses sedimentasi yang masuk ke Waduk Mrica rata-rata 4,2 juta m^3 /tahun dengan timbunan sedimen 106,3 m^3 atau 71% dari kapasitas tampungan mati. Drajadi dan Utomo (2018) sedimen yang masuk sebesar 5,869 juta m^3 /tahun, laju sedimentasi sebesar 4,097 juta m^3 /tahun, sehingga sedimen yang dikeluarkan sebesar 1,772 juta m^3 /tahun. Hasil studi Perum Jasa Tirta I (2015) umur layanan Waduk Mrica diprediksikan akan berakhir pada tahun 2022 jika tanpa ada pengelolaan sedimentasi.

Dalam menganalisis sedimentasi, biasanya meliputi debit sedimen masuk (*sediment inflow*), debit sedimen keluar (*sediment outflow*) dan endapan sedimen di dalam waduk (*sediment deposited*). Selanjutnya dapat ditentukan imbalanced sedimen (*sediment balance*), yaitu neraca masukan dan keluaran sedimen di waduk pada periode tertentu. Namun dalam praktek di lapangan, tidak semua pengelola waduk melakukan ketiga analisis tersebut dalam satu periode tertentu, karena pertimbangan biaya pelaksanaan yang cukup mahal. Untuk mengatasi hal tersebut, analisis sedimentasi di waduk dapat dilakukan dengan pendekatan konsep efisiensi tampungan (*trap efficiency*) sedimen dari suatu waduk.

Efisiensi tampungan (*trap efficiency*) sedimen sebuah waduk didefinisikan sebagai persentase dari total sedimen yang mengendap di dalam waduk terhadap sedimen yang masuk ke waduk. Selama ini pendekatan konsep ini didasarkan pada hasil penelitian di luar negeri, seperti Brown (1944), Churchill (1948), Brune (1953), Dendy (1974), Gill (1979), Heinmann (1981), Harbor et al (1997), Siyam (2000), Verstraeten dan Poesen (2000), dan Jothiprakash dan Garg (2008). Di Indonesia, sepengetahuan penulis hanya penelitian Susilo (2001) yang mengkaji tingkat akurasi dan melakukan modifikasi terhadap metode prediksi Brown (1944), Churchill (1947), Brune (1953) dengan menggunakan data dari 13 waduk yang ada di Pulau Jawa. Oleh karena itu, masih dimungkinkan untuk melakukan penelitian untuk melihat tingkat akurasi dari model efisiensi tampungan sedimen. Diharapkan dengan penelitian ini, dapat digunakan sebagai acuan oleh pihak pengelola waduk dalam pengambilan kebijakan dan strategi pengelolaan sedimentasi di waduk.

2. METODE PENELITIAN

Waduk Mrica dibangun pada tahun 1983 dan mulai beroperasi pada tahun 1988. Lokasi keberadaan Waduk Mrica ditunjukkan pada Gambar 1. Secara geografis, terletak pada posisi 7° LS dan 110° BT. Secara administratif, Waduk Mrica terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Waduk Mrica merupakan waduk buatan yang dibangun dengan membendung sungai Serayu pada DAS Serayu Bogowonto. Daerah tangkapan air Waduk Mrica luasnya mencapai 957 km^2 dan kapasitas tampungan sebesar 193,5 juta m^3 .



Gambar 1. Lokasi Waduk Mrica (Utomo, 2018)

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi, seperti : Data debit inflow, data rating curve debit sedimen, data pengukuran echosounding, data analisa butiran sedimen dasar waduk, data teknis waduk, data dokumen/laporan pendukung terkait studi lahulu di Waduk Mrica. Setelah dilakukan studi kajian terdahulu dan pengumpulan data, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Menghitung volume sedimen yang masuk

Besaran volume sedimen yang masuk per tahun merupakan total dari volume sedimen melayang (*suspended load*) dan sedimen muatan dasar (*bed load*). Besaran debit sedimen melayang (*suspended load*) didapatkan dari hasil rating curve debit sedimen. Besaran debit sedimen muatan dasar (*bed load*) melalui pendekatan rumus empirik dari Meyer-Petter-Muller (1948). Hasil rating curve debit sedimen di tiga sungai utama dari PT. Indonesia Power adalah sebagai berikut:

Sungai Serayu	: $Q_s = 0,756 \times Q_w^{2,084}$	(1)
Sungai Merawu	: $Q_s = 26,525 \times Q_w^{1,745}$	(2)
Sungai Lumajang	: $Q_s = 11,7372 \times Q_w^{2,8864}$	(3)

dimana, Q_s adalah angkutan sedimen sungai (kg/s) dan Q_w adalah debit sungai (m^3/s)

Perhitungan sedimen dasar (*bed load*) dihitung melalui pendekatan rumus empirik dari Meyer-Petter-Muller (1948), sebagaimana disajikan sebagai berikut:

$$Q_b^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{\gamma_w \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{\frac{3}{2}} RS - 0,047 (\gamma_s - \gamma_w) d}{0,25 \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}}} \right) \div \left(\frac{1}{(\gamma_s - \gamma_w) (1 - e)} \right) L \quad (4)$$

dimana Q_b adalah debit sedimen dasar (m^3/s), γ_w adalah berat jenis air (ton/m^3), γ_s adalah berat jenis sedimen (ton/m^3), R adalah jari-jari hidraulik (m), S adalah kemiringan dasar sungai, d adalah diameter media $d_{50} - d_{60}$ (m), g adalah percepatan gravitasi m/s^2 , e adalah angka pori, K_s/K_r adalah ripple factor, dan L adalah lebar sungai (m). Parameter yang digunakan dalam rumus Meyer Peter and Muller (1948) menggunakan data sekunder sebagaimana penelitian dari Setiawan (2011), diantaranya: ρ_s sebesar 1000 kg/m^3 , ρ_w sebesar 2595 kg/m^3 , nilai K_s/K_r dianggap 1, slope (S) sebesar 0,005, d_{50} sebesar 0,002 m, d_{90} sebesar 0,009 m, void ratio sebesar 0,49, dan g sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$. Lebar dari masing – masing sungai adalah S . Serayu sebesar 25 m, S . Merawu sebesar 15 m, dan S . Lumajang sebesar 6 m.

Menghitung volume sedimen yang mengendap

Besaran volume sedimen yang mengendap per tahun di waduk didapatkan berdasarkan data sekunder dari hasil pengukuran dengan metode echosounding. Pengukuran echosounding akan menghasilkan kapasitas tampungan dan laju endapan sedimen per tahun. Pemeruman dilakukan dengan menggunakan alat echosounder.

Menghitung efisiensi tampungan sedimen

Besarnya nilai efisiensi (*trap efficiency*) didapatkan dengan dua cara, yaitu melalui data lapangan dan persamaan empirik. Berdasarkan data lapangan, nilai *trap efficiency* (TE) didapatkan dengan

cara membagi sedimen yang mengendap dengan volume sedimen yang masuk, sebagaimana disajikan dengan rumus berikut.

$$TE_{obs} = \frac{D_s}{Q_s} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana :

TE_{obs} : efisiensi tampungan (*trap efficiency*) terukur (%)

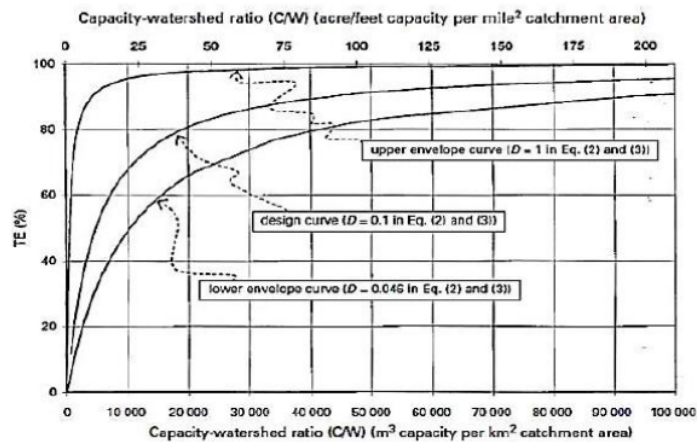
D_s : sedimen total yang mengendap di waduk (m^3)

Q_s : sedimen total yang masuk ke waduk (m^3)

Perhitungan nilai TE juga dilakukan berdasarkan persamaan empirik, diantaranya: Brown (1943), Churchill (1948), Brune (1953), Harbor et al (1997), dan Jothiprakash and Garg (2008), sebagaimana diuraikan sebagai berikut.

