

Analisa Perubahan Volume Sedimentasi Waduk Pangsar Soedirman Menggunakan Karakteristik Curah Hujan Berbasis Universal Soil Loss Equation (USLE)

Teguh Marhendi *

Departemen Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah, Purwokerto, Indonesia,
Jl. Raya Dukuh Waluh, Purwokerto, Indonesia 53182

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh karakteristik curah hujan di daerah tangkapan air Waduk Pangsar Sudirman terhadap peningkatan sedimentasi Waduk. Penelitian dilakukan menggunakan formula USLE dengan faktor curah hujan (erosivitas) di DTA Waduk Pangsar Soedirman sebagai penentu. Data laju sedimentasi waduk tahun 1989-2010 digunakan sebagai verifikasi hasil analisis. Hasil penelitian menunjukkan DTA Waduk Pangsar Soedirman memiliki curah hujan tahunan rata-rata sebesar 3.900 mm/tahun. Karakteristik curah hujan ini menyebabkan potensi kejadian erosi dan sedimentasi cukup besar. Volume sedimen di Waduk Pangsar Soedirman sejak tahun 1989 hingga 2010, mencapai 92,77 juta m³ atau sekitar 60 % dari volume dead storage dengan volume inflow rata-rata sedimen mencapai 4,2 juta m³/tahun.

Kata kunci: karakteristik hujan; Peningkatan Sedimentasi; Waduk Pangsar Soedirman

Abstract

[Title: Reservoir Sedimentation Volume Changing Analysis of Pangsar Soedirman Dam Through USLE Based Rainfall Characteristics] This research aims to analyse the reservoir sedimentation volume changing of Pangsar Soedirman Dam at Banjarnegara regency through rain erosivity and erosion analysis using universal soil loss equation (USLE) method. The catchment area of Pangsar Soedirman Dam reservoir has rainfall ranging from 1,500 - 5,500 mm/year. In 1989 and 1993, rainfall which has ranging from 3,000 - 5,500 mm/year did not make any increase of reservoir sedimentation volume. In contrast, with rainfall 1,500 mm/year in 1998, the reservoir sedimentation volume reached 6 million m³. Similarly, with rainfall 5,500 mm/year in 1999, the reservoir sedimentation volume decreased from 6 million m³ to about 4 million m³. These results show that the characteristics of rainfall in the catchment area do not always contribute to the increase of sedimentation volume in the reservoir but can also be influenced by other determinants other than rain.

Keywords: sediment yields; reservoir sedimentation; rainfall characteristics

1. Pendahuluan

1.1 Sedimentasi Waduk Mrica

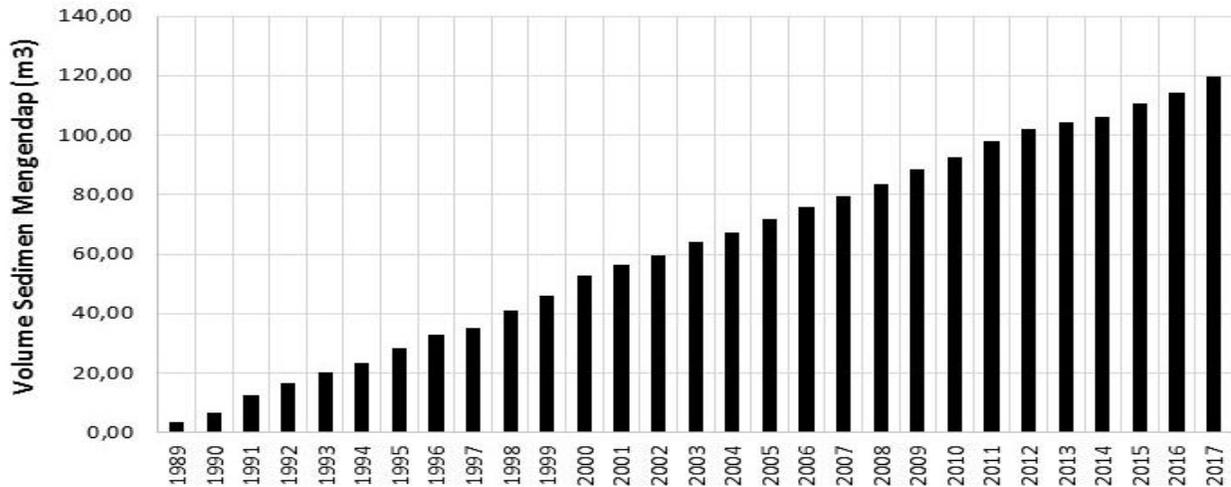
Laju erosi dan sedimentasi daerah tangkapan air masih menjadi permasalahan utama dalam pengelolaan waduk di Indonesia. Beberapa waduk besar di Indonesia mengalami permasalahan tersebut, termasuk Waduk Mrica. Sedimen yang mengendap di atas tampungan mati akan mengurangi volume efektif waduk. Beberapa