Metode Brown

Menurut Brown (1944), nilai efisiensi tampungan (*trap efficiency*) merupakan perbandingan antara rasio kapasitas tampungan dengan luas DAS sebagaimana dapat dilihat pada Grafik hubungan C/W dengan efisiensi tampungan berikut.

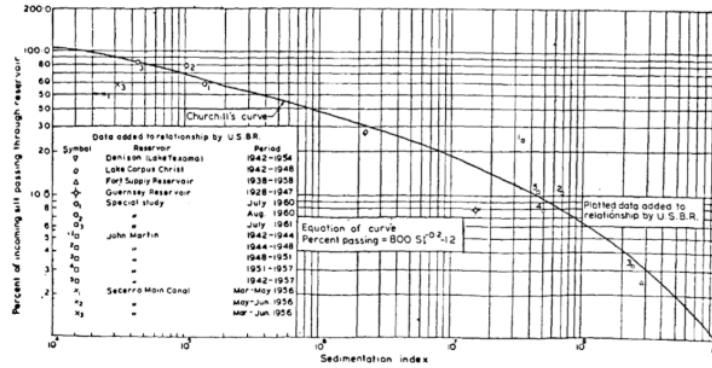


Gambar 2. Brown's trap efficiency Curve

16

Metode Churchill

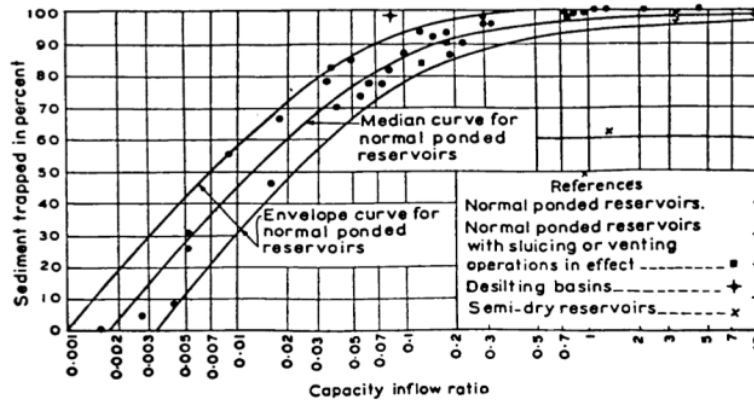
Churchill (1948) mengembangkan hubungan antara efisiensi tampungan (*trap efficiency*) dan indeks sediment waduk sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Indeks Sediment (SI) adalah perbandingan antara waktu retensi dengan kecepatan rerata waduk.



Gambar 3. Churchill's (1948) trap efficiency curve

Metode Brune

Metode Brune dapat dilakukan dengan nomogram hubungan antara nilai efisiensi tampungan (*trap efficiency*) dengan perbandingan antara kapasitas tampungan waduk dan *inflow* rerata tahunan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Brune's Trap Efficiency Curve

Metode Harbor et al

Harbor et al (1997) melakukan studi eksperimental terkait sedimentasi waduk dan mengembangkan persamaan empirik sebagai berikut:

$$TE = -2 + \frac{119,2 \left(\frac{C}{I} \right)}{0,012 + 1,02 \left(\frac{C}{I} \right)} \tag{6}$$

dimana C adalah kapasitas tampungan waduk (m³) dan I adalah *inflow* rerata tahunan (m³)

Metode Jothiprakash & Grag

Jothiprakash and Garg (2008) menemukan persamaan empirik lain yang diturunkan dari kurva Brune untuk *medium sediment* untuk menentukan nilai *trap efficiency* sebagaimana disajikan sebagai berikut.

$$TE = \frac{\left(\frac{C}{I}\right)}{0,00013 + 0,01\left(\frac{C}{I}\right) + 0,0000166\sqrt{\frac{C}{I}}} \quad (7)$$