permasalahan lain yang timbul akibat sedimentasi ini adalah berkurangnya kapasitas tampungan waduk yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas pengendalian banjir, produksi listrik dan pangan (Soewarno & Syariman, 2008).

Waduk Mrica atau juga dikenal dengan Waduk Panglima Soedirman, mengalami peningkatan sedimentasi yang cukup tinggi. Dengan tingkat sedimentasi yang terjadi maka umur waduk diperkirakan tidak sesuai rencana yaitu kurang dari 60 tahun (Suwarta dkk., 2010).

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: tmarhendi@gmail.com



Gambar 1. Perkembangan kumulatif sedimen di Waduk Pangsar Soedirman 1989-2017 (PT. Uni Indonesia Power UBP Waduk Mrica, 2018)

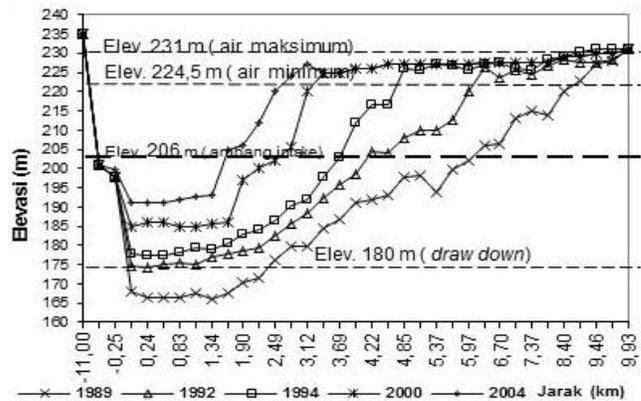
Perkembangan sedimentasi Waduk Pangsar Soedirman tahun 1989 - 2017 ditampilkan pada Gambar 1. Di tahun 2017 volume sedimentasi sudah mencapai 114 juta meter kubik (PT. Uni Indonesia Power Ubp Waduk Mrica, 2018; Marhendi & Ningsih, 2018). Dengan perkembangan sedimentasi yang terus meningkat, maka dapat diperkirakan, kondisi saat ini kapasitas waduk terus mengalami pengurangan.

1.2 Karakteristik Waduk Mrica dan Daerah Tangkapan Air

Waduk Mrica berlokasi di Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara, pada koordinat 109°06'00" – 110°07'49" BT dan 7°17'04" – 7°47'07" LS. Waduk dibangun tahun 1983 dan mulai digenangi Bulan April tahun 1988. Luas genangan pada elevasi + 231 m sekitar 8 km² dengan volume efektif sekitar 47 juta m³. Luas genangan pada elevasi penuh mencapai sekitar 12 km² dengan volume genangan 141,247 juta m³. Luas genangan pada elevasi + 234,50 m mencapai sekitar 12,50 km². Sedangkan luas genangan pada elevasi + 235 m (operasi penuh) mencapai 12,91 km² dengan volume genangan mencapai 187,62 juta m³. Elevasi minimum yang diijinkan untuk beroperasi adalah pada elevasi + 224 m atau pada volume tampungan 96,11 juta m³. Tinggi bendungan sampai dengan elevasi +235 m mencapai 75 m, sedangkan ketinggian *head* dari dasar bendungan ke turbin mencapai 18 m (Soewarno & Syariman, 2008).