Hasil simulasi dari beberapa model estimasi nilai efisiensi tumpungan selanjutnya dievaluasi untuk mengetahui manakah yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan tingkat kesalahan (*error*) yang paling kecil. Evaluasi model *trap efficiency* dilakukan dengan metode statistik, seperti: korelasi (R), *Relative Mean Error* (RME), dan *Root of Mean Square Error* (RMSE) sebagaimana disajikan pada persamaan berikut.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n TE_{cal_i} \times TE_{obs_i}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n TE_{cal_i}^2 \times TE_{obs_i}^2\right)}} \quad (8)$$

$$RME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(TE_{obs_i} - TE_{cal_i})}{TE_{obs_i}} \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (TE_{obs_i} - TE_{cal_i})^2} \quad (10)$$

Dimana TE_{obs} adalah nilai *trap efficiency* terukur dari data lapangan dan TE_{cal} adalah nilai *trap efficiency* dari persamaan empirik. Tingkat akurasi dari model dapat diketahui berdasarkan dari nilai korelasi dan tingkat kesalahan (*error*) dengan digolongkan berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria tingkat akurasi dari model

No.	Nilai Korelasi	Error (%)	Petjelasan
1	0,00 – 0,19	80-100	Sangat Lemah
2	0,2 – 0,39	60-79	Lemah
3	0,4 – 0,59	40-59	Sedang
4	0,6 – 0,79	20-39	Kuat
5	0,8 – 1,0	0-19	Sangat Kuat

(Sumber: Sugiyono, 2017)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sedimen yang masuk (*sediment inflow*) ke Waduk Mrica diprediksi melalui pendekatan angkutan dimen di sungai. Debit sedimen total yang masuk ke waduk (*total load*) merupakan jumlah dari angkutan sedimen layang (*suspended load*) dan angkutan sedimen dasar (*bed load*). Sedimen layang (*suspended load*) menggunakan data hasil *rating curve* debit sedimen pada tiga sungai utama yang bermuara ke waduk dari PT. Indonesia Power. Perhitungan sedimen atau muatan dasar (*bed load*) dihitung melalui pendekatan rumus empirik angkutan sedimen dari Meyer Peter and Muller (1948), karena merupakan salah satu rumus empirik yang masih populer digunakan secara luas. Besaran

volume sedimen yang mengendap per tahun di waduk didapatkan berdasarkan data sekunder dari hasil pengukuran dengan metode *echosounding* dari PT. Indonesia Power (2015). Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai efisiensi tampungan (*trap efficiency*) terukur dari data lapangan melalui persentase perbandingan antara sedimen total yang mengendap dalam waduk terhadap sedimen yang masuk waduk. Rekapitulasi hasil analisis sedimen yang masuk, mengendap, dan nilai efisien tampungan sedimen dari data terukur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil analisis efisien tampungan dari data terukur

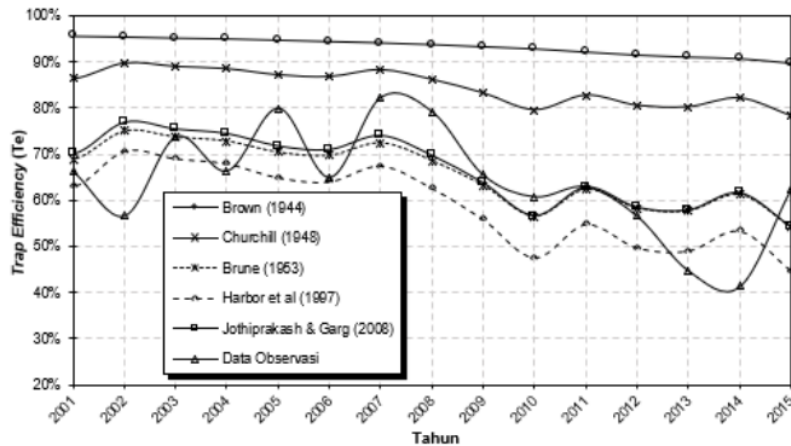
Tahun	V_s Suspended Load (m^3)	V_s Bed Load (m^3)	V_s Total Load (m^3)	D_s (m^3)	TE_{obs}
2001	3015414	2093316	5108730	3381701	66.19%
2002	3642203	2573254	6215457	3523077	56.68%
2003	3522583	2489704	6012286	4435166	73.77%
2004	2566661	1794707	4361368	2895168	66.38%
2005	3401713	2388766	5790479	4627772	79.92%
2006	3606908	2537740	6144648	3992261	64.97%
2007	2712362	1870354	4582716	3772284	82.32%
2008	3195472	2235481	5430953	4299048	79.16%
2009	4269451	3011062	7280512	4763895	65.43%
2010	3918220	2752336	6670556	4054992	60.79%
2011	4943958	3501644	8445602	5318774	62.98%
2012	4294886	3023770	7318656	4141775	56.59%
2013	3257763	2278834	5536597	2480956	44.81%
2014	2448717	1679654	4128371	1707932	41.37%
2015	4099641	2882388	6982029	4355431	62.38%
Laju rerata /tahun			6000597	3850015	64.25%