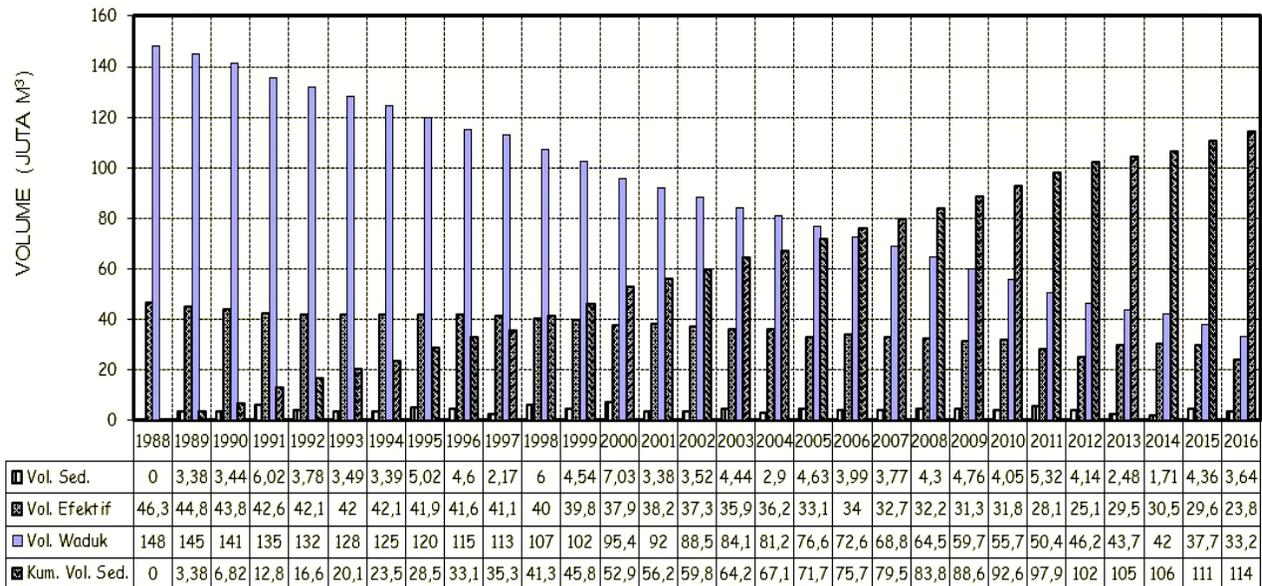
Karakteristik waduk dapat diamati dari hubungan antara elevasi muka air waduk dengan volume (tampungan) air waduk dan luas permukaan air waduk pada saat tertentu. Penampang memanjang Waduk

Mrica setelah 15 tahun operasi (1989-2004) dapat dilihat pada Gambar 2.

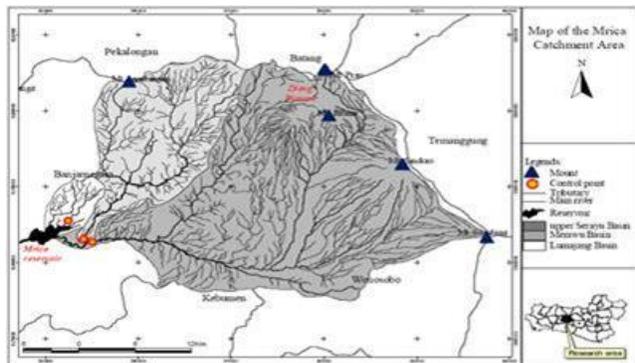


Gambar 2. Penampang memanjang Waduk Pangsar Soedirman setelah 15 tahun operasi

Dari Gambar 2, dapat diamatai bahwa telah terjadi perubahan penampang memanjang pada Waduk Mrica atau Pangsar Soedirman sejak beroperasi hingga 15 tahun (1989-2004). Berdasarkan gambar tersebut, elevasi dasar *dead storage* terus mengalami pendangkalan akibat penambahan/peningkatan sedimentasi di waduk tersebut. Elevasi dasar *dead storage* pada awal operasi berada pada level +165 dan pada tahun 2004 berada pada level + 190. Sementara pada Gambar 3 menunjukkan kondisi Waduk Pangsar Soedirman berdasarkan volume, volume efektif, volume waduk dan kumulatif volume sedimen sampai dengan tahun 2017.



Gambar 3. Volume sedimen, volume efektif, volume waduk dan kumulatif volume waduk Pangsar Soedirman sampai tahun 2017(PT. Uni Indonesia Power UBP Waduk Mrica, 2018)



Gambar 4. Daerah Tangkapan Air Waduk Pangsar Soedirman

Daerah tangkapan Waduk Mrica meliputi Sub DAS Serayu hulu, Merawu dan Sub DAS lainnya dengan total luas sekitar 955,2 km². Luas tersebut kurang lebih 29,91 % dari luas seluruh DAS Serayu (Gambar 3). Secara keseluruhan DAS Serayu terletak pada koordinat 07 ° 01' 52" - 07 ° 31' 54" LS dan 108 ° 50' 16" - 110 ° 04' 20" BT (Soewarno & Syariman, 2008).

Daerah tangkapan Waduk Mrica umumnya bertopografi perbukitan dengan lembah yang curam. Bentang alamnya termasuk *fluvio vulkanik* dan material penyusunnya merupakan hasil aktivitas vulkanik dan pengendapan. Sungai utama yang mengalir ke Waduk Mrica adalah Sungai Serayu dan Merawu. Sungai lain yang juga mengalir ke waduk antara lain Sungai Tulis,

Songoluang, Preng, Begaluh, Wanadadi dan Banjaran (Marhendi & Salim, 2014).

Daerah tangkapan Waduk Mrica ditunjukkan pada Gambar 4. Daerah ini meliputi Sub DAS Serayu hulu, Merawu dan Sub DAS lainnya dengan total luas sekitar 955,2 km². Luas tersebut kurang lebih 29,91 % dari luas seluruh DAS Serayu (Gambar 4). Secara keseluruhan DAS Serayu terletak pada koordinat 07 ° 01' 52" - 07 ° 31' 54" LS dan 108 ° 50' 16" - 110 ° 04' 20" BT (Soewarno & Syariman, 2008).

Daerah tangkapan Waduk Mrica umumnya bertopografi perbukitan dengan lembah yang curam. Bentang alamnya termasuk *fluvio vulkanik* dan material penyusunnya merupakan hasil aktivitas vulkanik dan pengendapan. Sungai utama yang mengalir ke Waduk Mrica adalah Sungai Serayu dan Merawu. Sungai lain yang juga mengalir ke waduk antara lain Sungai Tulis, Songoluang, Preng, Begaluh, Wanadadi dan Banjaran (Marhendi & Salim, 2014).

2. Metode Penelitian

2.1 Langkah-langkah penelitian

Langkah-langkah penelitian ini meliputi (1) analisis peningkatan sedimentasi yang masuk ke Waduk Mrica. Dalam penelitian ini data yang digunakan mulai tahun 1989 – 2010 dengan pertimbangan data cukup memadai dan lengkap, dan (2) analisis karakteristik curah hujan yang terjadi di daerah tangkapan Waduk Mrica sejak tahun 1989 – 2010. Analisis dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik curah hujan di daerah tangkapan waduk tersebut. Analisis dilakukan pada 13

stasiun hujan di daerah tangkapan waduk yang berada di hulu waduk.

2.1 Formula *Universal Soil Loss Equation* (USLE)

Formula USLE pertama kali dikembangkan di *United State Departmen of Agriculture-Soil Conservation Service* (USDA-SCS) bekerjasama dengan Universitas Purdue (Lu, et al, 2003). Pada penggunaan formula USLE, selalu dikaitkan dengan lima faktor penyebab yaitu faktor iklim, faktor tanah, topografi, faktor tutupan lahan dan faktor kegiatan atau perilaku manusia. Oleh karena itu formula ini memperhitungkan kelima faktor tersebut dalam menentukan metode pendugaan besar erosi suatu lahan.

Ditinjau dari parameternya, formula USLE mencerminkan adanya faktor skala tempat dan waktu. Skala tempat berkaitan dengan semua parameter penyusun formulasi USLE, sedangkan skala waktu lebih terkait dengan faktor hujan (erosivitas hujan, R) dan faktor penutup tanah serta pengelolaannya (C) terutama untuk tanaman semusim.

Laju erosi tahunan pada umumnya dimodelkan secara empirik dengan *Universal Soil Loss Equation* (USLE), yang dirumuskan sebagai berikut (Wischmeier & Smith, 1978):

$$E = L_s CKR \tag{1}$$

dengan,

- E = laju erosi (ton/km²/tahun),
- L_s = indeks kemiringan lereng,
- C = tutupan lahan,
- K = erodibilitas dan,
- R = erosivitas.

2.3 Erosivitas hujan

Penyebab utama erosi tanah adalah pengaruh pukulan air hujan pada tanah. Hujan menyebabkan erosi tanah melalui dua jalan yaitu pelepasan butiran tanah oleh pukulan air hujan pada permukaan tanah dan kontribusi hujan terhadap aliran.