Hasil analisis total sedimen rerata tahunan yang masuk (V_s) ke waduk mencapai sebesar 6,001 juta m^3 /tahun. Sementara laju sedimentasi (D_s) rerata tahunan mencapai 3,850 juta m^3 /tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa sedimen yang keluar dari waduk bervariasi antara 800 ribu – 3 juta m^3 /tahun. Sedimen yang dapat dikeluarkan terbesar mencapai 3,177 juta m^3 /tahun pada tahun 2012 dan terkecil sebesar 810 ribu m^3 /tahun pada tahun 2007. Total sedimen rerata yang dapat dikeluarkan dari waduk sebesar 2,151 juta m^3 /tahun. Dari hasil analisis nilai TE_{obs} bervariasi antara 40% - 85%. Kondisi ini disebabkan karena pengelolaan sedimentasi di Waduk Mrica belum dilakukan secara berkesinambungan. Pada kondisi tertentu besarnya nilai TE_{obs} bisa mencapai 85% pada tahun 2007, tetapi ada juga nilai TE_{obs} yang sekitar 40% pada tahun 2014. Nilai TE_{obs} rerata dari data lapangan mencapai 64,25 %.

Dalam penelitian ini, besarnya nilai TE_{obs} dibandingkan dengan TE_{cal} dari berbagai persamaan empirik, diantaranya: Brown (1944), Churchill (1948), Brune (1953), Harbor et al (1997), dan Jothiprakash and Garg (2008). Pemilihan persamaan empirik ini sendiri didasarkan pada kemudahan dan kepraktisan. Hasil analisis besarnya nilai TE_{cal} dari berbagai rumus empirik disajikan dalam Gambar 5.

Dari gambar 5. menunjukkan bahwa kecenderungan (*trend*) nilai *trap efficiency* waduk semakin menurun dari tahun ke tahun sebanding dengan penurunan kapasitas tampungan waduk. Berdasarkan nilai TE_{cal} (Brown) menunjukkan nilainya berkisar antara 90 – 100 %. Nilai TE_{cal} (Churchill) berkisar antara 80 – 90 %. Adapun nilai TE_{cal} (Brune) dan TE_{cal} (Jothiprakash and Garg) menunjukkan hasil yang hampir sama artinya dan berkisar antara 60 – 80 %. Adapun nilai TE_{cal} (Harbor et al) menunjukkan hasil yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan yang lain dan berkisar antara 50 – 75%. Berdasarkan TE_{cal} (Churchil), TE_{cal} (Brune), TE_{cal} (Harbor et al), dan TE_{cal} (Jothiprakash and Garg) memiliki pola yang bergelombang. Hal ini kemungkinan karena tidak adanya pengelolaan sedimentasi secara berkesinambungan. Sementara nilai TE_{cal} (Brown) relatif memiliki pola garis

lurus (linier) dan nilainya semakin kecil. Dari masing-masing persamaan empirik, terlihat bahwa pada tahun 2015 memiliki nilai TE_{cal} paling kecil.