Nilai R (*erosivitas*) menurut Lu *dkk.* (2003), dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$EI_{30} = \frac{(E * I_{30})}{100} \tag{2}$$

Bols (1978) dalam Lu, et al, 2003, mengadakan pendekatan dalam menghitung EI₃₀ menggunakan data hujan harian, hari hujan dan hujan bulanan. Formulasi ini masih terbatas bagi daerah Pulau Jawa dan Pulau Madura.

$$R_d = \frac{2,467 * (P_d)^2}{0,02727 * P_d + 0,275} \tag{3}$$

$$R_m = 6,119 * (P_m)^{1,21} * (HH)^{-0,47} * (P_{max})^{0,53} \tag{4}$$

dengan ,

- R_d = erosivitas hujan harian.
- P_d = curah hujan harian dalam cm.
- R_m = erosivitas hujan bulanan.
- P_m = hujan bulanan dalam cm.
- HH = hari hujan dalam satu bulan.
- P_{max} = hujan harian maximum pada bulan yang bersangkutan dalam cm.

Apabila tidak tersedia data hujan harian maximum pada bulanan yang akan dihitung, dapat digunakan formulasi sebagai berikut (DHV Consulting Engineers, 1989; Purbandono, 2006):

$$R_m = 2,21 * P_m^{1,36} \tag{5}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sedimentasi waduk mrica

Pelumpuran Waduk Mrica telah berlangsung sejak tahun pertama mulai operasi (1989). Sedimen pada awal operasi sebesar 3,38 juta m³ atau sekitar 2,41 % dari total volume waduk (Marhendi, 2011; Marhendi & Salim, 2014). Tahun 2004 volume sedimen yang masuk waduk mencapai 67,24 juta m³ atau sekitar 48,36 % dari total volume waduk. Sedangkan tahun 2017 volume sedimen kumulatif yang mengendap mencapai 114 juta m³ atau sekitar 77 % volume waduk dengan volume rata-rata sedimen yang masuk waduk mencapai 4,17 juta m³/tahun. Volume sedimen yang masuk Waduk Mrica selama kurun waktu tahun 1989 sampai 2017 disajikan pada 3.

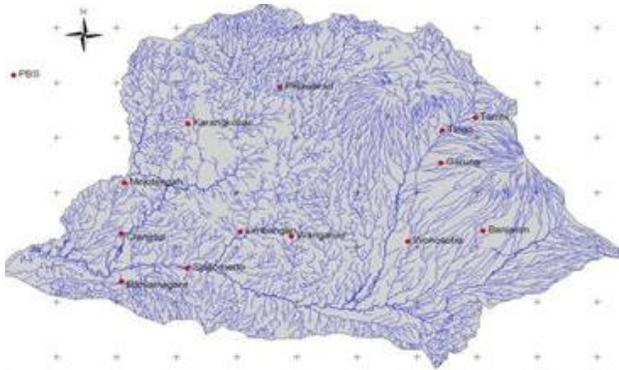
Mengacu Gambar 3, volume sedimentasi yang masuk ke Waduk Mrica bervariasi sepanjang tahun 1989 – 2017. Tercatat ada 4 tahun data yaitu tahun 1991, 1995, 1998 dan 2000 yang cukup tinggi volume sedimen yang masuk ke waduk dengan volume berkisar antara 5,02 hingga 7,03 juta m³, dengan rerata berkisar 4,2 juta m³ per tahun.

3.2 Karakteristik Hujan Daerah Tangkapan Air Waduk Mrica

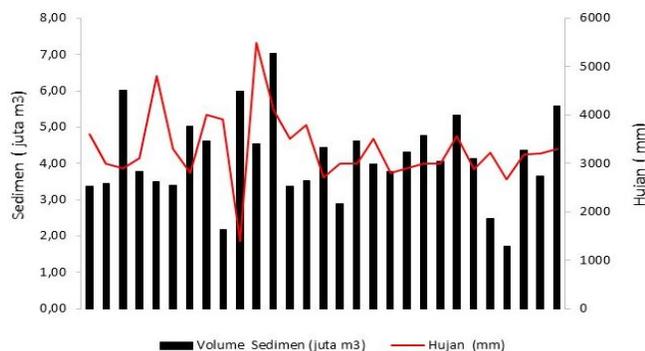
Salah satu penentu terjadinya erosi adalah intensitas hujan yang cukup tinggi. Lahan dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, kecenderungan terjadi erosi dan sedimentasi umumnya cukup besar (Marhendi & Salim, 2013)

Untuk memperoleh data hujan yang benar, diperlukan data pencatatan hujan dan peta jaringan hujan pada Daerah tangkapan Waduk Pangsar Soedirman. Data curah hujan tersebut digunakan untuk analisis

curah hujan merata yang terjadi dalam tahun perhitungan. Berdasarkan peta jaringan hujan terdapat 13 stasiun penakar hujan yang tersebar di daerah tangkapan air Waduk Pangsar Soedirman.



Gambar 5. Peta Stasiun hujan daerah tangkapan air Waduk Pangsar Soedirman



Gambar 6. Hujan tahunan rerata dan volume sedimen yang masuk Waduk Pangsar Soedirman

Gambar 5 diatas, menunjukkan lokasi beberapa stasiun hujan yang terdapat di daerah tangkapan Waduk Mrica. Curah hujan daerah tangkapan air Waduk Mrica tergolong tinggi dengan rerata hujan bulanan sebesar 289,6 mm. Sementara itu sedimen yang masuk ke waduk juga cukup tinggi dengan rerata 4.2 juta m³ per tahun.

Berdasarkan Gambar 6, dapat dijelaskan bahwa curah hujan yang tinggi tidak selalu menimbulkan peningkatan volume sedimen yang masuk waduk. Pada tahun 1989 dan 1993, tercatat curah hujan cukup tinggi berkisar 3.000-5.500 mm/tahun, namun volume sedimen yang masuk tidak menunjukkan peningkatan di tahun-tahun tersebut. Tahun 1998 curah hujan yang terjadi cukup rendah berkisar 1500 mm/tahun, namun terjadi peningkatan volume sedimen yang masuk mencapai 6 juta m³. Sedang di tahun 1999 dengan curah hujan berkisar 5500 mm/tahun, tetapi sedimentasi justru menurun dari 6 juta m³ menjadi sekitar 4 juta m³.

4. Kesimpulan

Daerah tangkapan air Waduk Mrica memiliki curah hujan sebagai salah satu penentu laju erosi permukaan berkisar 1.500 – 5.500 mm/Tahun. Karakteristik curah hujan di daerah tangkapan tersebut tidak selalu memberikan kontribusi terhadap peningkatan sedimentasi di waduk. Pada tahun 1989 dan 1993, dengan curah hujan berkisar 3.000-5.500 mm/tahun, volume sedimen tidak menunjukkan peningkatan. Sebaliknya tahun 1998 dengan curah hujan berkisar 1500 mm/tahun, terjadi peningkatan volume sedimen mencapai 6 juta m³. Demikian juga tahun 1999 dengan curah hujan berkisar 5500 mm/tahun, sedimentasi justru menurun dari 6 juta m³ menjadi sekitar 4 juta m³. Dengan demikian penyebab peningkatan sedimentasi di waduk tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan, tetapi bisa juga dipengaruhi oleh faktor penentu yang lain selain hujan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Indonesia Power UBP Mrica yang telah meminjamkan data.

Daftar Pustaka

Lu, H., Moran, C., Prosser, I. P. (2006) Modelling Sediment Delivery Ratio over the Murray Darling Basin. *Environmental Modelling & Software*, 21(9), 1297-1308.

PT. Indonesia Power, 2008, Laporan Pelaksanaan Penyelidikan Sedimentasi Waduk PLTA PB Sudirman, Banjarnegara

Soewarno dan Petrus Syariman, 2008, Sedimentation Control: Part II. Intensive Measures the Inside of the Mrica Reservoir, Central Java, *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 3 (1): 17-24.

Teguh Marhendi, Dewi Laras Sulastri Ningsih, 2018, Prediksi Peningkatan Sedimentasi Dengan Metode Angkutan Sedimen (Studi Kasus Sedimentasi Di Waduk Mrica, Jurnal Techno Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammdiyah Purwokerto, 2018

Teguh Marhendi, Satrio Triana Putra, 2018, Pengaruh Aktivitas Flushing Terhadap Umur Waduk (Studi Kasus Waduk Mrica Banjarnegara), Jurnal JRST, LPPM UMP, 2018

Marhendi, T., Salim, M.A. (2014). Penentuan Erosi Lahan Menggunakan Formula Usle Dengan Dasar Karakteristik Tanah. *Techno*. 15(2), 9-14.

Marhendi, T. (2011). Analisis Umur Fungsi Waduk Mrica, Jurnal Techno Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammdiyah Purwokerto, 2011

- Marhendi, T. (2013). Strategi Pengelolaan Sedimentasi Waduk. *Techno*. 14(2), 29-41.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Diakses dari

<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>