Gambar 5. Nilai TE_{cal} dari berbagai persamaan empirik

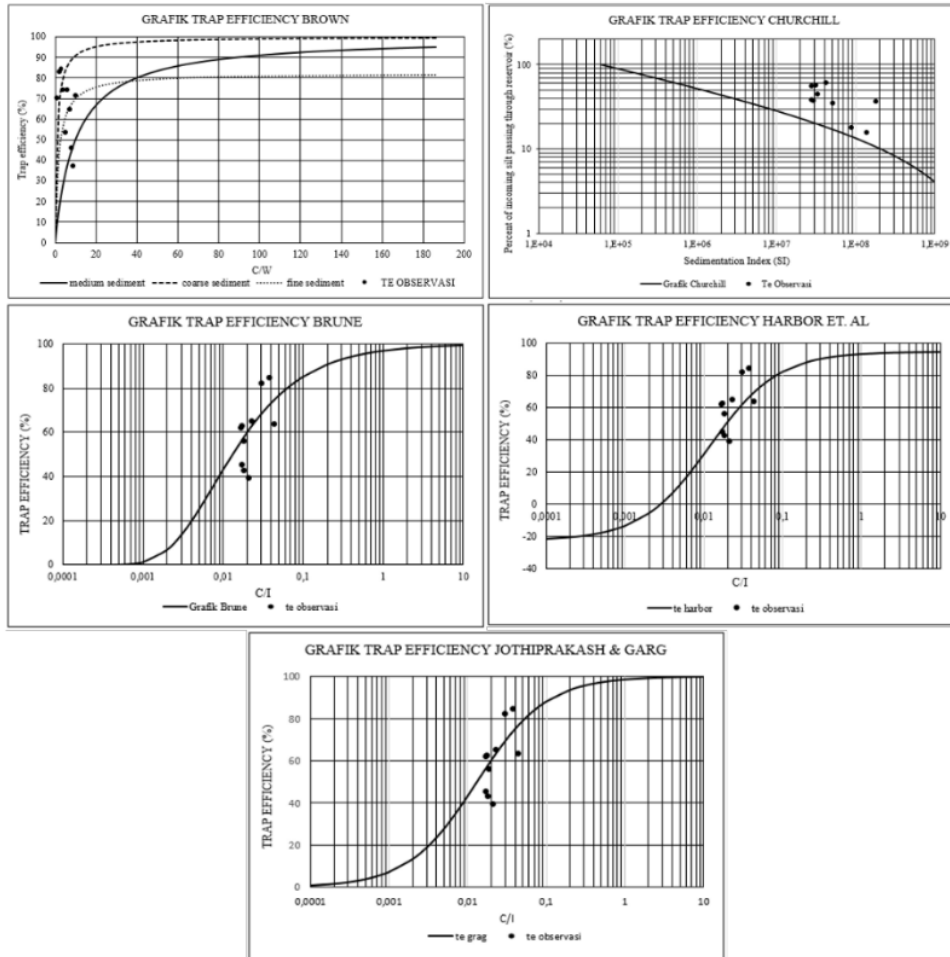
Hasil simulasi dari beberapa model estimasi nilai efisiensi tampungan selanjutnya dievaluasi untuk mengetahui model manakah yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan tingkat kesalahan (*error*) yang paling kecil. Evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 3 kriteria statistik, yaitu: nilai korelasi, RME, dan RMSE dan hasilnya sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Evaluasi dari model TE_{cal} dari persamaan empirik

No.	Model/Metode	Nilai Korelasi	RME (%)	RMSE (%)	Keterangan
1.	Brown	0,407	50,434	30,820	Sedang
2.	Churchill	0,536	36,088	22,536	Sedang
3.	Brune	0,646	13,638	9,522	Kuat
4.	Harbor et al	0,647	15,755	10,951	Kuat
5.	Jothiprakash dan Garg	0,647	13,976	9,735	Kuat

Nilai korelasi yang berada pada rentang 0 sampai 1 menunjukkan bahwa model dapat diterima, tetapi perlu dilihat seberapa kuat hubungannya. Model Brown yang memiliki nilai korelasi sebesar 0,432, memiliki hubungan sedang terhadap nilai TE_{obs} dari data lapangan. Model yang paling memiliki nilai korelasi tinggi terdapat pada model Harbor et al, Brune, dan Jothiprakash dan Garg sebesar 0,647. Hasil perhitungan korelasi belum cukup untuk digunakan dasar dalam menentukan model yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Semua model memiliki korelasi yang cukup terhadap nilai efisiensi tampungan dari data lapangan. Evaluasi dapat dilakukan menggunakan grafik perbandingan nilai TE_{obs} pada grafik model yang digunakan, seperti disajikan pada Gambar 6.

Gambar 6. menunjukkan bahwa nilai TE_{obs} tidak berada di garis model TE_{cal} yang telah ditentukan untuk model Brown dan Churchill. Model ini memang memiliki korelasi sedang, tetapi tidak dapat mewakili nilai TE_{obs} karena nilainya tidak berada di garis TE_{cal} model. Gambar 6. juga menunjukkan bahwa nilai TE_{obs} berada di sekitar garis TE_{cal} dari model Brune, Harbor et al, dan Jothiprakash & Garg. Selain itu model TE_{cal} Brune, Harbor et al, dan Jothipraash & Garg dari perhitungan korelasi maupun evaluasi menggunakan grafik model juga menunjukkan bahwa korelasinya kuat.



Gambar 6. Grafik perbandingan model efisiensi tumpungan

Sementara dari hasil evaluasi menggunakan RME dan RMSE (Tabel 3.) bahwa semakin kecil nilai RME dan RMSE, maka model tersebut akan semakin baik. Hasil analisis didapatkan model Brown memiliki nilai RME dan RMSE terbesar, yaitu 50,434% dan 30,820%. Kondisi ini menunjukkan bahwa model ini memiliki tingkat kesalahan yang paling besar daripada model lainnya. Model yang memiliki nilai RME dan RMSE yang tekecil adalah metode Brune sebesar 13,638% dengan nilai RMSE sebesar 9,522%.

Evaluasi model ini menunjukkan berdasarkan nilai R, RME, dan RMSE dapat diketahui bahwa model yang memiliki tingkat akurasi kuat yaitu, model Brune, Harbor et al, dan Jothiprakash & Garg sementara tingkat akurasi dari model Brown dan Churchill dalam kriteria sedang. Oleh karena itu, model estimasi nilai efisiensi tumpungan (TE_{cal}) Brune, Harbor et al, dan Jothiprakash dan Garg dianggap paling representatif untuk digunakan pada Waduk Mrica.

4. KESIMPULAN

Imbangan sedimen pada Waduk Mrica menunjukkan bahwa laju sedimen yang masuk sebesar 6,001 juta m³/tahun. Sedimen rerata yang mengendap di waduk sebesar 3,850 juta m³/tahun, sehingga sedimen yang dikeluarkan rerata sebesar 2,151 juta m³/tahun. Tingkat akurasi dari model efisiensi tampungan bervariasi dari sedang sampai kuat. Kecenderungan (*trend*) nilai *trap efficiency* waduk semakin menurun dari tahun ke tahun sebanding dengan penurunan kapasitas tampungan waduk. Hasil evaluasi model estimasi nilai efisiensi tampungan sedimen menunjukkan model Brune, Harbor et al, dan Jothi prakash and Garg dianggap paling representatif untuk digunakan pada Waduk Mrica. Diharapkan dengan penelitian ini, dapat digunakan sebagai acuan oleh pihak pengelola waduk untuk mengestimasi imbangan sedimen melalui pendekatan konsep efisiensi tampungan (*trap efficiency*) sedimen, tanpa pelaksanaan di lapangan karena pertimbangan biaya pelaksanaan yang cukup mahal. Selanjutnya diharapkan ada penelitian lanjutan dengan cara memodifikasi model sehingga didapatkan model baru yang dikembangkan, dengan studi kasus beberapa waduk di Indonesia.

REFERENCES

- Brown, C. B., 1944. Discussion of Sedimentation in Reservoirs. *Trans. Am. Geophysical Union*, 34(3), 407-418.
- Brune, G. M., 1953. Trap Efficiency of Reservoirs. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, edited by J. Witzig, 69, pp. 1493-1500.
- Churchill, M. A., 1948. Discussion of "Analysis and Use of Reservoir Sedimentation Data". *Proceedings of Federal Interagency Sedimentation Conference*, edited by L. C. Gottschalk, Denver, pp. 139-140.
- Dendy, F. E., 1974. Sediment Trap Efficiency of Small Reservoirs. *Trans. Of ASAE*, 17 (5), 898-988.
- Drajati, C.S.E dan Utomo, P., 2018. Kajian Imbangan Sedimen di Waduk Mrica Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. *Civil Engineering and Environmental Symposium 2018*. Yogyakarta, 2 Mei 2018.
- Febriani, P. dan Utomo, P. 2018. *Kajian Tingkat Akurasi Model Efisiensi Tampungan (Trap Efficiency) Sedimen Di Waduk Mrica Jawa Tengah*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Teknologi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Gill, M.A., 1979. Sedimentation and Useful Life of Reservoirs. *Journal of Hydrology*, 44, 89-95.
- Harbor, J., Bhaduri, B., Angelakis, L. and Snyder, J., 1997. *Sediment Basins, Using Modified Storm Management Basins and Sediment Basins to Reduce Water Pollution from Construction Sites in Ohio*. Ohio: Department of Geology, Kent State University.
- Heinemann H. G., 1981. A New Sediment Trap Efficiency Curve for Small Reservoirs. *Water Resources Bulletin*, 17 (5).
- Jothi prakash, V., and Garg, V., 2008. Estimation of Useful Life of Reservoir Using Sediment Trap Efficiency. *Journal of Spatial Hydrology*, 8 (2), 1-14.
- Meyer-Peter, E. and Muller, R., 1948. Formula for Bed Load Transport. *Proceedings 3rd Meeting of IAHR*, Stockholm, pp. 39-64.
- Perum Jasa Tirta 1, 2015. *Roadmap Pengelolaan Sedimentasi Waduk Mrica, Wadasintang, Sempor di Wilayah Sungai Serayu Bogowonto*, Malang : Laporan Akhir.
- PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Mrica, 2015. *Laporan Pelaksanaan Penyelidikan Sedimentasi Waduk PLTA PB. Soedirman 2014*, Banjarnegara : Laporan Akhir.
- Siyam, A. M., 2000. *Reservoir Sedimentation Control*. Ph.D. Thesis, University of Bristol, England.
- Sugiyono. 2017. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Susilo, E., 2001. *Kajian Efisiensi Tangkapan Sedimen Pada Beberapa Waduk di Jawa*. Tesis. Semarang: Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Utomo, P., 2018. Prediksi Kurva Karakteristik Tampungan Waduk (Kurva H-V) Akibat Pengelolaan Sedimentasi di Waduk Mrica. *Prosiding Seminar Nasional IV Teknik Sipil*. Malang, 13 September 2018.
- Utomo, P., 2017. Mrica Reservoir Sedimentation: Current Situation and Future Necessary Management. *Journal of The Civil Engineering Forum*. Vol. 3 No. 2 May 2017 pp. 365 – 370.
- Verstraeten, G., and Poesen, J., 2000. Estimating Trap Efficiency of Small Reservoirs and Ponds: Methods and Implications for The Assessment of Sediment Yield. *Progress in Physical Geography*, 24 (2), pp. 219 – 251.
- Widarto. O. L. (2017). *Kajian Erosi Lahan Di Daerah Tangkapan Waduk Panglima Besar Soedirman Dan Analisis Sedimentasi*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada

315 velauasi model efisiensi tampungan

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	3%
2	eprints.undip.ac.id Internet Source	2%
3	eprints.uty.ac.id Internet Source	2%
4	repository.uma.ac.id Internet Source	1%
5	www.scribd.com Internet Source	1%
6	Submitted to Universitas Negeri Padang Student Paper	1%
7	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	1%
8	anzdoc.com Internet Source	1%
9	docobook.com Internet Source	1%

10	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
11	ejournal.upi.edu Internet Source	<1 %
12	Teguh Marhendi, Dewi laras Sulastri Ningsih. "Prediksi Peningkatan Sedimentasi Dengan Metode Angkutan Sedimen (Studi Kasus Sedimentasi Di Waduk Mrica)", Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto), 2018 Publication	<1 %
13	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1 %
14	surososipil.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
15	Submitted to Jabatan Pendidikan Politeknik Dan Kolej Komuniti Student Paper	<1 %
16	es.scribd.com Internet Source	<1 %
17	www.tandfonline.com Internet Source	<1 %
18	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %

19

Submitted to Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Student Paper

<1 %

20

kreditgogo.com

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On